

## IMPERMEABILIZACIÓN DE HORMIGÓN POR REESTRUCTURACION MOLECULAR VS ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES

- I) ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL HORMIGÓN A TRAVÉS DE ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES, POR CRISTALIZACIÓN EN MASA, E INFLUENCIA EN EL DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN.
  
- II) ENSAYO IMPERMEABILIZACIÓN POR REESTRUCTURACIÓN MOLECULAR DE HORMIGÓN ENDURECIDO, E INFLUENCIA EN EL DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

### RESUMEN

En este estudio, se muestra que el uso de aditivos impermeabilizantes, en masa, de base cristalina, conduce a desarrollos de resistencia de los hormigones inversamente proporcionales al grado de impermeabilidad logrado.

Por lo que respecta al uso de sistemas de impermeabilización, por reestructuración molecular sobre hormigón endurecido, se observa que la impermeabilidad y resistencia crecen en paralelo.

En el caso de los aditivos en masa, se llega a pérdidas de resistencia por debajo del hormigón sin aditar, especialmente si se precisan lograr altos grados de impermeabilización y seguridad, como por ejemplo, en estructuras que se encuentran bajo fuerte presión de nivel freático, o sometidas a importantes ciclos de hielo deshielo, etc.

En el caso de impermeabilizaciones por reestructuración molecular del hormigón endurecido, se logra una impermeabilización del 100%, con una mejora sustancial de las características del hormigón, incluida la resistencia, (+14,56%).

### ENSAYOS Y RESULTADOS

Para el presente estudio, se procedió a fabricar un hormigón patrón con los siguientes parámetros:

12 probetas de 10 cm x 20 cm

Pesos de los materiales por tanda de preparación del hormigón patrón:

Cemento 13,25 Kg.

Agua 7,30 L.

Gruesos 25,1 Kg

Finos 21,7 Kg

Aditivo impermeabilizante por cristalización 0,00

Selección de la relación de agua/cemento para obtener una resistencia de diseño de 310 kg/cm<sup>2</sup>

Siguiendo las indicaciones de dosificación de distintos fabricantes de los aditivos en masa, se procede a fabricar probetas con un porcentaje de aditivación del 1% al 5% del peso de cemento. Para poder determinar el grado de impermeabilidad que se consigue.

Así mismo, se ensayan las resistencias de los hormigones aditivados, con los distintos porcentajes, a los 7, 14 y 28 días de curado.

Finalmente, se ensayaron probetas impermeabilizadas mediante la técnica de reestructuración molecular.

A continuación, se diseñaron 60 probetas con aditivos impermeabilizantes por cristalización al 1%, 2%, 3%, 4% y 5% a razón de 12 por cada dosificación.

El peso de los materiales fue el siguiente:

|   |
|---|
| Cemento 13,25 Kg.   |
| Agua 7,30 L.  |
| Gruesos 25,1 Kg   |
| Finos 21,7 Kg   |
| Aditivo impermeabilizante por cristalización 140,3 gr para 1% |
| Aditivo impermeabilizante por cristalización 280,8 gr para 2% |
| Aditivo impermeabilizante por cristalización 421,2 gr para 3% |
| Aditivo impermeabilizante por cristalización 561,6 gr para 4% |
| Aditivo impermeabilizante por cristalización 702,0 gr para 5% |

Así mismo, se diseñaron 12 probetas para impermeabilización por reestructuración molecular.

|   |
|---|
| Cemento 13,25 Kg.   |
| Agua 7,30 L.  |
| Gruesos 25,1 Kg   |
| Finos 21,7 Kg   |
| 0,360 l de TECAFIL NANO QUIMIC, para reestructuración molecular de probetas endurecidas a 7, 14 y 28 días de curado, a razón de 0,333 l/m <sup>2</sup> de superficie. |

A los 7, 14 y 28 días, ensayamos resistencia a compresión de acuerdo a las normas UNE-EN 12350-1, UNE-EN 12350-2, UNE-EN 12390-2 y UNE-EN 12390-3.

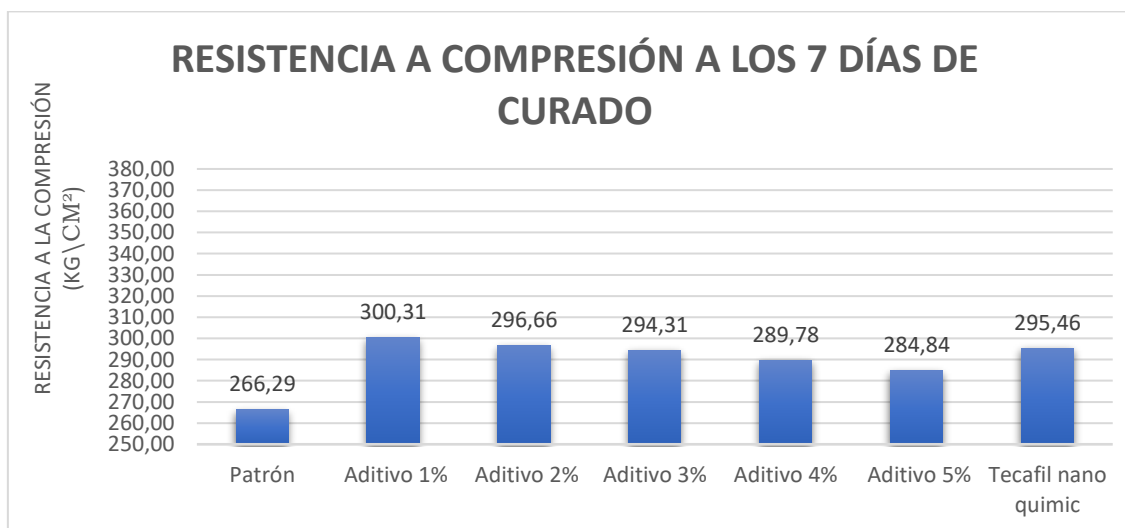
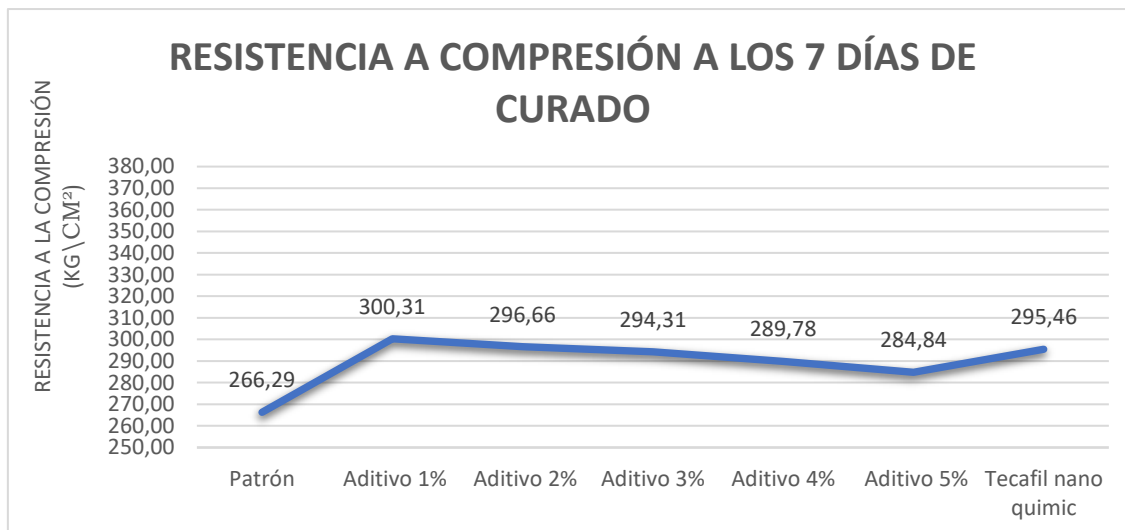
Tabla comparativa resistencia a compresión a los 7 días.

| TIPO DE HORMIGON    | RESIST. PROM. (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------------|-------------------------------------|
| HORMIGON PATRÓN     | 266,29                              |
| ADITIVO 1%          | 300,31                              |
| ADITIVO 2%          | 296,66                              |
| ADITIVO 3%          | 294,31                              |
| ADITIVO 4%          | 289,78                              |
| ADITIVO 5%          | 284,84                              |
| TECAFIL NANO QUIMIC | 295,46                              |

Como se puede observar los mejores resultados, a los siete días, se producen con el hormigón aditivado en masa, a razón de un 1% del peso de cemento.

La dosificación de TECAFIL NANO QUIMIC sobre el hormigón endurecido para su reestructuración molecular, a los siete días, es de 0,333 l/m<sup>2</sup> de superficie.

Trasladamos la misma tabla a un diagrama de líneas y otra de barras para una mejor visualización y comprensión.



Se observa que la resistencia va disminuyendo a la medida que aumenta el porcentaje de aditivo impermeabilizante. Excepto en el caso de impermeabilización por reestructuración molecular, donde la resistencia aumenta respecto al patrón.

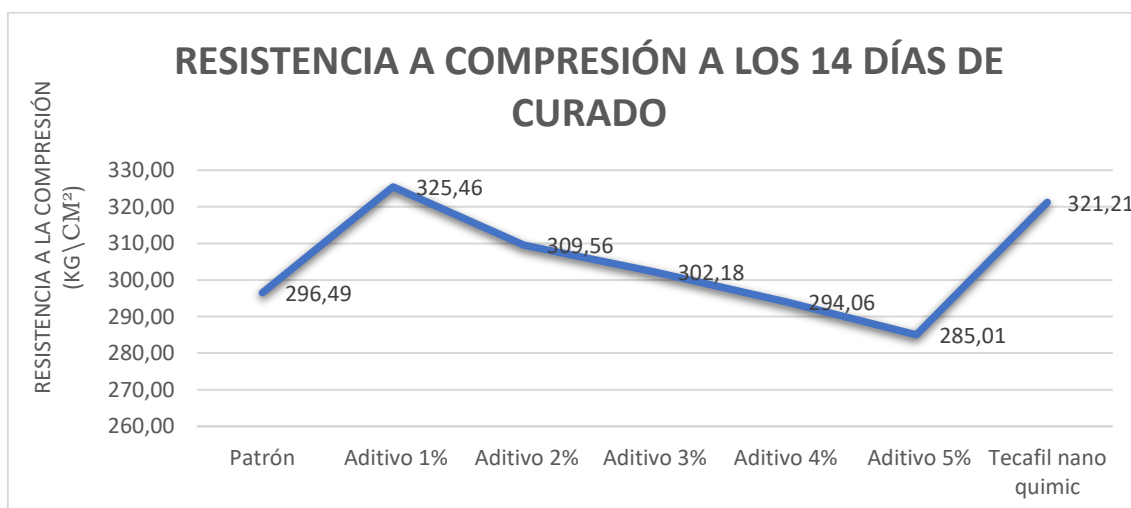
Veamos ahora los resultados transcurridos 14 días de curado.

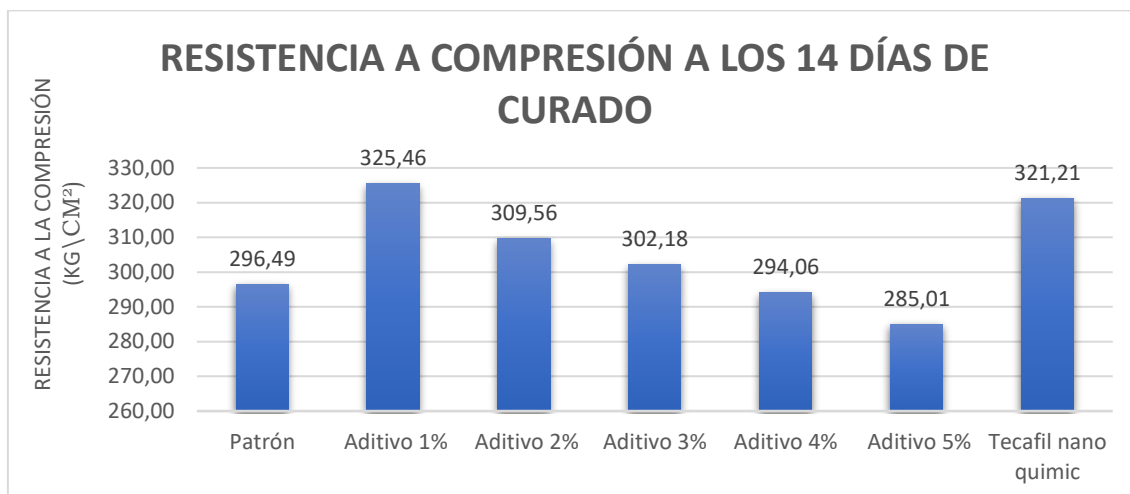
| TIPO DE HORMIGON    | RESIST. PROM. (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------------|-------------------------------------|
| HORMIGON PATRÓN     | 296,49                              |
| ADITIVO 1%          | 325,46                              |
| ADITIVO 2%          | 309,56                              |
| ADITIVO 3%          | 302,18                              |
| ADITIVO 4%          | 294,06                              |
| ADITIVO 5%          | 285,01                              |
| TECAFIL NANO QUIMIC | 321,21                              |

Se observa que, a los 14 días, las dosificaciones de aditivo hasta el 3% aumentan la resistencia, constatándose que mayores dosificaciones la disminuyen.

La dosificación de TECAFIL NANO QUIMIC sobre el hormigón endurecido para su reestructuración molecular, a los 14 días, es de 0,333 l/m<sup>2</sup> de superficie, incrementando la resistencia sobre el patrón.

Trasladamos la misma tabla a un diagrama de líneas y otra de barras para una mejor visualización y comprensión.





Se puede observar como el aumento del porcentaje de aditivo cristalino en masa y el desarrollo de la resistencia del hormigón está en relación inversamente proporcional.

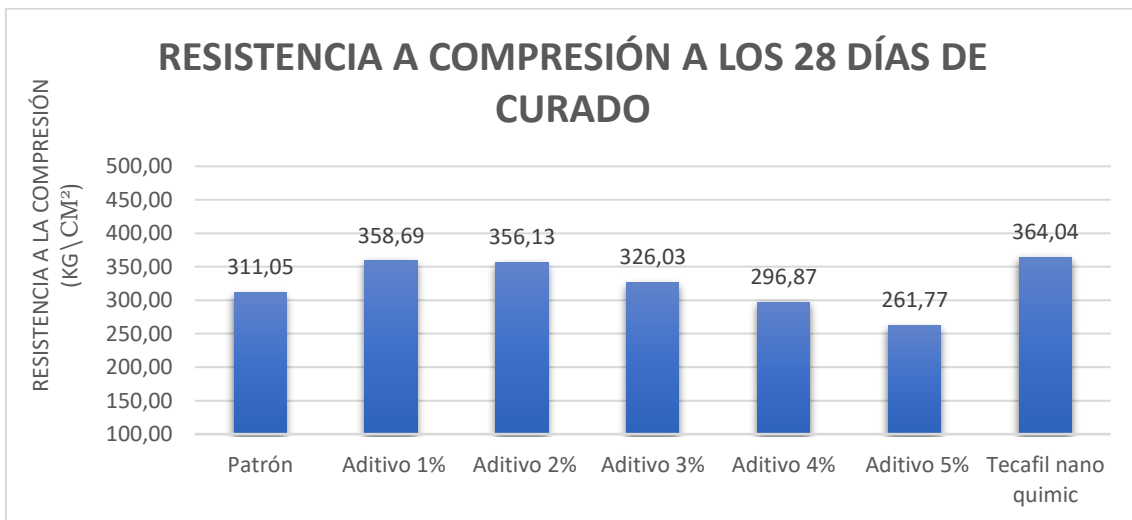
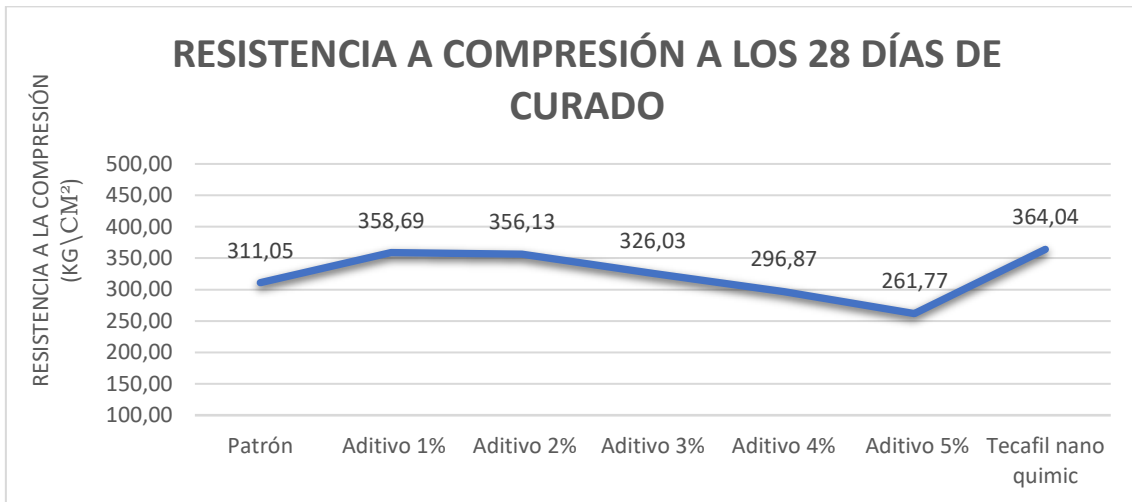
Observaremos ahora que ocurre transcurridos 28 días de curado.

| TIPO DE HORMIGÓN    | RESIST. PROM. (Kg/cm <sup>2</sup> ) | DIFERENCIA EN % CON EL PATRÓN |
|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| HORMIGÓN PATRÓN     | 311,05                              | 100,00%                       |
| ADITIVO 1%          | 358,69                              | 113,28%                       |
| ADITIVO 2%          | 356,13                              | 112,58%                       |
| ADITIVO 3%          | 326,03                              | 104,60%                       |
| ADITIVO 4%          | 296,78                              | 85,90%                        |
| ADITIVO 5%          | 261,77                              | 81,18%                        |
| TECAFIL NANO QUIMIC | 364,04                              | 114,56%                       |

Transcurridos los 28 días, podemos observar como las adiciones de 4% o más de aditivos en masa, de base cristalina, disminuyen el desarrollo de resistencia de los hormigones.

La dosificación de TECAFIL NANO QUIMIC sobre el hormigón endurecido para su reestructuración molecular, a los 28 días, es de 0,333 l/m<sup>2</sup> de superficie, aumentando la resistencia del mismo por encima de cualquier valor.

Para una mejor comprensión veámoslo en un diagrama de líneas y otra de barras.



Se observa que el tratamiento de reestructuración molecular obtiene los mejores resultados, aumentando de forma significativa la resistencia máxima del hormigón a los 28 días de curado.

Como tanto la adición de aditivos de base cristalina, como los tratamientos de reestructuración molecular, tienen como objetivo principal, la impermeabilización de los hormigones, vamos a ver los ensayos de absorción de las probetas con las mismas dosificaciones a los 28 días de curado.

Transcurridos 28 días, se procede a realizar ensayos de penetración a 5 atmosferas de presión, de acuerdo a la norma Profundidad de penetración de agua bajo presión UNE-EN 12390-8:2009 Apto. 57.3.3 del Código Estructural, con los siguientes resultados.

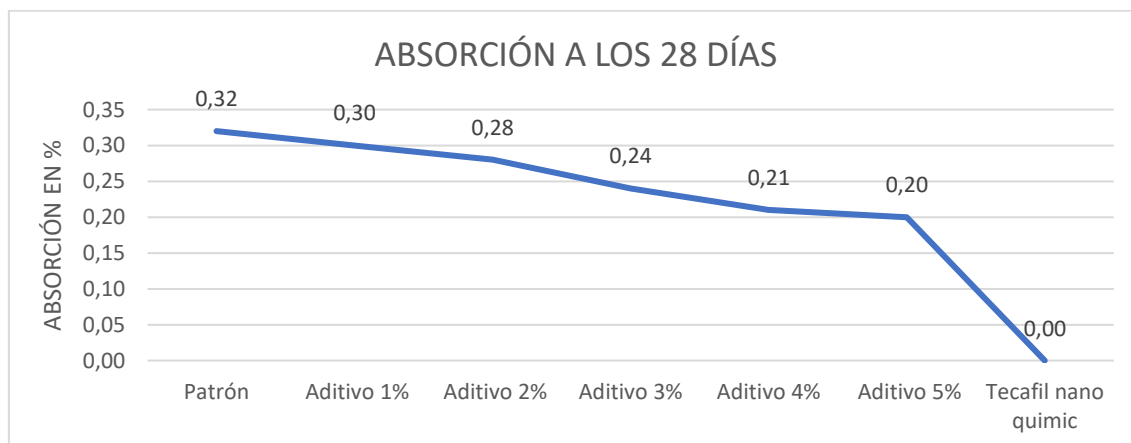
| TIPO DE HORMIGON    | ABSORCION PROM. % | DIFERENCIA ABSORCION CON EL PATRON % |
|---------------------|-------------------|--------------------------------------|
| HORMIGON PATRÓN     | 0,32%             | 0,00%                                |
| ADITIVO 1%          | 0,30%             | - 6,25%                              |
| ADITIVO 2%          | 0,28%             | - 12,50%                             |
| ADITIVO 3%          | 0,24%             | - 25,00%                             |
| ADITIVO 4%          | 0,21%             | - 34,38%                             |
| ADITIVO 5%          | 0,20%             | - 37,50%                             |
| TECAFIL NANO QUIMIC | 0,00%             | - 100,00%                            |

Podemos observar que el uso de aditivos de base cristalina en masa, produce una cierta disminución de absorción del hormigón, que aumenta cuando aumentamos el porcentaje de aditivo.

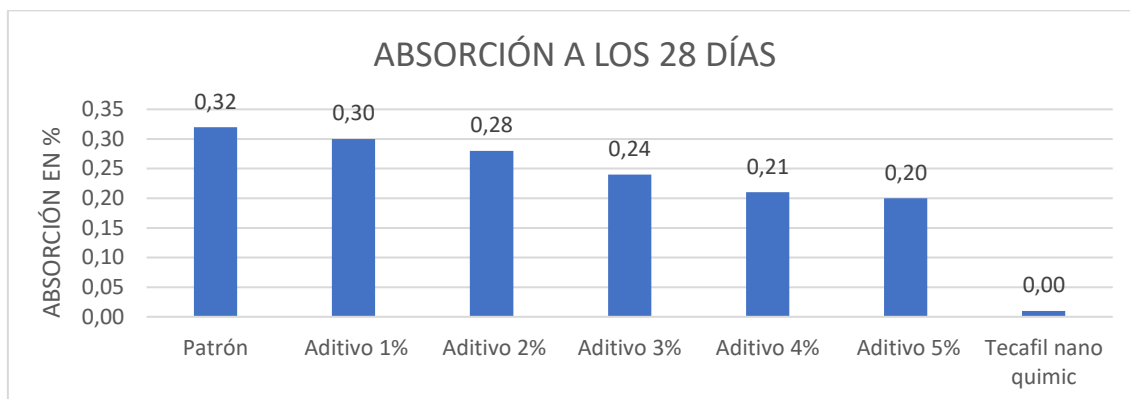
Por otra parte, observamos que el tratamiento de reestructuración molecular elimina totalmente la absorción del hormigón, logrando una impermeabilidad del 100% del mismo.

La dosificación de TECAFIL NANO QUIMIC sobre el hormigón endurecido para su reestructuración molecular, es de 0,333 l/m<sup>2</sup> de superficie.

Para una mejor comprensión trasladamos los resultados de mejora de absorción a un diagrama de líneas y otra de barras.







Así, se observa que el tratamiento de impermeabilización por reestructuración molecular, logra el 100% de impermeabilización del hormigón.

Por último, se procede a comparar los resultados de la resistencia obtenida, tanto con los distintos porcentajes de aditivos, como con el tratamiento de reestructuración molecular, en relación a la mejora de impermeabilidad del hormigón objeto del estudio.

De los datos obtenidos, podemos afirmar que el uso de aditivos impermeabilizantes de base cristalina, añadidos en masa, mejora la resistencia del hormigón.

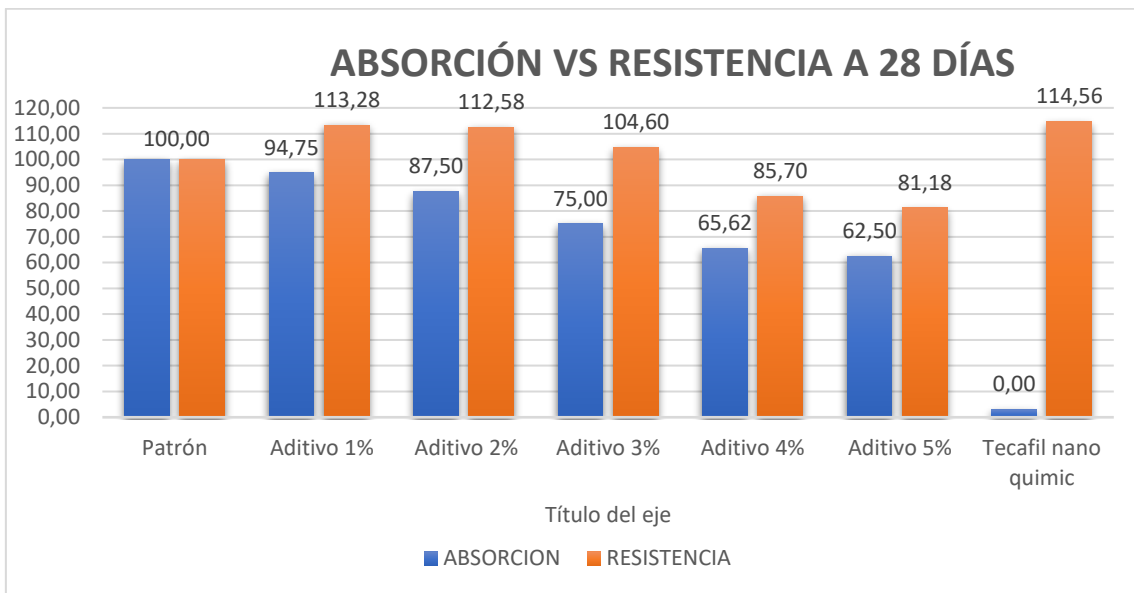
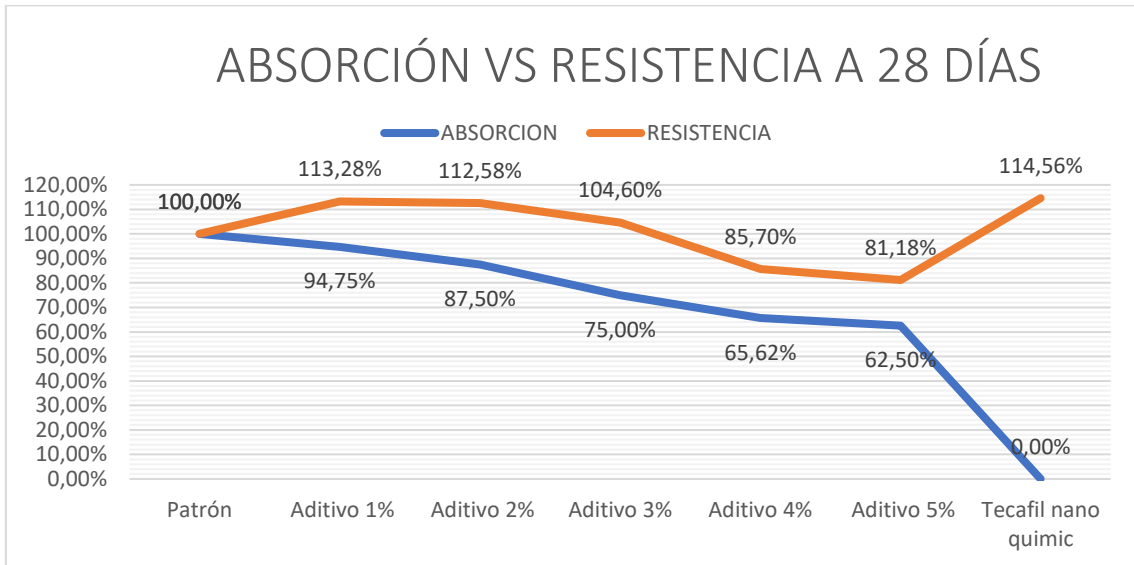
Esto es así, siempre que no se exceda del 3% del peso en cemento, ya que, a partir de ahí, se ve perjudicado el desarrollo de resistencia a los 28 días de curado. Concretamente -14,10% para 4% y -18,82% para 5% de aditivo.

Se constata también que el tratamiento de reestructuración molecular, mejora la resistencia del hormigón a los 28 días de curado. Concretamente +14,56%.

Por otra parte, se observa que los aditivos impermeabilizantes en masa, producen un discreto aumento de la impermeabilidad de los hormigones, aunque se ve comprometida la característica resistente del hormigón, cuando se quiere lograr un grado de impermeabilidad mayor.

Así mismo, observamos que el tratamiento de reestructuración molecular, logra impermeabilizar el hormigón al 100%, sin afectar las características resistentes del mismo, e incluso mejorándolas (+14,56%)

Para una mejor comprensión vemos esta comparativa en dos diagramas.



José A. Martin Prieto

DEPARTAMENTO TECNICO

Direct Imper s.l.