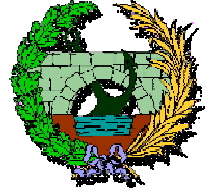




UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

**Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos
Canales y Puertos**



TESIS DOCTORAL



**DESARROLLO Y ANÁLISIS DE PAVIMENTOS
INDUSTRIALES DESDE EL PUNTO DE VISTA
DEL ACABADO SUPERFICIAL**



Autor

ÁLVARO GARCÍA HERNÁNDEZ

Directores

DANIEL CASTRO FRESNO

JUAN ANTONIO POLANCO MADRAZO

Santander, Noviembre 2007

8. CONCLUSIONES

Esta Tesis es uno de los pocos estudios científicos existentes sobre una de las características fundamentales de los pavimentos de hormigón: el beneficio que supone la incorporación de un acabado superficial determinado. Apenas existen referencias sobre este tema en la bibliografía, a pesar de ser uno de los aspectos que más influyen en la durabilidad de un pavimento de hormigón. En el documento, se ha optado por indicar al final de cada uno de los Capítulos las principales conclusiones de los mismos y que éste Capítulo final de Conclusiones sirva como recopilación y resumen de éstas.

Tal y como se indicará en el Apartado final de este Capítulo, que se dedica a comentar las posibles líneas futuras de investigación, este trabajo analiza los acabados de los pavimentos de hormigón en una primera aproximación general, centrada en los dos grandes pilares que aporta una singularidad a esta materia: el proceso de pulido del pavimento de hormigón y las mayores prestaciones derivadas de la adición de endurecedores superficiales. Dada la amplitud de estos dos subtemas y la poca materia escrita existente hasta la fecha sobre ellos, las aproximaciones llevadas a cabo se han orientado no solo hacia una vertiente aplicada, marcándose objetivos que sirvan como base para futuros trabajos científicos.

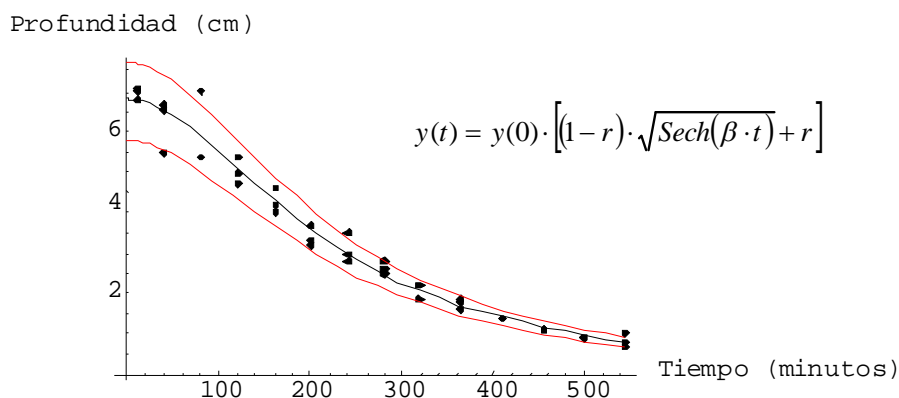


Figura 8.1: Profundidad del cráter frente al tiempo. En la función: $y(t)$ = Variación de la profundidad en el tiempo; $y(0)$ = Profundidad inicial de cráter; r = asíntota a tiempo infinito de la deformación unitaria; β = Factor de forma de la función; t = Tiempo.

En el Capítulo 3, se ha examinado el fraguado del hormigón a través de su resistencia a la penetración, proponiendo un nuevo concepto para el conocimiento del momento de inicio de fraguado, diferente de los que se usan tradicionalmente. Para eso, se ha desarrollado un

modelo semiempírico que explica el comportamiento del hormigón y la evolución de su resistencia a la penetración hasta el inicio de fraguado. Entre las ventajas del presente método frente a los que se usan actualmente a pie de obra para conocer el inicio de fraguado del hormigón, como el indicado en la norma ASTM C403, se encuentran: una mejor explicación de la adquisición de resistencias del hormigón durante este período, una excelente aproximación e incluso una buena manera de predecir el tiempo de inicio de fraguado a edades muy tempranas por medio de una extrapolación de las curvas (Figura 8.1).

En este Capítulo se llega a la conclusión de que el comportamiento del hormigón fresco durante el endurecimiento es comparable a la consolidación de los suelos como se define según el método logarítmico. Por lo tanto, la consolidación secundaria del hormigón tiene lugar cuando la profundidad del cráter hecha por un objeto que cae en diferentes momentos de tiempo, siempre con la misma energía cinética es del 18% de la profundidad inicial. Este valor es muy similar al umbral de percolación universal e independiente de la velocidad, masa o geometría del penetrador y dependiendo sólo de la velocidad de hidratación del hormigón. Este es el valor propuesto para el inicio de fraguado de la masa de hormigón, aunque se requiere más investigación sobre este punto.

Algunas veces, los datos de fraguado por medio de la resistencia a penetración, tal y como indica la norma ASTM C403 pueden ser la causa de serios errores, como en el caso en que sean comparados con los de los ensayos de Vicat, ya que estos siempre se hacen con la misma “consistencia normal”. De este modo, en el Capítulo 3 se propuso un cambio en el concepto de inicio de fraguado tal y como se encuentra definido en la ASTM C 403, ya que, como se ha explicado, el valor para el tiempo de inicio de fraguado no depende de la resistencia a la penetración del hormigón sino de su grado de percolación.

De este modo, al conocerse la evolución de las resistencias a la penetración del hormigón en el tiempo, y al estar claramente definido el instante de inicio de fraguado del pavimento, que teóricamente coincide con el instante en que debe dejarse de pulir la masa, un ingeniero podrá predecir fácilmente, a pie de obra, los instantes de inicio y final del pulido del hormigón. Durante el período de elaboración de la Tesis se realizaron varias comprobaciones del modelo en condiciones reales de obra, obteniéndose resultados muy satisfactorios, pero por falta de medios, tuvieron que abandonarse para estudios posteriores.

En el Capítulo 4 se propone un nuevo método para evaluar la influencia de la temperatura en los tiempos de fraguado del hormigón a partir de la función de madurez de Freiesleben-Hansen y Pedersen. Este método proporciona el conocimiento de la energía de activación aparente a partir de ensayos de Vicat, datos que están disponibles habitualmente en los laboratorios de control, de una manera más simple que con los propuestos hasta la fecha, y con una reducción significativa de los costos experimentales.

De esta manera, con sólo el conocimiento de la energía de activación aparente de los cementos usados mediante el método de los ensayos de Vicat y los tiempos de fraguado de una muestra previa del hormigón estudiado a cualquier temperatura, se podrá utilizar la ecuación de madurez de Freiesleben-Hansen para predecir los tiempos de fraguado a diferentes temperaturas.

Por otra parte, en este Capítulo se comprueba que el incremento de la relación agua/cemento en el hormigón causa un incremento lineal en el tiempo de adquisición de resistencias a penetración (Figura 8.2). Además, se constata que la energía de activación de los cementos españoles es inferior a la reportada por diversos investigadores para el mismo tipo de cementos americanos.

En conclusión, con sólo los tiempos de fraguado de los ensayos de Vicat a tres temperaturas diferentes, se podrá conocer la influencia de la temperatura en el hormigón, a partir de los datos previos de un hormigón y la temperatura en ese instante.

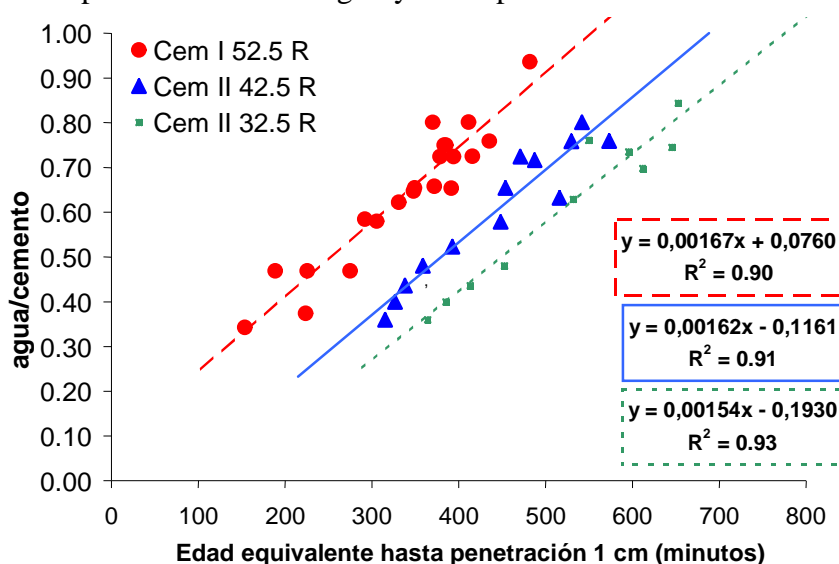


Figura 8.2: Tiempos equivalentes a 20°C para 1 cm de penetración de una esfera de 4,6 cm de diámetro en el hormigón.

En el Capítulo 5, se presenta una caracterización de los acabados superficiales más comunes empleados en la actualidad para pavimentos de hormigón, con el objetivo de conocer la diferencia de comportamiento entre los distintos tipos de endurecedores superficiales empleados.

De los ensayos realizados, la primera conclusión extraída es que un pavimento industrial de hormigón, que vaya a sufrir agresiones fuertes deberá estar pulido, ya que en el pavimento regleteado, en el único ensayo donde se obtuvieron resultados óptimos fue en el de resistencia a impacto.

Por otra parte, los resultados muestran que el pavimento solamente pulido, sin endurecedor superficial, pese a tener unas características mucho mejores que el pavimento regleteado, es el que peores características presenta con respecto a cualquier otro pavimento, excepto en el caso del impacto, donde por un problema de absorción de energía y de rigidez, el pavimento pulido al que se le añade cemento como endurecedor superficial resiste menos y es más permeable que el pavimento pulido sin endurecedores. Sin embargo, en cuanto a la resistencia a la abrasión, el pavimento simplemente pulido presenta peores características que ninguno, mientras que el pavimento pulido con cemento como endurecedor es el que mejores propiedades tiene siempre y cuando se le permita alcanzar un grado de hidratación adecuado. Además, los dos sufrieron el ataque de los ácidos bastante más que aquellos que aquellos con otro tipo de endurecedor. De este modo, ambos pavimentos deberían ser empleados en zonas de tráfico suave, preferiblemente peatonal o con tráfico de vehículos ligeros, en zonas donde no vayan a sufrir agresiones químicas.

En cuanto a los pavimentos en los que se usó un endurecedor superficial a base de cuarzo o corindón, presentan, en general, resultados muy parecidos entre sí, aunque el pavimento acabado con corindón tuvo más resistencia a impacto y el pavimento acabado con cuarzo más resistencia a la abrasión. Sin embargo, estos resultados no tienen tantas diferencias como con los pavimentos simplemente pulidos o endurecidos con cemento. Además, los pavimentos con cuarzo o corindón son más impermeables y tienen mejor resistencia al ataque químico que los ya mencionados.

Por último, en el caso del pavimento acabado con hierro, su característica principal es que posee una resistencia a impacto mayor que cualquier otro de los pavimentos estudiados, con la excepción del pavimento regleteado. Sin embargo, su resistencia a la abrasión a 28 días es inferior que la de los pavimentos acabados con cuarzo o corindón y muy similar a

la del pavimento pulido sin endurecedores. Asimismo, el pavimento acabado con virutas de hierro es bastante más sensible que el resto a productos químicos como la lejía o las sales, ya que las virutas de hierro se oxidan con mucha facilidad, aumentando de volumen y provocando el desprendimiento del acabado del pavimento. Este pavimento debería utilizarse, por ejemplo, en el caso del paso de tractores con ruedas de oruga o en lugares donde se prevea que será necesaria una resistencia a impacto especial. Además este pavimento no debería ser expuesto a la intemperie o ser tratado con productos de limpieza agresivos. Se recomienda que los pavimentos acabados con virutas de hierro tengan algún tratamiento antióxido.

Finalmente, cabe señalar que el endurecedor superficial será elegido llegando a un equilibrio entre el uso que se le vaya a dar al pavimento y las circunstancias económicas.

En el Capítulo 6, se abre un campo de estudio que apenas estaba explorado, como es el de la influencia del acabado en la resistencia a impacto de un pavimento de hormigón. Para ello, se han empleado dos métodos que permiten evaluar la resistencia a impacto entre los distintos tipos de pavimento estudiados.

Se observa que, conforme aumenta el daño del pavimento, disminuye su capacidad de absorber energía, con lo que es más fácil que se rompa; en el caso en que no se hayan colocado áridos en la capa pulida del pavimento, toda la energía será transmitida al hormigón de la losa, con lo que para aumentar la resistencia a impacto del pavimento será importante añadirle áridos superficiales, de forma que actúen como amortiguadores de energía frente al choque.

La profundidad del cráter se incrementa con el número de impactos y, por lo tanto, su evolución será un buen indicador del daño acumulado del hormigón. El crecimiento del cráter por impactos repetidos puede ser modelado de manera apropiada mediante la ley de crecimiento del cráter, encontrándose relacionados los diferentes acabados en un pavimento de hormigón mediante ésta.

Se postula la existencia de tres períodos claramente diferenciados en la rotura por impactos repetidos del hormigón: en primer lugar, la formación del cráter debajo del proyectil, que se corresponde con una etapa de deceleración en el crecimiento del cráter y en el ratio de variación de la absorción de energía por impactos repetidos, en segundo lugar la formación de una interfaz de grietas entre el cono de rotura y el resto de la probeta, en la que el ratio

de variación de absorción de energía permanece constante y por último el movimiento del cono de rotura y la subsiguiente rotura del pavimento, que se corresponde con una aceleración del crecimiento del cráter y de la absorción de energía por parte de la probeta.

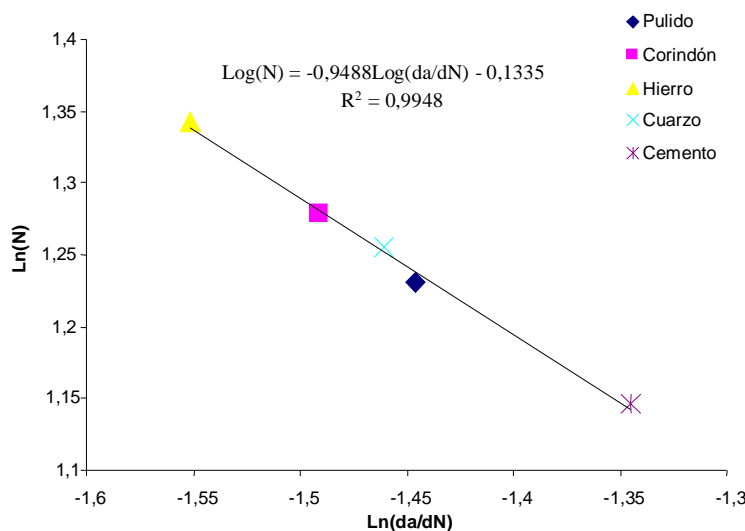


Figura 8.3: Relación entre el ratio de crecimiento de la etapa 2 y el número de ciclos hasta rotura en función del tipo de acabado en el pavimento (Figura 6.12).

En este trabajo se ha usado el código de elementos finitos LS-DYNA para estudiar el pavimento de hormigón sujeto a un proceso de carga y efectos dinámicos. Los datos obtenidos muestran una correlación razonable con los resultados experimentales, por lo tanto, podrá concluirse que el modelo de material para hormigón MAT_PSEUDO_TENSOR es apropiado para el estudio del comportamiento a impacto del hormigón en un pavimento con acabado superficial. En las simulaciones numéricas se analizan los detalles del proceso de daño en la probeta por impacto, variación de la energía y tiempos de contacto para el ensayo descrito en la norma UNE 83514. En particular, se encuentra que, por efecto del acabado superficial las tensiones se acumulan en el mismo, provocando grietas en la superficie que podrán permitir la entrada de agresivos químicos en el hormigón. Además se demuestra, numéricamente, la necesidad de colocar amortiguadores de energía en el acabado superficial.

En el Capítulo 7, se recoge el desarrollo de un modelo de resistencia a la abrasión que puede ser fácilmente aplicado al conocimiento de la evolución del desgaste de pavimentos en los que exista un tráfico real, con el consiguiente conocimiento de su vida útil.

Este modelo teórico de desgaste por abrasión ha sido experimentalmente comprobado para

el tipo de ensayo utilizado, muy parecido al caso real del efecto de una rueda sobre el pavimento. Horszczaruk demostró en un modelo similar, creado para estudiar la evolución de la abrasión en obras hidráulicas, que el desgaste del hormigón puede ser expresado por un parámetro que describe su composición. En este caso, se constata que la evolución de la resistencia a la abrasión en un pavimento de hormigón depende directamente de la fuerza entre el suelo y la rueda, del coeficiente de rozamiento entre la rueda y el suelo y de la velocidad de giro de la misma; es decir, del tipo de vehículos que circulen por el pavimento.

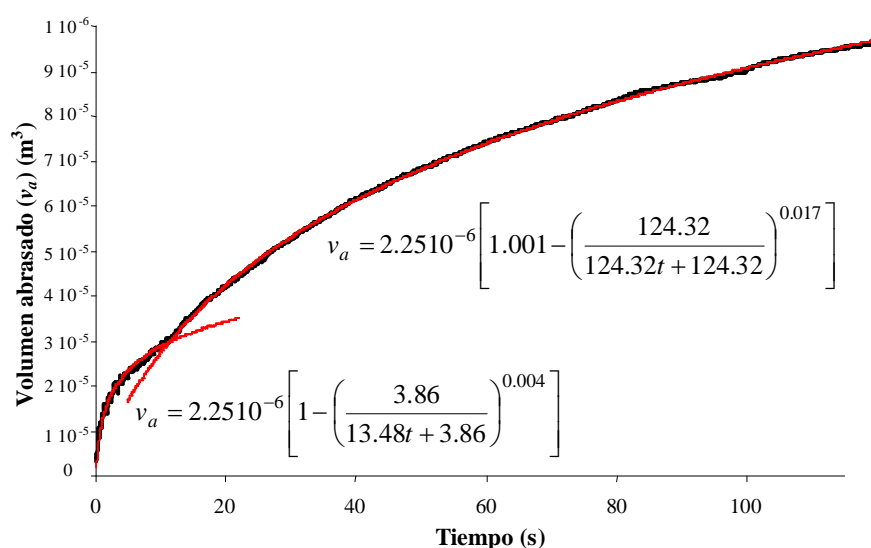


Figura 8.4: Cambio de volumen abrasado en el tiempo para una fuerza F de 235,2 N (Figura 7.5).

El análisis de los resultados muestra la existencia de dos zonas en el desgaste de un pavimento de hormigón pulido. La primera de ellas corresponde a la capa de mortero superficial, muy denso y transparente por efecto del pulido del hormigón, y la segunda al propio acabado superficial del pavimento, algo menos resistente que la anterior.

En resumen, las aportaciones de esta Tesis Doctoral son los que se concretan a continuación:

1. Desarrollo de un modelo que explica la evolución de la resistencia a la penetración del hormigón fresco en los primeros momentos de la hidratación.
2. Creación de un prototipo de ensayo que corrige las deficiencias encontradas en el ensayo de resistencia a la penetración propuesto en la norma ASTM C403.

3. Simplificación del método para conocer la influencia de la temperatura en el fraguado del hormigón.
4. Clasificación genérica de los diferentes acabados superficiales en función de sus condiciones de uso.
5. Esbozo de un modelo para conocer la influencia del daño por fatiga causada por impactos repetidos en un pavimento de hormigón.
6. Creación de un prototipo de ensayo para conocer la influencia del daño de fatiga por impacto.
7. Desarrollo de un modelo que explica la evolución del daño por abrasión causado por la aplicación de la norma UNE-EN 1338 en un material compuesto como el hormigón.

8.1. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y TRABAJOS FUTUROS

Se plantea como línea de investigación la continuación del trabajo descrito en el Capítulo 3, con la validación del modelo a pie de obra, comprobando que el momento de inicio de fraguado del hormigón usado en el pavimento, según se propone en el modelo del Capítulo, coincide, en las mismas condiciones ambientales, con el momento de final de fratasado del pavimento.

También se propone la calibración de las variables del modelo y la influencia de las condiciones ambientales en los parámetros del mismo.

Una vez comprobadas todas las variables del modelo y el modelo a pie de obra, se propone como futura línea de trabajo la formulación de un ensayo que sirva como sustituto al propuesto en la norma ASTM C403, que se ha demostrado incorrecto.

Del Capítulo 5: *Determinación de las características de los acabados superficiales de un pavimento de hormigón*, ha quedado pendiente la comparación de los datos hallados con distintos tipos de hormigones con varios tipos de áridos y aditivos, y un análisis más extenso en cuanto a la permeabilidad de los pavimentos, porosidad, composición de las

capas de mortero del acabado superficial, desarrollo de nuevos comportamientos superficiales a partir de las conclusiones obtenidas en el Capítulo y comparación con otros tipos de acabado superficial, como pinturas o pavimentos bicapa.

Otro trabajo que se plantea es la realización de un modelo que describa del material a fatiga por impactos, con el fin de poder predecir su vida útil en este aspecto, a partir de la ley de Paris, como se propone en el Capítulo 6, comprobando la sensibilidad del modelo en función del tipo de material estudiado, de la energía de los impactos y de las condiciones ambientales.

Por último, se propone la comprobación del modelo de abrasión propuesto en el Capítulo 7 con ensayos realizados a otros tipos de pavimentos de hormigón y la validación del mismo en condiciones reales de uso en un pavimento, de manera que pueda predecirse la vida útil del mismo. También queda pendiente la comprobación del modelo con otro tipo de materiales compuestos distintos del hormigón.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Agardh, L., Laine, L., (1999), “3D FE-simulation of high-velocity fragment perforation of reinforced concrete slabs”, *Int. J. Impact. Eng.* 22 (9), pp. 911-922.
2. Akers B., Belmonte Andrew, (2005), “Impact dynamics of a solid sphere falling into a viscoelastic miscellar fluid”, *The W. G. Pritchard Laboratories, Department of Mathematics, Pennsylvania State University*.
3. Albert R., Tegzes, P., Albert, R., Sample, J. G., Barabasi, A. L., Vicsck, T., Kahng, B. y Schiffer, P., (2001), “Stick – Slip fluctuations in granular drag”, *Phys. Rev. E.* 64, 031307.
4. Albert, R., Pfeifer, M. A., Barabasi, A. L. y Schiffer, P., (1998), “Slow drag in a granular medium”, *Phys Rev. Lett.* 82(1), pp. 205-208.
5. Alonso, E. E., Gens, A., y Hight, D. W., (1987), “Special problem soils. General report”. *Proceedings of the 9th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Dublin, 3, pp. 1087-1146.
6. Alonso, E. E., Gens, A., Josa, A., (1990), “A constitutive model for partially saturated soils”. *Géotechnique* 40(3), pp. 405-430.
7. Alonso, E. E., Lloret, A., (1985), “Comportamiento de suelos parcialmente saturados”, *R. O. P.*, Mayo-Junio, pp. 435-461.
8. Allen, W. A., Mayfield, E. B. y Morrison, H. L., (1957), “Dynamics of a Projectile Penetrating Sand”, *J. Appl. Phys.* 28 (3), pp. 370-376.
9. American Concrete Institute (ACI) Committee 202 (2001), “Guide to Durable Concrete”, ACI Manual of Concrete Practice, ACI201.2R
10. American Concrete Institute (ACI) Committee 302. (1992). “Guide for concrete floor and slab construction”. ACI Manual of Concrete Practice, ACI 302.1R-04, 302.1R-37 to 302.1R-40.
11. Amziane, S, (2006), “Setting time determination of cementitious materials based on measurements of the hydraulic pressure variations”, *Cem. Concr. Res.*, 36(2), pp. 295-304.
12. Andriamanantsilavo, N., Amziane, S., (2004), “Maturation of fresh cement paste within 1 to 10 m large large formworks”, *Cem. Concr. Res* 34 (11), pp. 2141-2152.

13. Asaad, J. Khayat, K. H., (2004), "Variations of lateral and pore water pressure of self-consolidating concrete at early age", *ACI Materials Journal* 104 (4), pp. 310-317.
14. Ashour, A.F., and Morley, C.T., (1993), "Three-Dimensional Nonlinear Finite Element Modeling of Reinforced Concrete Structures", *Finite Elements in Analysis and Design*, 15(1), pp.43-55.
15. ASTM C 1074-04, Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method.
16. ASTM C 1138-97, Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete (Underwater Method).
17. ASTM C 403/C 403M-99, Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance.
18. Atchley, B. L., Furr, H. L., (1967), "Strength and energy absorption properties of plain concrete under dynamic and static loading", *ACI Journal*, 64, pp. 745-756.
19. Atis, C. D., (2002), "High volume fly ash abrasion resistant concrete," *J. Mater. Civil Eng.* 14(3), pp. 274-277.
20. Baglin, P.S., and Scott, R.H., (2000), "Finite Element Modeling of Reinforced Concrete Beam-Column Connections," *ACI Structural Journal*, 97(6), pp. 886-894.
21. Baroghel-Bouny, (1994), Tesis Doctoral, "Caractérisation microstructurale et hydrique des pâtes de ciment et des bétons ordinaires et à très hautes performances," L'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, France.
22. Barzegar, F., and Maddipudi, S., (1997), "Three-dimensional Modeling of Concrete Structures. II: Reinforced Concrete," *ASCE Journal of Structural Engineering*, 123(10), pp. 1347-1356.
23. Bažant Z. P., Wittmann F. H. (1982), "Creep and Shrinkage in Concrete Structures", *John Wiley & Sons*, Nueva York.
24. Bažant, Z. P., Pan, J., Pijaudier, G., (1987), "Softening in Reinforced Concrete Beams and Frames," *ASCE Journal of Structural Engineering*, 113(12), pp. 2333-2347.
25. Bažant, Z. P., Schell, W. F., (1993), "Fatigue fracture of high-strength concrete and size effect", *ACI Materials Journal*, 90(5), pp. 472-478.
26. Bažant, Z. P., Xu, K. (1991). "Size effect in fatigue fracture of concrete", *ACI Materials Journal*, pp. 390-399.

27. Bentur A., Berger R.L., Kung J. H., Milestone N. B., Young J. F. (1979), "Structural Properties of Calcium Silicate Pastes II: Effect of Curing Temperature", *Journal of the American Ceramic Society*, 62 (7-8), pp. 362-366.
28. Bentz D. P., "Cement hydration: building bridges and dams at the microstructure level", *Materials and Structures*, Published online: 27 July 2006.
29. Bentz, D. P. y Garboczi E. J. (1991), "Percolation of phases in a three-dimensional cement paste microstructure model", *Cement and Concrete Research*, 21, pp. 325-334.
30. Bentz, D. P. y Garboczi E. J. (1996), "Multi-Scale Picture of Concrete and its Transport Properties: Introduction for Non-Cement Researchers", *Building and Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology*, Gaithersburg, Maryland.
31. Bentz, D. P., (1997), "Three-Dimensional Computer Simulation of Portland Cement Hydration and Microstructure Development", *Journal of the American Ceramic Society*, 80 (1), pp. 3-21.
32. Bentz, D. P., "A three dimensional Cement Hydration and Microstructure Program I. Hydration Rate. Heat of Hydration and Chemical Shrinkage" *NISTIR N° 5756, U.S. Department of Commerce*, Washington, D. C., Nov. 1995.
33. Bentz, D. P., Jensen, O.M., Hansen K. K., Olesen J. F., Stang H., Haecker C. J., (2001), "Influence of cement particle size distribution on early age autogenous strains and stresses in cement-based materials", *Journal of the American Ceramic Society* 84 (1), pp. 129-135.
34. Bergstrøm, S. G., (1953), "Curing temperature, age and strength of concrete". *Magazine of Concrete Research* 5 (14).
35. Bischoff, P. H., Perry, (1995), "Impact Behaviour of Plain Concrete Loaded in Uniaxial Compression", *Journal of Engineering Mechanics*, 121(6), pp. 685-693.
36. Bischoff, P. H., Perry, S. H., (1991), "Compressive behaviour of concrete at high strain rates", *Materials and Structures*, 24(6), pp. 425-450.
37. Bogue, R. H., (1947), "The Chemistry of Portland Cement," Reinhold Publishing Corporation, pp. 572.
38. Bogue, R. H., Lerch W. (1934), "Hydration of Portland Cement Compounds", *Ind. Eng. Chem.*, 26, pp. 837-847.

39. Boguslavskii, Y., Drabkin, S. y Salman, A., (1996), "Analysis of Vertical Projectile Penetration in Granular Soils". *J. Phys. D: Appl. Phys.* 29 (3), pp. 905-916.
40. Brouwers, H. J. H. y van Eijk, R. J. (2003), "Alkali concentrations of pore solution in hydrating OPC", *Cem. Concr. Research*, 33(2), pp. 191-196.
41. Brown, P.W., Shi, D, Skalny J. P., Grace W. R., (1993), "Porosity/ Permeability Relationships. Concrete Microstructure, Porosity and Permeability" Materials Research Laboratory, The Pennsylvania State University, Pennsylvania.
42. Bruyn, J. R., Walsh, A. M., (2004), "Penetration of spheres into loose granular media", *Can. J. Phys.* 82, pp. 439-446.
43. Byfors, J., (1980), "Plain Concrete at Early Ages, Technical report", *Swedish Cem. Concr. Res Institute*, S-100 44 Stockholm.
44. Carino, N. J., (1984), "The Maturity Method: Theory and Application", *J. Cem. Concr. Aggr (ASTM)* 6(2), pp. 61-73.
45. Carino, N. J., 1982, "Maturity Functions for Concrete," Proceedings RILEM International Conference on Concrete at Early Ages (París), Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, Vol. I, pp. 123-128.
46. Carino, N. J., Lew H. S., (2001), "The Maturity Method: From Theory To Application". *Building and fire Research Laboratory. National Institute of Standards and Technology*. Gaithersburg. USA;
47. Carino, N. J., Tank, R. C., (1992), "Maturity functions for concretes made with various cements and admixtures," *ACI Materials Journal* 5(89), pp. 188-196.
48. Cook, R.D., Malkus, D.S., and Plesha, M.E., (1989), "Concepts and Applications of Finite Element Analysis", Third Edition, John Wiley & Sons, New York.
49. Cook, R.D., Malkus, D.S., and Plesha, M.E., 1989, Concepts and Applications of Finite Element Analysis, Third Edition, John Wiley & Sons, New York.
50. Copeland, et al, (1960), "Chemistry of Hydration of Portland Cement", *Fourth International Symposium on Chemistry of Cement*, Paper IV-3, Washington.
51. Chan, H.C., Cheung, Y.K., and Huang, Y.P., (1994), "Nonlinear Modeling of Reinforced Concrete Structures", *Comp. Struct.* 53(5), pp. 1099-1107.
52. Chen X. W., Li, Q. M., (2002), "Deep penetration of a non deformable projectile with different geometrical characteristics", *Int. J. Impact Eng.* 27(6), pp. 619-637.

53. Chen, W.F., (1982), *Plasticity in Reinforced Concrete*, McGraw Hill, Inc., New York.
54. Dancygier, A. N. (1998). "Rear face damage of normal and high-strength concrete elements caused by hard projectile impact." *ACI Struct. J.*, 95(3), pp. 291–304.
55. Edward J. Garboczi, Dale P. Bentz, (1998), "The Microstructure of Portland Cement-Based Materials: Computer Simulation and Percolation Theory", *National Institute of Standards and Technology*, 226/B350, Gaithersburg, MD 20899.
56. EuroLightCon, (2000), "Fatigue of normal weight concrete and lightweight concrete", Document BE96-3942/R34.
57. Ewing, M., Jardetzky, W., Press, F. (1957). "Elastic waves in layered media", McGraw-Hill, New York.
58. F. A. Omoregie, R. A. Gutschow, M. L. Russell, (1994), "Comparison of Cement-Hardened materials for abrasion-erosion in hydraulic structures", *Concrete Int.* 16 (7), pp. 47-50.
59. Fernández Cánovas, Manuel, (1996), "Hormigón", 4ª ed., Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Servicio de Publicaciones, Madrid.
60. Fernández, M. R., Fidalgo, J. A., (1998), "Química General", Ed. Everest, León.
61. Foster, S.J., Budiono, B., Gilbert, R.I., (1996), "Rotating Crack Finite Element Model for Reinforced Concrete Structures," *Comp. Struct.* 58(1), pp. 43-50.
62. Freiesleben-Hansen, P., (1978) "Haerdeteknologi – 1 Portlandcement" (en Danés). *Aalborg Portland og BKF- centralen*.
63. Freiesleben-Hansen, P., (1978) "Haerdeteknologi – 2 Portlandcement" (en Danés). *Aalborg Portland og BKF- centralen*.
64. Freiesleben-Hansen, P., and Pedersen, E.J., (1977), "Maturity Computer for Controlled Curing and Hardening of Concrete", *Nordisk Betong*, V.1, pp. 21-25.
65. Freiesleben-Hansen, P., and Pedersen, E.J., (1985), "Curing of Concrete Structures", *CEB Information Bulletin 166*, Mayo, 42 p.
66. Garbocci, E. J., Bentz, D. P., (1998), "The microstructure of Portland cement-based materials: computer simulation and percolation theory", *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, 529, pp. 89-100.
67. García, A., Castro, D., Polanco, J. A., "Evolution of penetration resistance in fresh concrete", *Cem. Concr. Res.*, Submitted for review in June, 2006.

68. A. García, D. Fresno, J.A. Polanco, Effect of dry-shaking treatment on concrete pavement properties, *Constr Build Mater* (2007), doi:10.1016/j. conbuildmat. 2007.08.010.
69. Garry, J. R. C., Towner, M. C., Ball, A. J., Zarnecki, J. C., Marcou, G., (1999), “The effect of ambient pressure on low speed penetration of unconsolidated materials”, *Ad. Space Res.* 23(7), pp. 1229-1237.
70. Gebbeken, N., Greulich, S., Pietzsch, A., (2005), “Hugoniot properties for concrete determined by full-scale detonation experiments and flyer-plate-impact tests”, *Inter. J. Imp. Eng.* 32, pp. 2017-2031.
71. GEHO-CEB, Grupo Español del Hormigón (1993). 2Durabilidad de estructuras de hormigón. Guía de diseño CEB”. Boletín nº 12. Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA). Asociación Nacional de Fabricantes de Hormigón Preparado (ANEFHOP) e Instituciones Colegiales para la Calidad en la Edificación (ICCE). Madrid.
72. Gilchrist, A., C., Suhling, J. C., (1999), “Nonlinear Finite Element Modeling of Corrugated Board”, *Mechanics of Cellulosic Materials*, AMD 231/MD 85.
73. Gómez Mota, Jorge, (2004), “Limos Arcillosos Colapsables. Estudio experimental, teórico y aplicación a un caso práctico”. *Tesina, ETSECCPB (UPC)*, Barcelona.
74. Goto S., Roy D., (1981), “The effect of w/c ratio and curing temperature on the permeability of hardened cement paste”, *Cem. Concr. Res.* 11, pp. 575-579.
75. Gunaratne, M., Bandara, N., Medzorian, J., Charla, M., Ulrich, P., (2000), “Correlation of tire wear and friction to texture of concrete pavements”, *J. Mater. Civ. Eng.* 12(1), pp. 46-54.
76. Hadchti, K. M., Carrasquillo, R. L., (1988). “Abrasion resistance and scaling resistance of concrete containing fly ash.” Research Rep. 481-3, Center for Transportation Research, Bureau of Engineering Research, Univ. of Texas at Austin, Austin, Texas.
77. Hallquist, J., O., (1998), “LS-DYNA Theoretical Manual”), Livermore Software Technology Corporation (LSTC); Livermore.
78. Hammersley , J.M., (1957) *Proc. Cambridge Phil. Soc.* 53, 642.
79. Harrison, P., J., (2004), “For the ideal slab on ground mixture”, *ACI Conc. Int.* 26 (3), pp. 49-55
80. Hearn, H., (1999), “Effect of Shrinkage and Load-Induced Cracking on Water Permeability of Concrete”, *ACI Material Journal*, March-April, pp.234-240.

81. Herrick, J. E., Jones, T. L., (2002), "A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration resistance", *Soil Sci. Soc. Am.* 66, pp. 1320-1324.
82. Hoffmann, Karl, (1989), "An Introduction to Measurements using Strain Gauges", Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Darmstadt.
83. Horszczaruk, E., (2004), "The model of abrasive wear of concrete in hydraulic structures", *WEAR*, 256 (7-8), pp. 787-796.
84. Hosking, R. (1992). Road aggregates and skidding, TRL, London.
85. Hsu, T.T.C., Slate, F., Sturman, G., and Winter, G., (1963), "Microcracking of Plain Concrete and the Shape of the stress-Strain Curve", *Journal of American Concrete Institute*, 60, pp.209-224.
86. Hughes D., (1985), "Pore structure and permeability of hardened cement paste", *Mag. Concr. Res.* 37, pp. 227-233.
87. Instrucción de Hormigón Estructural, EHE, Ministerio de Fomento, Secretaría general técnica, España.
88. Irwin, G., (1957), "Analysis of stresses and strains near to the end of crack traversing a plate". *Trans. ASME Journal of Applied Mechanics* 24, pp. 361-364.
89. Jacobs, J. L., Owino, O. J., (2000), "Effect of aggregate size on attenuation of Rayleigh surface waves in cement based materials", *J. Eng. Mech.*, 126(11), pp. 1124-1130.
90. Jansen, D. C., Shah, S., P., (1997), "Effect of length on compressive strain softening of concrete", *J. Eng. Mech.*, 123 (1), pp. 25-35.
91. Jenq, Y., Shah, S.P., (1991), "Features of Mechanics of Quasi-Brittle Crack Propagation in Concrete", *I. J. Fract.* 51(2), pp. 103-120.
92. Jensen O. M.; Hansen P.F., (2000), "Autogenous deformation and RH-change in perspective", *Cem. Concr. Res.*, 31 (12), pp. 1859-1865.
93. Jiménez Salas, J. A., (1975), "Geotecnia y Cimientos. Vol. I: Propiedades de los suelos y de las rocas", Editorial Rueda (Madrid).
94. Jiménez Salas, J. A., De Justo Alpañes, J. L., Serrano González, A., (1976), "Geotecnia y Cimientos. Vol. II: Mecánica del suelo y de las rocas", Editorial Rueda (Madrid).
95. Jofré, I., C., Vaquero, J., (2000), "Manual de Pavimentos Industriales", IECA (Madrid).
96. Jonasson, J. E.; Groth, P. and Hedlund, H., (1995), "Modeling of Temperature and Moisture Field in Concrete to Study Early Age Movements as a Basis for Stress Analysis" *Proceedings of the International RILEM Symposium on*

- Thermal Cracking in Concrete at Early Ages, R. Springeschmid, ed. E&FN Spon, London, pp. 45-52.
97. Josa, A., (1988), Ph. D. Tesis, "Un modelo elastoplástico para suelos no saturados", Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.
 98. Kartuzov, V.V., Galanov, B. B, Ivanov, S. M., (1999), "Concept of ultimate fracture velocity in the analysis of spherical cavity expansion in brittle materials: Application to penetration problems", *I. Jcr. Imp. Engineering* 23, pp. 431-442.
 99. Kettle, R. J., Sadegzadeh, M., (1987), "Field investigations of abrasion resistance", *Materials and Structures*, 20(2), pp. 96-102.
 100. Kim, J.K., and Lee, T.G., (1992), "Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Beams with Softening," *Comput. Struct.* 44(3), pp. 567-573.
 101. Kjellsen, K. O., Detwiller, R. J., (1992), "Reaction Kinetics of Portland cement mortars hydrated at different temperatures", *Cem. Concr. Res.* 22(1), pp. 112-120.
 102. Knab, L., I., Clifton, J. R., (1982), "Cumulative damage of reinforced concrete subjected to repeated impact", *Cem. Concr. Res.* 12, pp. 359-370.
 103. Knudsen, T., (1980), "On Particle Size Distribution in Cement Hydration", *Proceedings, 7th International Congress on the Chemistry of Cement*, París, Editions Septima, Vol II, I-170-175.
 104. Knudsen, T., (1984), "The Dispersion Model for Hydration of Portland Cement: I. General Concepts", *Cem. Concr. Res.* 14, pp. 622-630.
 105. Kwak, H.G., and Kim, D.Y., (2001), "Nonlinear Analysis of RC Shear Walls Considering Tension-Stiffening Effect," *Comput. Struct.* 79(5), pp. 499-517.
 106. L. J. Parrot, M. geiker, W. A. Gutteridge & D. Killoh (1990), "Monitoring Portland cement hydration--Comparison of methods", *Cem. Concr. Res.* 20(6), pp. 919-926.
 107. Laplante P, Aitcin PC, Vezina D, (1991), "Abrasion resistance of concrete", *J. Mater. Civil Eng.* 3(1), pp.19-28.
 108. Laplante, P., (1993), Tesis Doctoral, "Propriétés mécaniques des bétons durcissants: analyse comparée des bétons classiques et à très hautes performances". *École Nationale des Ponts et Chaussées*, Paris, France.
 109. Launay, P., and Gachon, Y.K., (1971), "Strain and Ultimate Stress of Concrete under Biaxial Stresses," *Proceedings of the 1st International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology*, paper H1/3, Berlin, September, pp. 23-34.

110. Li, Q., M., Tong, D., J., (2003), "Perforation Thickness And Ballistic Limit Of Concrete Target Subjected To Rigid Projectile Impact", *J. Eng. Mech.* 129(9), pp. 1083-1091.
111. Likos W., Lu N., (2004), "Histeresis of Capillary Stress in Unsaturated Granular Soil", *J Eng. Mech. ASCE*, pp. 646-655.
112. Locher, F. W. et al., (1976), "Erstarren von Zement. Teil I: Reaktion und Gefügeentwicklung", *Zement-Kalk-Gips*, 29(10), pp. 435-442.
113. López, Q., L., (2007), "Desarrollo y Análisis de una Pantalla dinámica para la disipación de impactos de baja energía, como elemento de protección contra la caída de rocas, utilizando modelos matemáticos, programas de elementos finitos y ensayos de laboratorio, tomando en cuenta variables dinámicas". Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria.
114. Love, A. E. H., (1927), "A Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity", 4ª edición, Cambridge University Press.
115. "LS-DYNA Keyword user's manual, version 960", (2001), Livermore Software Technology Corporation (LSTC); Livermore.
116. Luis Moreno Arredondo, Tesina de Master: "Industrial Pavements: Its types and Convenient Uses", Santander, Cantabria, Spain.
117. Lura, P., (2003), Tesis Doctoral, "Autogenous deformation and Internal Curing of Concrete", Technische Universiteit Delft.
118. Lura, P., Pease, B. J., Mazzotta, G. B., Rajabipour, F. Y Weiss, W. J., Influence of shrinkagereducing admixtures on the development of plastic shrinkage cracks", *Subimet to ACI Mat. J.* (2005).
119. Lloret, A, Alonso, E. E., (1985), "State surfaces for partially saturated soils", Proc. 11th. Int. Conf. Soil Mech. Fdn. Eng. San Francisco, 2, pp. 557-562.
120. M. Neville, J. J. Brooks, "Concrete Technology", Longman Scientific and Technical, Harlow, 1990.
121. Mailvaganam, N., P., Margeson, J., (2000), "Rusting of Metallic Surface Hardeners: Case History", *J. Perf. Constr. Fac.* 14(1), pp. 5-10.
122. Mainstone., T. J., (1975), "Properties of materials at high rates of straining or loading", *Mat. Struct.* 8(2), pp. 102-116.
123. Malvar, L.J., Crawford, J.E., Wesevich, J.W., and Simons, D., (1997), "A Plasticity Concrete Material Model for DYNA3D," *I. Jrc. Imp. Eng.* 19(9), pp. 847-873.

124. Markauskas D., Kacianauskas R., Suksta M., (2002), “Modelling the cone penetration test by the finite element method”, *Publishing House of Poznan University of Technology*.
125. Markauskas, D., Kacianauskas, R., Suksta, M., (2002), “Modelling the cone penetration test by the finite element method”, *F.C.E.E.* 2, pp. 125-140.
126. Mayugo M., J. A., (2003), Tesis Doctoral, Estudio constitutivo de materiales compuestos laminados sometidos a cargas cíclicas, Universidad Politécnica de Cataluña.
127. McCall, G. J. H., (1977), “Meteorite craters”, Ed.: Stroudsburg, Penn. : Dowden, Hutchinson & Ross, Benchmark papers in geology; 36.
128. McIntosh, J. D., (1949), “Electrical Curing of Concrete”, *Magazine of Concrete Research* 1(1), pp. 21-28.
129. Meyers, M.A., (1994), “Dynamic behaviour of materials”. New York: Wiley-Interscience.
130. Mikkelsen R., Versluis M., Koene E., Bruggert G W., van der Meer D., van der Weele K. y Lohse D., (2002), “Granular eruptions: void collapse and jet formation”. *Phys. Fluids* 14 S14.
131. Mu, B., Subramaniam, V. K., Shah, S., P., (2004), “Failure Mechanism of Concrete under Fatigue Compressive Load”, *J. Mat. in Civ. Engrg.* 16(6), pp. 566-572.
132. Naik, T. R., Singh, S. S., Hossain, M. M., (1994), “Abrasion resistance of concrete as influenced by the inclusion of fly ash. “ *Inter. J. Cem. Concr. Res.* 24(2), 301-312.
133. Naik, T. R., Singh, S. S., Hossain, M. M., (1995), “Abrasion resistance of high-strength concrete made with class C fly ash,” *ACI Mater. J.* 92(6), pp. 649-659.
134. Neville, A. M. (1999), “Properties of Concrete (fourth edition)”, Pearson Education Limited, London.
135. Nordtest method NT BUILD 476 Fresh Concrete: “Initial Setting Time and Activation Energy During Setting”.
136. Nurse, R. W., (1949), “Steam Curing of Concrete”, *Magazine of Concrete Research.* 1(2), pp. 79-88.
137. Odler, I., (1991), Strength of cement (final report), Rilem Technical committees commissions techniques de la RILEM. 68-MMH: Mathematical Modelling of Cement hydration, Task Group 1.

138. Pane, I., Hansen, W., (2002), "Concrete Hydration and Mechanical Properties under Non Isothermal Conditions", *ACI Materials Journal*. 99(6), pp. 534-542.
139. Paris, P., Erdogan, F., (1963), "A critical analysis of crack propagation laws. *ASME J. Basic Engrg.* 86, pp. 528-534.
140. Pattofatto, Stephane, (2004), Tesis doctoral, "Comportement Dynamique du Béton Frais", Ens de Cachan.
141. Pinto, R. C. A. and Hover, K. C., (1999), "Application of Maturity Approach to Setting Times", *ACI Materials Journal* 96(6), pp. 686-691.
142. R. Zallen, "The Physics of Amorphous Solids", *J. Wiley and Sons*, New York, 1983.
143. Ramachandran, V. S. Beaudoin, J. J. (2001), "Handbook of Analytical Techniques in Concrete", *National Research Council of Canada*, Ottawa.
144. Ramachandran, V. S., (1969), "Applications of Differential Thermal Analysis in Cement Chemistry", *Chemical Publishing Co.*, Nueva York
145. Ramachandran, V. S., (ed.), (1995), "Concrete Admixtures Handbook, 2nd." *Ed., Noyes Publications.*
146. Ramsay W., Shields J., (1893), "Variation of Molecular Surface Energy with Temperature", *Phil. Trans. Roy. Soc.* 184A pp. 647-673.
147. Rastrup, E. (1955). "Heat of hydration in concrete". *Magazine of Concrete Research* 7(20).
148. Roscoe K. H., Burland J. B., (1968), "On the generalized stress-strain behaviour of wet clay", *Eng. Plast.*, pp. 535-609.
149. Roy D. M., Idorn G. M., (1993), "Concrete Microstructure", *Strategic Highway Research Program, National Research Council*, Washington, DC.
150. Sadeyzadeh, M., Page, C. L., Kettle, R. J., (1987), "Surface microstructure and abrasion resistance of concrete", *Cem. Concr. Res.* 17(4), pp. 581-590.
151. Sagaseta C., (2006), "Modelos Numéricos en Ingeniería Geotécnica", Curso de doctorado.
152. Salaverría, R., J. H., (2003), Tesis doctoral, "Estudio experimental sobre la reparación y refuerzo de puentes utilizando fibras sintéticas y pretensado exterior", Ingeniería de Construcción, UPC.
153. Saul, A.G. A., 1951, "Principles Underlying the Steam Curing of Concrete at Atmospheric Pressure", *Magazine of Concrete Research* 2(6), pp. 127-140.
154. Scripture, W., E., (1936), "Metallic Aggregate in Concrete Floors", *J. Am. Concr. Inst.* 33, pp. 17-27.

155. Scher H., Zallen R. (1970) “Critical density in Percolation Processes”, *The Journal of Chemical Physics* 53(9), pp. 3759-3761.
156. Schindler, A. K., “Prediction of Concrete Setting”, RILEM International Symposium on “Advances in Concrete Through Science and Engineering”, Evanston, Illionis, March 22-24, 2004.
157. Schofield A. W., (1968), “Critical State Soil Mechanics”, *Ed. Mac Graw-Hill*, Londres
158. Schofield, A. N. (1935). “The pF of the water in soil”. *Trans. 3rd Int. Cong. Soil Science*, 2, pp. 37-48.
159. Shah, S. P., and Sankar, R., (1987), “Internal Cracking and Strain Softening Response of Concrete under Uniaxial Compression”, *J. Am. Concr. Inst.*, pp.200-212.
160. Shi D., Brown P. W, Ma W, (1991), “Lognormal Simulation of Pore Size Distribution in Cementitious Materials”, *J. Amer. Cer. Soc.* 74(8), pp 1861–1867.
161. Shimada, K., Fujii, H., and Nishimura, S., (1993), “Increase of shear strength due to surface tension and suction of pore water in granular material” *Proc. Symp. on Mechanical Behaviors of Granular Material*, pp. 17-20 .
162. Shum, K.M., and Hutchinson, J.W., (1990), “On Toughening by Micro-Cracks”, *Mech. Mat.* 9, pp.83-91.
163. Stang, H., Zhang, J., (1994), “Experimental determination of fatigue crack growth in fiber reinforced concrete”, J. F. Silva Gómez et al. eds., A. A. Balkema, Rotterdam, The Netherlads, pp. 1347-1352.
164. Su S. F., Liao H. J., (2002), “Influence of Strength Anisotropy on Piezocone Resistance in Clay”, *J. Geotech. Geoenviron. Engrg.* 128(2), pp. 166-173.
165. Subramaniam, K. V., O’Neil, E., Popovics, J. S., and Shah, S. P., (2000). “Crack propagation in flexural fatigue of concrete: Experiments and theoretical model”, *J. Eng. Mech.* 126(9), pp. 891–898.
166. T. C. Powers, T. L. Brownyard (1948), “Studies of the physical properties of hardened Portland cement paste” (9 partes), *J. Amer. Concrete Institute*, 43 (Octubre 1946 a Abril 1947), Boletín 22, Research Laboratories of the Portland Cement Association
167. Tai, Y., S., Tang, C.,C., (2006) “Numerical simulation: The dynamic behavior of reinforced concrete plates Ander normal impact”, *Theor. Appl. Fract. Mech.* 45, pp. 117-127.

168. Taplin, J. H. (1959), "A method for following the hydration reaction in Portland cement paste" *J. H. Aus. J. Appl. Sc.*, 10, pp. 329-345.
169. Tattersall G. H., Banfill P. F. G., (1983), "The Rheology of Fresh Concrete", *Pitman Books Limited*, London,
170. Tavárez A. F., (2001), "Simulation of behavior of composite grid reinforce beams using explicit finite element methods", A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, (Civil Engineering), University of Wisconsin-Madison.
171. Tavárez, A., F., (2001), "Simulation of behaviour of composite grid reinforced concrete beams using explicit finite element methods", Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science, University of Wisconsin-Madison.
172. Taylor, H. F. W.,(1967), "Enciclopedia de la química industrial. La química de los cementos, Vol. 1", *Ed. Urmo*, Bilbao
173. Thabet, A., and Haldane, D., (2000), "Three-Dimensional Simulation of Nonlinear Response of Reinforced Concrete Members Subjected to Impact Loading", *ACI Structural Journal* 97(5), pp. 689-702.
174. The, C. I., Houlsby, G. T., (1991), "An analytical study of the cone penetration test in clay", *Geotechnique* 41 (1), pp. 17-34.
175. Tuthill, L. H., Cordon, W. A., (1955), "Properties and uses of initially retarded concrete", *Proceedings of the American Concrete Institute* 52 (2), pp. 273-286.
176. Tuthill, L. H., y Cordon W.A., (1955), "Properties and uses of initially retarded concrete", *Proceedings of the American Concrete Institute* 52 (2), pp. 273-286.
177. Uehara, J. S., Ambroso, M. A., Ojha, R. P., D. J. Duran, (2003), "Low-Speed Craters in Loose Granular Media", *Phys. Rev. Lett.* 90(19), pp. 194301.1-194301.4.
178. UNE 41-169-89, Ensayos de hormigón seco. Determinación de la densidad real del hormigón.
179. UNE 83-311-86, Ensayos de hormigón. Determinación del tiempo de fraguado.
180. UNE 83-313-90, Ensayos de hormigón. Medida de la consistencia del hormigón fresco. Método del cono de Abrams.
181. UNE 83514:1992, Hormigones con Fibras de Acero y/o Polipropileno. Determinación de la resistencia al impacto..
182. UNE-EN 12390-1, Ensayos de hormigón endurecido. Parte 1: Forma, medidas y otras características de las probetas y los moldes.

183. UNE-EN 12390-3, Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas.
184. UNE-EN 12390-6, Ensayos de hormigón endurecido. Parte 6: Resistencia a tracción indirecta de probetas.
185. UNE-EN 12390-8, Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.
186. UNE-EN 1338 “Adoquines de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo”.
187. UNE-EN 13529, Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test methods. Resistance to severe chemical attacks.
188. UNE-EN 13892-4. Métodos de ensayos de materiales para soleras continuas. Parte 4: Determinación de la resistencia al desgaste BCA.
189. UNE-EN 196-3, Método de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y estabilidad de volumen.
190. UNE-EN 196-8, Método de ensayo de cementos. Parte 8: Determinación del calor de hidratación. Método por disolución.
191. UNE-EN 196-9, Métodos de ensayo de cementos. Parte 9: Determinación del calor de hidratación. Método semiadiabático.
192. Unosson, M., (2000), “Numerical simulations of penetration and perforation of high performance concrete with 75mm steel projectile”, FOA, Defense Research Establishment, User Report.
193. Van Breugel, K., (1997), Tesis Doctoral, “Simulation of hydration and formation of structure in hardening cement based materials”, Delft University Press, Netherlands.
194. Wei, Xiaosheng, Li Zongjin, (2006), “Early Hydration Process of Portland Cement Paste by Electrical Measurement”, *J. Ma. Civ. Engrg*, 18(1), pp.99-105.
195. William, K., P., Warnkle, E.,P., (1975), “Constitutive model for the triaxial behaviour of concrete”, *International Association for Bridge and Structure Engineering Proceedings, Bergamo, Italy*, 19.
196. Wotring, D C, y Haslash, Y M A , (2006), “Visualization of material stiffness in geomechanics analysis”, *Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech.* 30, pp. 21-41.
197. Y. Chen y I. Odler, (1992), “On the Origin of Portland Cement Setting”, *Cem. Conc. Res.* 22(6), pp.1130-1140.
198. Yankelevsky, D. Z., (1997), “Local response of concrete slabs to low velocity missile impact”, *Int. J. Impact Eng.*, 19(4), pp. 331–343.

199. Ytterburg, R. F., (1971), "Wear-resistant industrial floors of Portland cement concrete" *Civ. Eng. (N. Y.)* 41(1), pp.68-71.
200. Zhuguo Li; Taka-aki Onkubo; Yasuo Tanigawa, (2004), "Flow Performance of High-Fluidity Concrete", *J. Mat. Civ. Engrg.* 16(6), pp. 558-596.
201. Zhuguo Li; Taka-aki Onkubo; Yasuo Tanigawa, 2004, "Yield Model of Hight Fluidity Concrete in Fresh State", *J. Mat. Civ. Engrg.* 16(3), pp. 195-201.
202. Zielinski, A. J., Reinhardt, H. W., (1982). "Impact stress-strain behaviour of concrete in tension", Proc., RILEM.CEB-IABSE-IASS-Interassociation Symp. on Concrete Struct. Under Impact and Impulsive Loading, G. Plauk, ed., Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM). Berlin. Germany, pp. 112-124.
203. Zik, O., Stavans, J. y Raabin, Y., (1992), "Mobility of a sphere in a vibrated granular media", *Europhys Lett.* 17, pp. 315-319.

I. DOCTORAL THESIS

This study has been done with the purpose of advancing the knowledge of the concrete used to make industrial pavements.

I.1 HYPOTHESIS

The starting hypotheses for this Thesis were the following:

- There is an optimal moment during the setting time of concrete mixtures to trowel a pavement made of this material.
- The knowledge of the apparent activation energy of the cement, obtained from Vicat tests, can contribute valuable information for the concrete characterization.
- Although different solutions are used to improve the surface finish in industrial concrete pavements, currently there is not a classification of them.
- A method can be found which provides knowledge of the apparent activation energy in a simpler way than the methods used until now, with tests that are habitually found in any concrete laboratory and without a significant increment in the experimental costs.
- Just knowing the apparent activation energy of the cements used in the Vicat test method and the setting times of a previous sample of the concrete studied at any temperature, the FHP maturity equation can be successfully utilized to predict the setting times at different temperatures.
- The apparent activation energy of the cement can be calculated during the setting time by knowing the temperature influence in the setting time from the Vicat tests.
- There are great differences between the different types of finishing currently used. Each one of them cannot be used for any application, independently of the pavements requirements.

- The current test used to know the impact resistance of a concrete pavement is not the most appropriate for the study of this characteristic in a surface finished pavement, since with this test the finishing layer is almost unaffected. If the test samples were placed on a flexible surface, the upper layer would absorb most of the kinetic energy of the projectile.
- A model to predict the abrasion evolution in a concrete pavement due to effects of the traffic loads can be developed

I.II JUSTIFICATION

As the first motivation, the economic savings which can be achieved with this type of pavements should be mentioned. The building costs of these pavements are approximately 20% of the total costs of an industrial construction. Moreover, there is almost no research in this area.

The idea of this Thesis was originated in 2004, when the building company SIEC S.A. proposed a project to the University of Cantabria to develop a quality system to know the time of toweling a concrete pavement, as a guide for the design of the type of finishing of a concrete pavement, which at that moment did not exist. With this guide, an engineer should be capable of choosing the most reliable type of finishing for each application.

I.III OBJECTIVES

In this section, the research objectives which define the thesis development will be shown. General Objectives show the basic points of study and Specific objectives show, in a summarized way, how to achieve those General Objectives.

II.III.I General Objectives

Objective 1: Develop State-of-the-Art knowledge of the behavior of concrete during the setting time and the main behavior characteristics of a polished pavement under the

mechanical demands to which it will be subjected.

Objective 2: Analyze a method to determine the optimum time for polishing a concrete pavement in a simple way.

Objective 3: Analyze the ambient temperature influence on the polishing times in a concrete pavement.

Objective 4: Do a comparative study of the main types of finishing used in concrete pavements.

Objective 5: Analyze the concrete behavior under impact loads and the beneficial effects of the different types of finishing on a concrete pavement.

Objective 6: Develop a model of the evolution of the abrasion rate in a concrete pavement with different normal loads.

II.III.II Specific Objectives

Specific Objective 1: From the studies about the concrete behavior, both fresh and hardened, data will be analyzed to obtain the basic knowledge necessary to write the Doctoral Thesis and for the readers' comprehension.

Specific Objective 2: Review the different methods existing for the time of setting of concrete mixtures, analyzing how they can be applied on site.

Specific Objective 3: Study the activation energy of concrete to demonstrate that it can be found from Vicat tests at different temperatures.

Specific Objective 4: Perform tests of abrasion, impact resistance, chemical attack, water penetration and density of concrete, on different experimental pavements with various types of finishing, made on site conditions, to compare the results between them.

Specific Objective 5: Analyze the concrete pavement behavior during the impact time from data physically obtained from dynamic tests, as well as simulated by a finite element method.

Specific Objective 6: Analyze the abrasion resistance of concrete, to obtain a model which could provide the basis for future development of the lifetime of a concrete pavement subjected to traffic loads.

I.IV INTRODUCTION

Concrete floors have been used for a long time, but only recently their double role in distributing the stresses and as a special type of surface finishing has been studied. Numerous research projects have been developed on this subject [67, 74, 79, 199, 116].

During the first decades of the 20th century, concrete floors were one of the best ways to obtain a good resistant platform in a workshop or in a warehouse. The first slabs were about 150 millimeters uniform thickness and usually about 1.8 to 2.4 meters on each side or the dimensions that were compatible with the mixer capacity. As better concrete construction equipment was developed, slabs got longer and wider. As joint edges became chipped and faulted, they were soon minimized to create ribbons of unjoined concrete that cracked transversely. Adjacent bays were either dowelled or linked with formed joggle joints. Finishing by power floating and toweling gave a surface quality adequate for the user requirements at that time.

The advent of ready-mixed plants allowed greater volumes of concrete to be laid in a shift, and delivered and directly discharged into place, and long bay construction was developed. The shortcomings of the plastic material, when laid wet and allowed to cure with only Hessian protection, underlined the need to provide mesh reinforcement and to saw-cut the slab at regular intervals if the surface were to be free of drying shrinkage cracks. To conform with available mesh sheets, long bays were 4.5 m wide and of lengths typically of 18-24 m. Long-bay construction incorporated the linking arrangement, namely dowels of joggles, of the earlier smaller-bay method, but gradually the joggle joint disappeared. This was the standard form of construction from the 1960s through to the early 1980s. Application of techniques such as prestressing and the use of long vibrating beams to produce wider bay widths developed this long-bay principle.

The use of computers has brought about fundamental changes in the development of concrete ground floors. The user demands intensified for industrial racking structures served by very narrow aisle, hard-wheeled trucks introduced high point loading and a requirement for a particularly flat surface if speed of movement was to be achieved. This issue of flatness led to the production of so-called superflat floors.

In the early 1980s, the concept of “large pour” was introduced. This involved the laying of self-leveling concrete, using superplasticizer additives, with no side forms and surface levels monitored by laser. Sizes of pours were only controlled by the volume of concrete that could be supplied, placed and finished in a day’s operation. Since slab thicknesses may vary from 150 to 350 mm, the area of pours may be anything from 1500 to 4000 m². These slabs contained a light reinforcement and were often finished with a “surface shake” of mineral aggregates to provide a more durable and attractive wearing surface.

This large-bay concept was subsequently translated into a mechanized process whereby with the Laser Screed the concrete was laid and leveled with a minimal concrete gang. Just as with the manual large-bay pour, these floors are also saw-cut into appropriate squares or rectangles.

The developments and demands of the logistics industry forced attention to detail on the concrete ground slab industry. Clearly, the use to which industry subjects its buildings is very varied. The ground floor slab is the basic platform for sustaining the operations, equipment and plant, from supporting heavy traffic to providing offices. For modern designers, the type, use, weights and tolerances of the pavement surfaces are critical for the design.

So, concrete pavement requirements are correspondingly versatile and demanding. Their production costs are about 20% of the total cost of an industrial plant and the finishing type is one of the aspects which most increases the lifetime of a concrete pavement. However, there are not many scientific publications about this subject.

This Doctoral Thesis has been developed by the Transport and Materials Departments of the University of Cantabria. It has been directed by professors Dr. Daniel Castro Fresno and Dr. Juan Antonio Polanco Madrazo. As this work was framed in an agreement between

the University of Cantabria and SIEC S.A., it was planned in such a way that the results obtained would have some kind of practical orientation for the solution of two big problems:

3. To find the optimum time of starting toweling a concrete pavement.
4. To accomplish a concrete pavement classification regarding their use.

Theoretically, the time of toweling a concrete pavement coincides with the setting time [79]. For the first problem a theoretical model of the penetration resistance evolution of concrete during the setting time was developed which was of easy application on site. Although there were some previous tests which provided knowledge about these setting times, the author found some incoherencies in them, so he decided to approach the subject from a different point of view. Thus, in Chapters 2 and 4 the bases of later research were developed, establishing the theoretical concepts to develop a more exact test than the one shown in ASTM C403 [17]. This provided a new methodology, simpler than the existing one, to know the temperature influence on the setting times of concrete and on the time of toweling the pavement.

With regard to the second problem, from six experimental pavements with the most representative type of finishing at the time of carrying out the study, in Chapter 5, a comparative analysis among them was done by means of different types of tests. During the identification of the main problems in a concrete pavement, it was observed that some of the main difficulties were the wheels' action by impact and by abrasion [95]. Therefore, in Chapter 6 an analysis of the dynamic behavior of the pavement was carried out to know the protective effect of the type of finishing on the slab. For this, physical techniques of data acquisition were used, in a new type of test which permitted the evaluation of the accumulated damage on the test samples. These data were compared with others obtained by means of a finite elements program. Furthermore, in Chapter 7, a model for the dynamic behavior of a concrete pavement subject to abrasion is obtained, finding similar conclusions to the ones obtained by Sadegzadeh et al. [150] and obtaining a new statistical model which will be a basis for future research in this field.

II. CONCLUSIONS

Up to now, no serious studies about the benefits of the surface finishing in concrete pavements have been done. There are very few references about this subject in the bibliography; however, this is one of the major aspects that influences the lifetime of a concrete pavement. In the thesis document, at the end of each chapter, the main conclusions are shown and in the final chapter of Conclusions they are all compiled and summarized.

This work studies the finishing types in a concrete pavement as a first general approximation, centered in two main aspects: the polishing process in a concrete pavement and the type of dry shaking treatment applied to increase its resistant characteristics. Due to the amplitude of these subjects and the lack of bibliography existing about them, the investigations made have been aimed not only at finding practical results but to producing a basis for future research with more rigorous conclusions than those obtained if this work had been focused merely on the study of the practice.

II.1 CHAPTER 3: EVOLUTION OF PENETRATION RESISTANCE IN FRESH CONCRETE

The objective of this research was to examine the setting of concrete through its penetration resistance; an experimental device, specially developed for this purpose was used, which consists of a system that lets a sphere fall on the concrete from a certain height and then measures the depth of the crater (Figure 9.1).

In this chapter a new concept has been applied for the initial setting of concrete, different from those which are traditionally used. For this, a semiempirical model which explains the penetration resistance evolution in fresh concrete was proposed and experimentally demonstrated, finding penetration resistance-time curves such as the one shown in Figure 9.2, defined as the square root of a hyperbolic sine. For this, forty-five samples were made with four different types of cement varying its quantity, water-cement ratio, at ambient temperature and humidity (Table 9.1). The mixture was prepared in a vertical axis concrete mixer and mixed for at least three minutes. Later an Abrams cone test was done for each mould as described in ASTM C 14320. The concrete was poured into the moulds,

extended, and uniformly vibrated with a 35-mm , 6000-r.p.m. vibrator and finally, the surface was flattened.



Figure I.1: Test device view

Among the advantages of the proposed method compared with the traditional ones such as the one shown in ASTM C403 are: a better explanation of the strength acquisition of concrete during this period, an excellent approximation, and even the facility of predicting the initial setting time at very early ages by means of an extrapolation of the predicted curves.

Type of material	Percentages (%)
Limestone sand	12
Silica sand	36
Gravel, 4-12 mm [0.16-0.47 in]	28
Gravel, 12-32 mm [0.47-1.26 in]	24

Table I.1: Combined aggregate distribution, %

Behavior of fresh concrete when hardening is comparable to soil consolidation as defined by the log time method, thus the secondary consolidation of concrete takes place when the depth of the crater made by a falling object is 18% of the initial depth (Figure 9.2). This value is very similar to the universal percolation threshold, independently of the speed, mass or geometry of the penetrator and depending only on the hydration kinetics of

concrete. It is proposed that it corresponds with the initial setting of concrete although further investigation is required. Besides, the results are compared with the consolidation curves for soils represented by the logarithmic method.

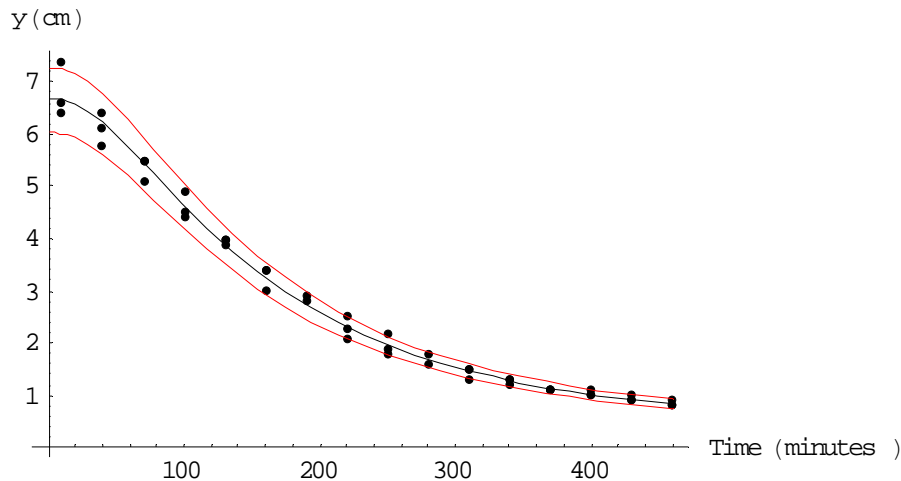


Figure I.2: Depth of the crater-time curve with its confidence intervals.

Sometimes, penetration resistance setting data, as indicated in ASTM C403, can be the cause of serious errors, such as when they are compared with the Vicat ones, because these are always made with the same “normal consistency”. Therefore, in this paper a change in the concept of initial setting as explained in the ASTM C403 is proposed because as has been explained, the value for the initial setting time does not depend on the penetration resistance of concrete but on its percolation degree.

II.II CHAPTER 4: MATURITY APPROACH APPLIED TO CONCRETE BY MEANS OF VICAT TESTS.

Better knowledge of the initial set would aid contractors in planning the times of texturing and finishing a concrete pavement. With this aim in mind, this Chapter presents a straightforward method for evaluating the temperature influence on the setting times. This was studied using the Freiesleben-Hansen and Pedersen maturity functions.

In order to determine the apparent activation energy of the cement for use in this equation, a series of Vicat tests were done as shown in ASTM C 191-04a15, with three different cements: (CEM I 52.5R (UNE EN 197-1), CEM II/A-V 42.5 R (UNE EN 197-1), CEM

II/B-M (V-LL) 32.5 (UNE-EN 197-1)), at intervals of temperatures between 10°C [50 °F] and 35°C [95 °F]. In this range the temperature influence on the setting times of cement paste can be seen.

In order to calculate the activation energy of the cement paste at very early stages, the Arrhenius Plot for the initial and final set was drawn according to ASTM C 1074-4, bearing in mind that its slope is proportional to the activation energy of the cement.

With regard to the concretes, in order to check the method, forty-five different dosages were made in which the total aggregate distribution was maintained, varying the type and quantity of cement and the water/cement ratio (Table 1), as shown in Chapter 3. Each dosage was tested three times in moulds such as the one in Figure 9.1, finding penetration resistance-time curves such as the one shown in Figure 9.2, defined as the square root of a hyperbolic sine. The relationship between times for 1 cm penetration depth and water to cement ratio for concrete made at different temperatures is shown in Figure 9.3.

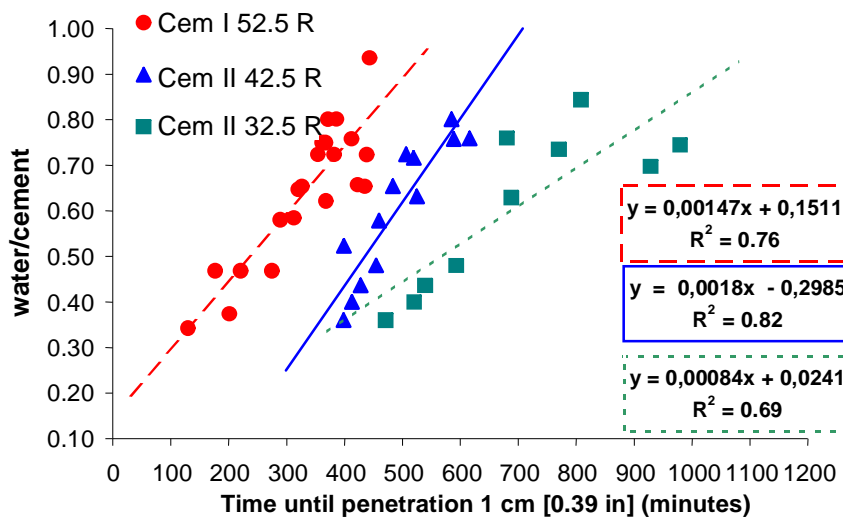


Figure I.3: Times for 1 cm penetration depth of a 4.6 cm diameter sphere on concrete.

All the tests in concrete were carried out at ambient temperature, during a period of time from July until December, 2005, in which temperatures ranged from 26°C to 8°C and the ambient relative humidity from 83% to 56%.

This method provides knowledge of the apparent activation energy in a simpler way than the method used until now, with tests that are habitually found in any concrete laboratory

and without a significant increment in the experimental costs. Only knowing the apparent activation energy of the cements used in the Vicat test method and the setting times of a previous sample of the concrete studied at any temperature, the FHP maturity equation can be successfully utilized to predict the setting times at different temperatures.

Otherwise, the increase of the water/cement ratio in concrete causes a linear increase in the time of acquisition of penetration resistance (Figure 9.4). These linear relationships between the points were found, to be parallel for the three types of cement analyzed. Moreover, it was found that the activation energy of Spanish cements is less than that reported by diverse investigators for the same type of American cements.

In conclusion, with only the setting times from Vicat tests at three different temperatures, the temperature influence on concrete can be found from the measured setting data of a previously prepared concrete and its temperature at those moments. Nowadays, the cement companies provide the setting times of cement at only one temperature. Even though it would be relatively easy for many laboratories to obtain the data to determine an apparent activation energy, the authors feel that it would be preferable for cement companies to do it and provide their customers with the setting times at another two temperatures (or the activation energy) on request. In this way, work with concrete could be better scheduled, thus improving the planning of toweling the concrete in a pavement.

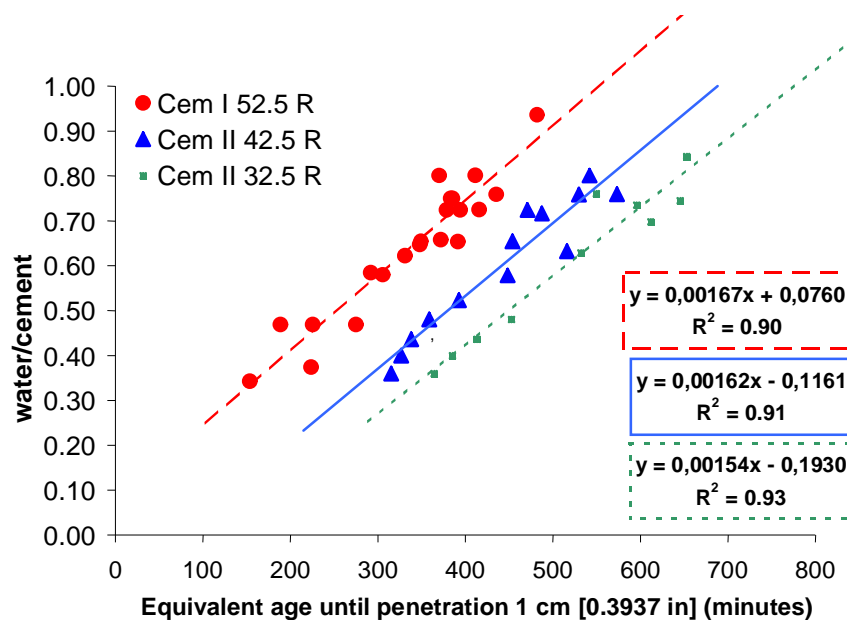


Figure I.4: Equivalent times at 20°C for 1 cm penetration depth of a 4.6 cm diameter sphere on concrete.

II.III CHAPTER 5: EFFECT OF DRY SHAKING TREATMENT ON CONCRETE PAVEMENT PROPERTIES

Although concrete pavements are the preferred solution of contractors for floors in industrial applications, comparatively little research has been done in this field. In this chapter, six different experimental pavements with different types of concrete surface finishes have been studied from the point of view of the effect of dry shaking treatment with different types of surface toppings; each one of which consists of a 2x2 m square distanced 0.5 m from each other in order to avoid different hardeners being mixed. In these pavements, the quantity of cement used to make the concrete slab was 315 kg/m^3 and the water to cement ratio was 0.49.

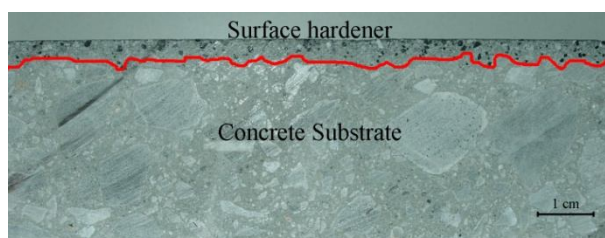


Figure I.5: Laboratory sample showing incorporated surface hardener (corindon) with substrate.

The different pavement surface finishes studied were hand finished, involving toweling operations carried out with a wooden float and repeated power finishing, which involves floating and toweling operations carried out with a 5 KW power float. The dry-shaking treatments applied to concrete were made up of: graded quartz and silica aggregate, corindon, dry Portland cement, fine chippings of clean iron filings and a mix of 50% silica quartz and 50% corindon. All the aggregates were mixed with a small amount of Portland cement (Table 9.2).

The tests were focused on the main requirements of an industrial pavement: abrasion resistance, impact and chemical attack resistance concentrating on the most common type of chemical aggression in industry. Water penetration has been studied too. The results indicate that dry shaking treatments are in general beneficial for the pavements and, moreover, that different types of hardeners produce very different effects on the pavement characteristics. Finally, recommendations for the use of the concrete surface finishes have been provided.

	Quartz and silica	Corindon	Clean iron filings	Dry Portland cement
Power finishing with corindon	50 kg	25 kg		35 kg
Power finishing with clean iron filings	50 kg		25 kg	35 kg
Power finishing with quartz and silica	50 kg			35 kg

Table I.2: Surface hardener proportions used in concrete.

From all these studies, the particular conclusions reached for each type of resistance analyzed are:

II.III.I Water absorption

The permeability of concrete pavements is greatly influenced by the type of finishing. Power finishing of concrete makes it decrease strongly due to the densification of the cement matrix in the upper layer of the pavement. On the other hand, spreading dry-shaking hardeners on concrete during the finishing process will have beneficial effects helping to reduce the water flow through the pavement.

II.III.II Impact resistance

Impact resistance of concrete was considerably increased by the use of dry-shaking treatments except in the case where dry cement was employed. This is due to the internal friction effect caused by the aggregates in the upper layer of concrete. The pavement with best impact resistance was the hand-finished one, followed by the one finished with clean iron filings.

II.III.III Abrasion resistance

In all the cases studied, power-finishing processes increased abrasion resistance of

concrete, which was largely determined by the type of dry-shaking treatment employed. Contrary to what is habitually thought, as a surface hardener, corindon is not better than quartz in resistance to abrasion and the best way to improve wear resistance in a pavement is by adding cement as a dry-shaking treatment. As could be supposed, the hand-finished pavement was the one with worst abrasion resistance. Finally, it was found that the more uniform was the upper layer composition, the higher the abrasion resistance.

II.III.IV Chemical resistance

There are three factors which especially influence the chemical effects on concrete pavements: (i) type of exposure; (ii) time of exposure (iii); type of finish in the pavement. In general, power finishing seems to help increase chemical resistance and pavements with some kind of surface hardener, show higher chemical resistances than others without them. Therefore, chemical resistance of concrete can be directly related to its permeability.

II.III.V General Conclusion

As a general conclusion, it can be stated that a concrete pavement always improves its quality when it is polished. Surface hardeners also improve the resistances of the pavement. Among all the different dry-shaking treatments studied, it was found that quartz and silica were the ones that offer best quality for general purposes. However, itemized studies for each particular application should be made, because this is not applicable in all the situations.

II.IV CHAPTER 6: EFFECT OF DRY SHAKING TREATMENT ON CONCRETE PAVEMENT PROPERTIES

In chapter 6, a new research field was opened, that is, the finishing type influence on the impact resistance of a concrete pavement. For this, two methods were used that permit the evaluation of the impact resistance among the different types of pavements studied by repeated impact loading:

- Depth of crater caused by projectile impact (Figure 9.6 (a))

- Decrease of energy absorbed by the concrete. (Figure 9.6 (b))

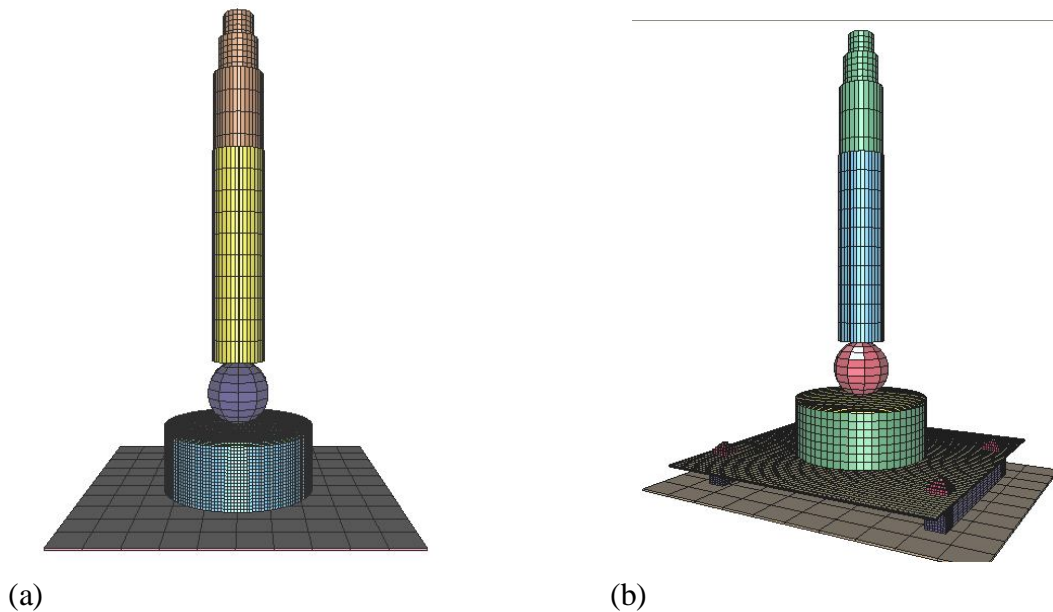


Figure I.6: LS-DYNA models for modeling impact tests on concrete.

When the damage in the pavement increases, its energy absorption capability decreases. Therefore, as it is easier for the pavement to be broken when no aggregates have been added to the pavement as surface hardeners, all the impact energy will be transmitted to the concrete in the slab. In order to increase the impact resistance in a pavement, it will be very important to add surface aggregates, with the purpose of acting as energy absorbers.

Therefore, the existence of a failure pattern can be assumed in the concrete broken by repeated impacts (Figure 9.7): First a localized crater forms under the projectile, which corresponds to a deceleration stage in the growth ratio of the crater, and in the quantity of energy absorbed, secondly, a cracked interface between the plug and the remainder of the slab forms (Figure 9.8); the plug and the slab still have good shear transfer and so the plug and slab will act as a unit; in this stage the rate of energy absorbed is constant. The last stage, in which the cracked interfacial surface has been completely formed, corresponds to the movement of the plug relative to the remainder of the slab. This stage shows a definite decrease in stiffness, with a significant reduction in the shear transfer between the plug and the slab. The final steep slopes of the curves correspond to this third stage.

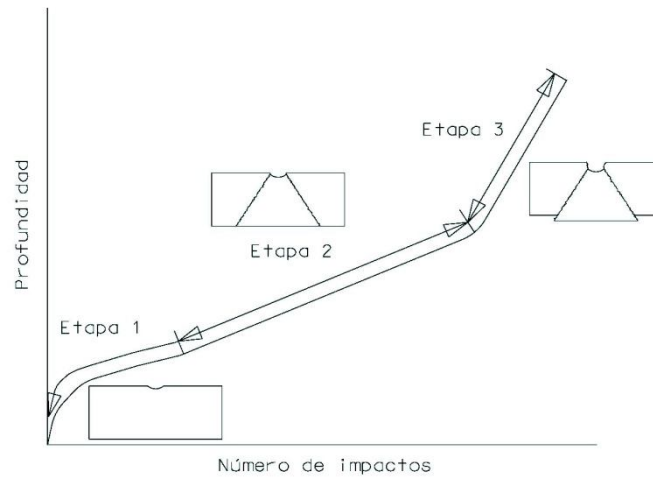


Figure I.7: Schematic failure stages for specimens where surface hardeners have been used.

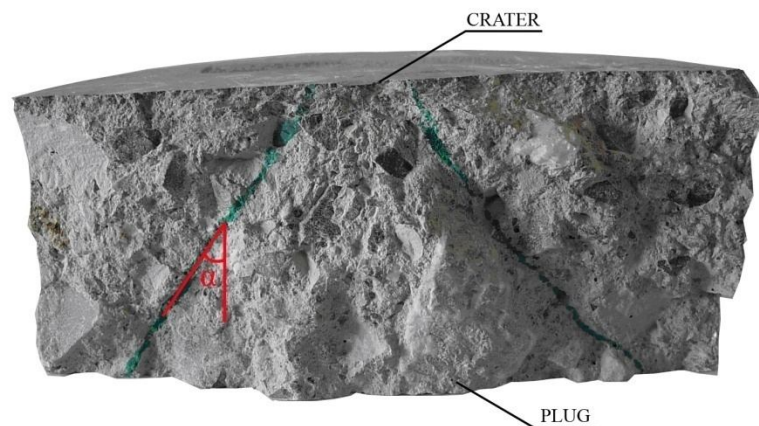


Figure I.8: Plug formation by impact in a concrete sample.

The crater depth increases with the number of impacts, so it will be a good indicator of the accumulated damage level in concrete. The grooving of the crater by repeated impacts can be appropriately modeled by the Paris law (Figure 9.9), the different surface finishes for concrete pavement being related by means of this law. In this way, an engineer could know the useful life of a concrete pavement under fatigue due to impact loads.

In this chapter, the finite elements program LS-DYNA, was used to study the concrete pavement subjected to a load process and to dynamic effects. The data obtained demonstrated a good level of correlation with the experimental results. Therefore, it can be concluded that the concrete material MAT_PSEUDO_TENSOR is appropriate for the

study of the impact behavior of a concrete with some type of surface finishing. In the numerical simulations, the damage process details were shown including energy variation and contacts times for the test shown in the UNE 83514 Standard. Specifically, it was found that the surface finishing makes the stresses accumulate there, causing surface cracks, which allow chemically aggressive products to come into contact with the concrete in the slab. Furthermore, the necessity of placing energy absorbers in the surface layer of a pavement was numerically demonstrated.

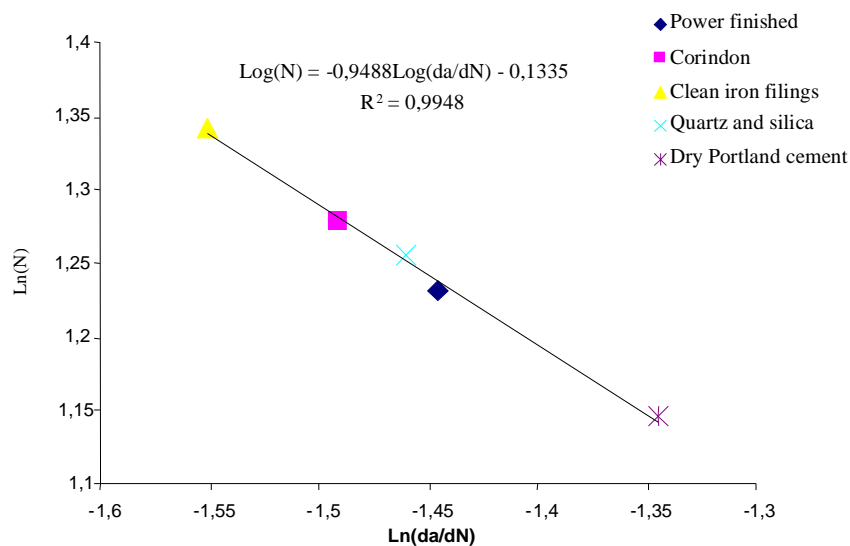


Figure I.9: Relationship between the growth ratio in the second stage and the number of cycles until failure depending on the finishing type in a concrete pavement (mean values).

II.V CHAPTER 7: A MODEL FOR THE ABRASIVE WEAR EVOLUTION IN A CONCRETE PAVEMENT

Abrasion of a concrete pavement is habitually due to the continued movement of wheels on the concrete slab surface. Starting from the theoretical model developed by Horszczaruk [83], this chapter proposes the development of a new model, which expresses the material volume loss as a function of the work done by the wheel and the total abrasion time, as well as the abraded concrete composition. For the verification of the model, samples of an experimental pavement were used, in which a dry shaking treatment with corindon had been applied. Finally, with this model an engineer could predict the concrete pavement life time by knowing the parameters of the concrete slab and its traffic characteristics. This

model can be easily applied to pavements in which real traffic exists only knowing the model parameters which represent the material characteristics.

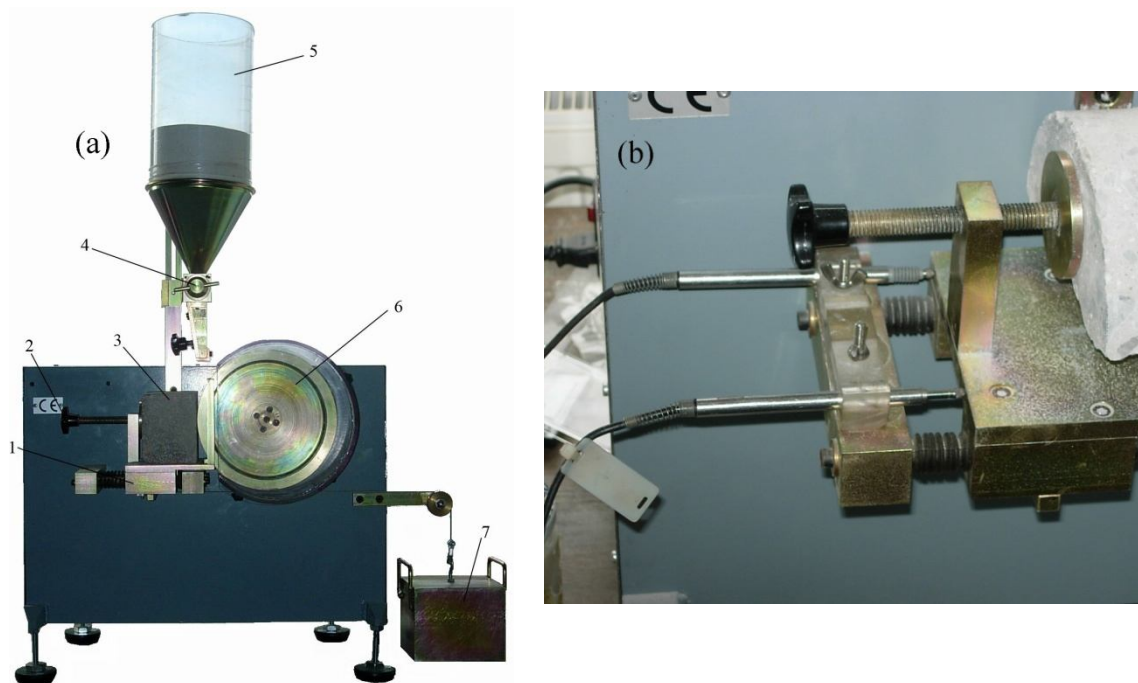


Figure I.10: Steel wheel abrasion tester. (1: sample bracket; 2: lock bolt; 3: specimen; 4: valve; 5: hopper; 6: steel wheel; 7: plummet). (b) Experimental device for measuring abrasion depth of concrete.

This theoretical model of abrasion has been experimentally tested for the sample device used (Figure 9.10), which is similar to the real case of a wheel on the pavement. Horszcaruk demonstrated in a similar model, made to evaluate the abrasion wear of concrete in hydraulic construction caused by the movement of rubble carried by water, that abrasion in concrete can be defined by a single parameter depending on its composition. In this case, it has been demonstrated that the abrasion resistance evolution depends directly on the force, on the friction coefficient between the concrete and the wheel and on its angular velocity, that is to say, on the type of traffic on the pavement.

Finally, analysis of the results shows the existence of two different zones during the abrasion resistance tests on a polished concrete floor (Figure 9.11). The first corresponding to the mortar layer; very dense and transparent, as an effect of the hard toweling of concrete, and the second one, the finishing layer of the pavement, less resistant than the first one.

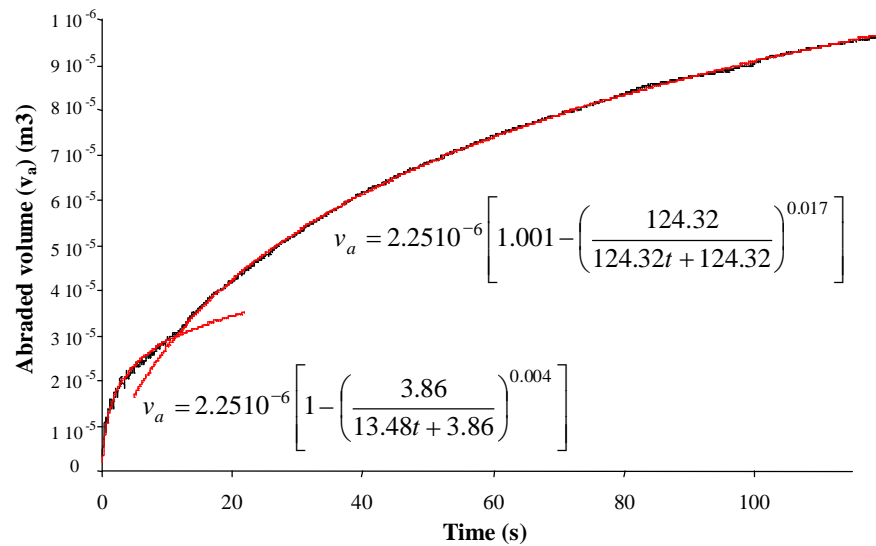


Figure I.11: Abraded volume variation of concrete with time for a constant plummet weight of 235 N.

In summary, the main contributions to Science of this Doctoral Thesis are the following:


- Development of a new model which explains the evolution of penetration resistance in fresh concrete
- Creation of a new testing prototype which corrects the deficiencies found in the ASTM C403-Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance-
- Simplification of the method for knowing the temperature influence in the setting times of concrete.
- Outline a model to determine the fatigue damage by repeated impacts in a concrete pavement.
- Development of a new testing device to determine the fatigue damage by repeated impacts.
- Development of a new model to explain the abrasion damage evolution.

II.VI FUTURE RESEARCH LINES

- The first proposed future research line deals with the validation of the model shown in Chapter 3 in real pavements, checking that the initial setting time of the concrete used, as proposed in the chapter definition, coincides with the time of toweling a concrete pavement.
- The calibration of the model variables and the study of the influence of the environmental conditions in the parameters are also proposed.
- Once all the model variables and the model are checked on site, the design of a testing apparatus for substituting the one shown in ASTM C403 is proposed as a future research line. The latter has been demonstrated to lack precision from the model's point of view.
- From the Chapter 5: *Effect of dry shaking treatment on concrete pavement properties*. Another future research line is the comparison of the data found with data from different types of concrete and a more extensive analysis about the mortar layer composition in the surface of the pavement. New types of surface hardeners could also be studied to compare them with other different types of finishing, such as paints.
- Another future research line is the development of a model to describe the impact fatigue resistance of a concrete pavement and the influence of the surface hardeners on it, with the purpose of predicting its lifetime from the Paris law, as shown in Chapter 6; checking the model sensitivity as a function of the type of material studied, the impact energy and the environmental conditions.
- Finally, the verification of the abrasion model in Chapter 7 is proposed, with tests made in other types of concrete pavements and its validation in real use conditions, with the purpose of predicting the lifetime of the concrete pavement. It could also be possible to check the model in another type of material different to concrete.

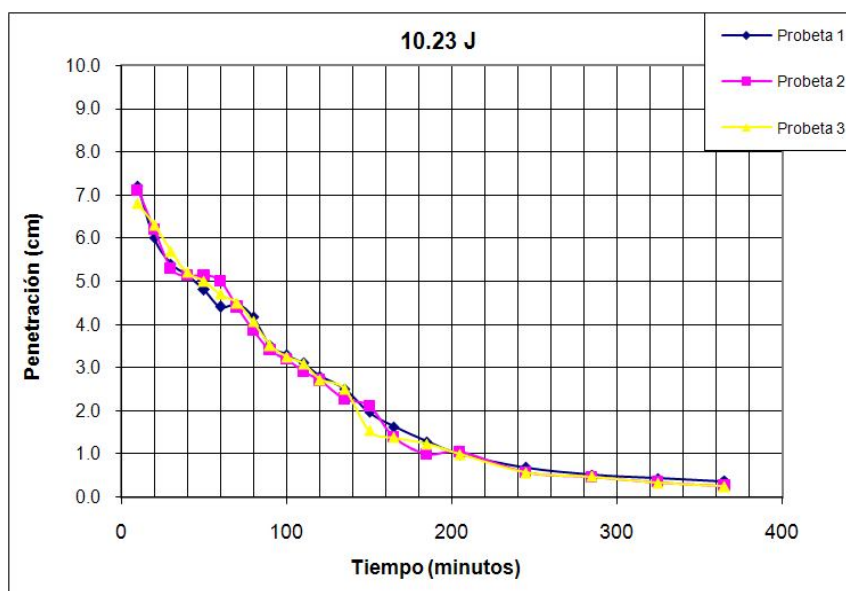
ANEXO I

**DATOS DE VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL CRÁTER
CON EL TIEMPO SOBRE HORMIGÓN FRESCO CON DOS TIPOS
DE PROYECTILES DIFERENTES (DATOS USADOS PARA
PROGRAMAR LOS ENSAYOS).**



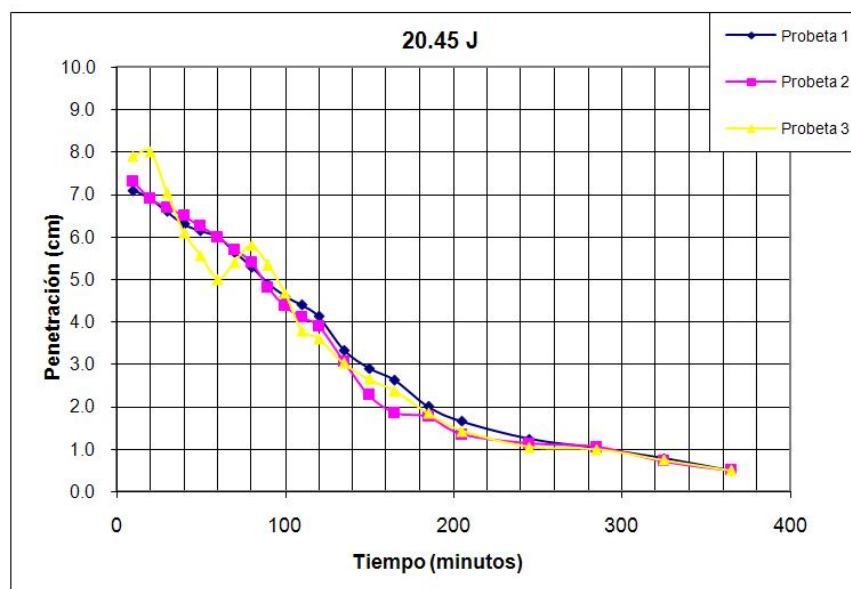
DIÁMETRO DE LA ESFERA: 6,2 CM; MASA: 1043,6 g

10.23 J						
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
			Cono 6 cm	Cono 6 cm	Cono 6 cm	
1	10	10	7.2	7.1	6.8	7.0
2	10	20	6.0	6.2	6.3	6.2
3	10	30	5.4	5.3	5.7	5.5
4	10	40	5.1	5.1	5.2	5.2
5	10	50	4.8	5.1	5.0	5.0
6	10	60	4.4	5.0	4.7	4.7
7	10	70	4.5	4.4	4.5	4.5
8	10	80	4.2	3.9	4.1	4.0
9	10	90	3.5	3.4	3.5	3.5
10	10	100	3.3	3.2	3.3	3.3
11	10	110	3.1	2.9	3.1	3.0
12	10	120	2.8	2.7	2.7	2.7
13	15	135	2.5	2.3	2.5	2.4
14	15	150	2.0	2.1	1.5	1.9
15	15	165	1.6	1.4	1.4	1.5
16	20	185	1.3	1.0	1.2	1.2
17	20	205	1.0	1.0	1.0	1.0
18	40	245	0.7	0.6	0.6	0.6
19	40	285	0.5	0.5	0.5	0.5
20	40	325	0.4	0.3	0.3	0.4
21	40	365	0.4	0.3	0.3	0.3



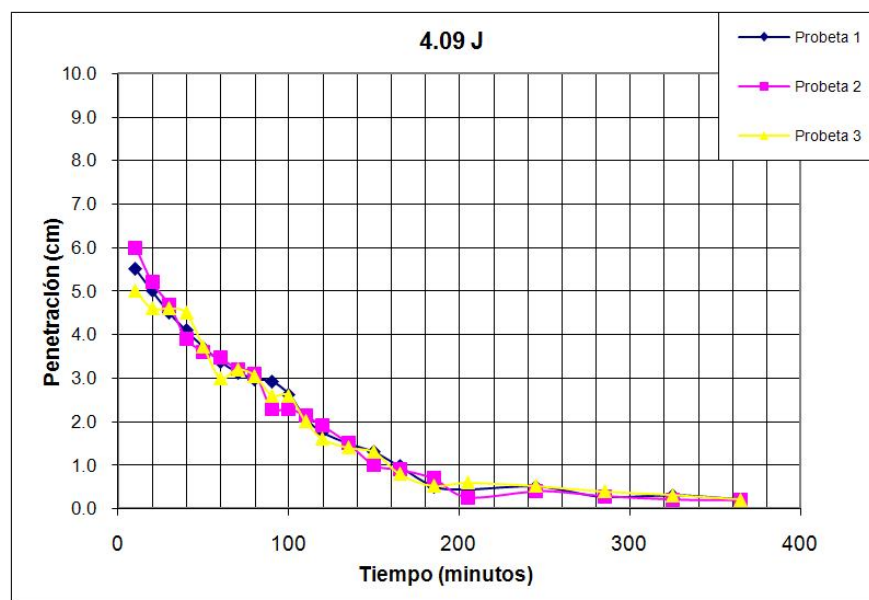
DIÁMETRO DE LA ESFERA: 6,2 CM; MASA: 1043,6 g

20.45 J						
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
			Cono 6 cm	Cono 6 cm	Cono 6 cm	
1	10	10	7.1	7.3	7.9	7.4
2	10	20	6.9	6.9	8.0	7.3
3	10	30	6.6	6.7	7.1	6.8
4	10	40	6.3	6.5	6.1	6.3
5	10	50	6.2	6.3	5.6	6.0
6	10	60	6.0	6.0	5.0	5.7
7	10	70	5.7	5.7	5.4	5.6
8	10	80	5.3	5.4	5.8	5.5
9	10	90	4.9	4.8	5.3	5.0
10	10	100	4.6	4.4	4.7	4.5
11	10	110	4.4	4.1	3.8	4.1
12	10	120	4.1	3.9	3.6	3.9
13	15	135	3.3	3.1	3.0	3.1
14	15	150	2.9	2.3	2.7	2.6
15	15	165	2.6	1.9	2.4	2.3
16	20	185	2.0	1.8	1.8	1.9
17	20	205	1.7	1.3	1.4	1.5
18	40	245	1.2	1.1	1.1	1.1
19	40	285	1.0	1.1	1.0	1.0
20	40	325	0.8	0.7	0.7	0.7
21	40	365	0.5	0.5	0.5	0.5



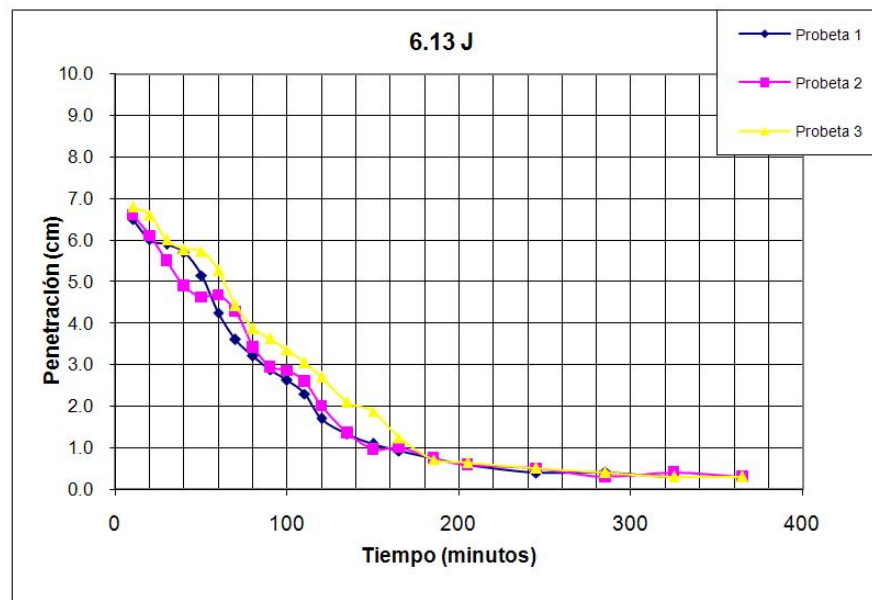
DIÁMETRO DE LA ESFERA: 4,6 CM; MASA: 395,7 g

4.09 J						
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
			Cono 6 cm	Cono 6 cm	Cono 6 cm	
1	10	10	5.5	6.0	5.0	5.5
2	10	20	5.0	5.2	4.6	4.9
3	10	30	4.5	4.7	4.6	4.6
4	10	40	4.1	3.9	4.5	4.2
5	10	50	3.7	3.6	3.7	3.7
6	10	60	3.4	3.5	3.0	3.3
7	10	70	3.1	3.2	3.2	3.2
8	10	80	3.0	3.1	3.0	3.0
9	10	90	2.9	2.3	2.6	2.6
10	10	100	2.6	2.3	2.6	2.5
11	10	110	2.1	2.1	2.0	2.1
12	10	120	1.8	1.9	1.6	1.8
13	15	135	1.5	1.5	1.4	1.5
14	15	150	1.3	1.0	1.3	1.2
15	15	165	1.0	0.9	0.8	0.9
16	20	185	0.5	0.7	0.5	0.6
17	20	205	0.5	0.3	0.6	0.4
18	40	245	0.5	0.4	0.5	0.5
19	40	285	0.3	0.3	0.4	0.3
20	40	325	0.3	0.2	0.3	0.3
21	40	365	0.2	0.2	0.2	0.2



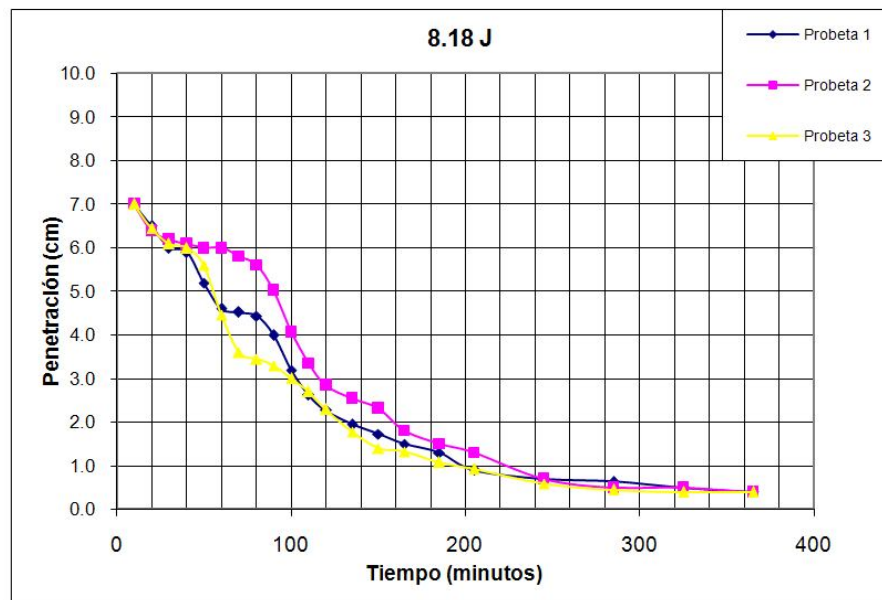
DIÁMETRO DE LA ESFERA: 4,6 CM; MASA: 395,7 g

6.13 J							
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)	
			Cono 6 cm	Cono 6 cm	Cono 6.5 cm		
1	10	10	6.5	6.6	6.8	6.6	
2	10	20	6.0	6.1	6.6	6.2	
3	10	30	5.9	5.5	6.0	5.8	
4	10	40	5.7	4.9	5.8	5.5	
5	10	50	5.2	4.6	5.7	5.2	
6	10	60	4.3	4.7	5.3	4.7	
7	10	70	3.6	4.3	4.4	4.1	
8	10	80	3.2	3.4	3.9	3.5	
9	10	90	2.9	3.0	3.6	3.2	
10	10	100	2.6	2.9	3.4	2.9	
11	10	110	2.3	2.6	3.1	2.7	
12	10	120	1.7	2.0	2.7	2.1	
13	15	135	1.3	1.4	2.1	1.6	
14	15	150	1.1	1.0	1.9	1.3	
15	15	165	0.9	1.0	1.2	1.1	
16	20	185	0.7	0.8	0.7	0.7	
17	20	205	0.6	0.6	0.6	0.6	
18	40	245	0.4	0.5	0.5	0.5	
19	40	285	0.4	0.3	0.4	0.4	
20	40	325	0.3	0.4	0.3	0.3	
21	40	365	0.3	0.3	0.3	0.3	



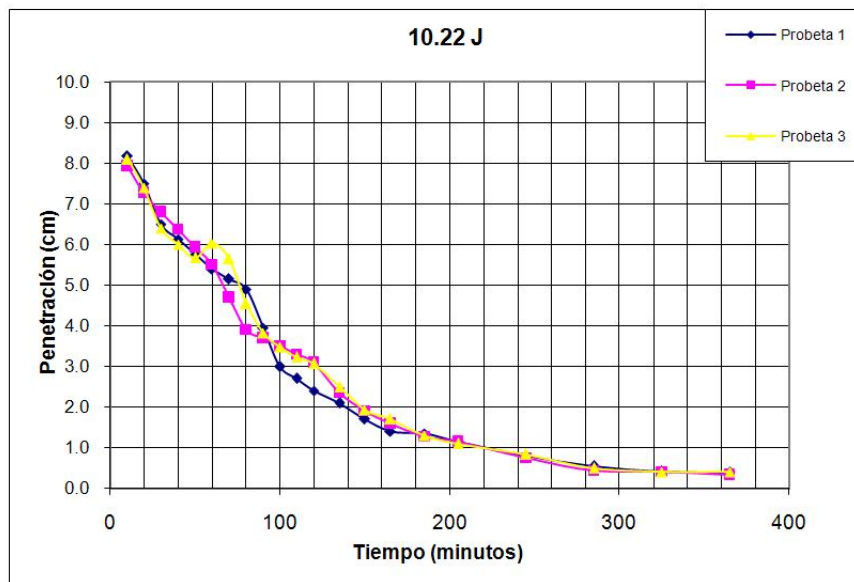
DIÁMETRO DE LA ESFERA: 4,6 CM; MASA: 395,7 g

8.18 J								
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)		
			Cono 6 cm	Cono 6 cm	Cono 5 cm			
1	10	10	7.0	7.0	7.0	7.0		
2	10	20	6.5	6.4	6.5	6.5		
3	10	30	6.0	6.2	6.1	6.1		
4	10	40	5.9	6.1	6.0	6.0		
5	10	50	5.2	6.0	5.6	5.6		
6	10	60	4.6	6.0	4.5	5.0		
7	10	70	4.5	5.8	3.6	4.6		
8	10	80	4.4	5.6	3.5	4.5		
9	10	90	4.0	5.0	3.3	4.1		
10	10	100	3.2	4.1	3.0	3.4		
11	10	110	2.6	3.4	2.7	2.9		
12	10	120	2.3	2.9	2.3	2.5		
13	15	135	2.0	2.6	1.8	2.1		
14	15	150	1.7	2.3	1.4	1.8		
15	15	165	1.5	1.8	1.3	1.5		
16	20	185	1.3	1.5	1.1	1.3		
17	20	205	0.9	1.3	0.9	1.0		
18	40	245	0.7	0.7	0.6	0.7		
19	40	285	0.6	0.5	0.5	0.5		
20	40	325	0.5	0.5	0.4	0.5		
21	40	365	0.4	0.4	0.4	0.4		



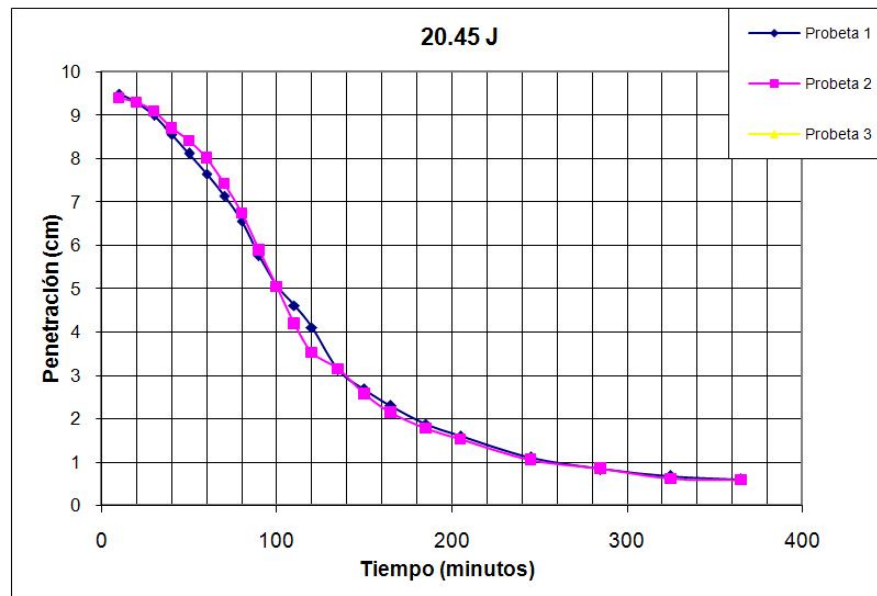
DIÁMETRO DE LA ESFERA: 4,6 CM; MASA: 395,7 g

10.22 J							
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)	
			Cono 6 cm	Cono 6 cm	Cono 5 cm		
1	10	10	8.2	7.9	8.1	8.1	
2	10	20	7.5	7.3	7.4	7.4	
3	10	30	6.5	6.8	6.4	6.6	
4	10	40	6.1	6.4	6.0	6.2	
5	10	50	5.8	5.9	5.7	5.8	
6	10	60	5.4	5.5	6.0	5.6	
7	10	70	5.2	4.7	5.7	5.2	
8	10	80	4.9	3.9	4.6	4.5	
9	10	90	4.0	3.7	3.8	3.8	
10	10	100	3.0	3.5	3.5	3.3	
11	10	110	2.7	3.3	3.2	3.1	
12	10	120	2.4	3.1	3.1	2.9	
13	15	135	2.1	2.4	2.5	2.3	
14	15	150	1.7	1.9	1.9	1.8	
15	15	165	1.4	1.6	1.7	1.6	
16	20	185	1.4	1.3	1.3	1.3	
17	20	205	1.2	1.2	1.1	1.1	
18	40	245	0.8	0.8	0.8	0.8	
19	40	285	0.5	0.4	0.5	0.5	
20	40	325	0.4	0.4	0.4	0.4	
21	40	365	0.4	0.3	0.4	0.4	



DIÁMETRO DE LA ESFERA: 4,6 CM; MASA: 395,7 g

20.45 J						
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
			Cono 6 cm	Cono 6 cm	Cono 5 cm	
1	10	10	9.5	9.4		9.5
2	10	20	9.3	9.3		9.3
3	10	30	9.0	9.1		9.1
4	10	40	8.6	8.7		8.6
5	10	50	8.1	8.4		8.3
6	10	60	7.7	8.0		7.8
7	10	70	7.2	7.4		7.3
8	10	80	6.6	6.7		6.7
9	10	90	5.8	5.9		5.8
10	10	100	5.1	5.0		5.1
11	10	110	4.6	4.2		4.4
12	10	120	4.1	3.5		3.8
13	15	135	3.1	3.2		3.1
14	15	150	2.7	2.6		2.6
15	15	165	2.3	2.1		2.2
16	20	185	1.9	1.8		1.8
17	20	205	1.6	1.5		1.6
18	40	245	1.1	1.1		1.1
19	40	285	0.8	0.9		0.8
20	40	325	0.7	0.6		0.6
21	40	365	0.6	0.6		0.6



ANEXO II

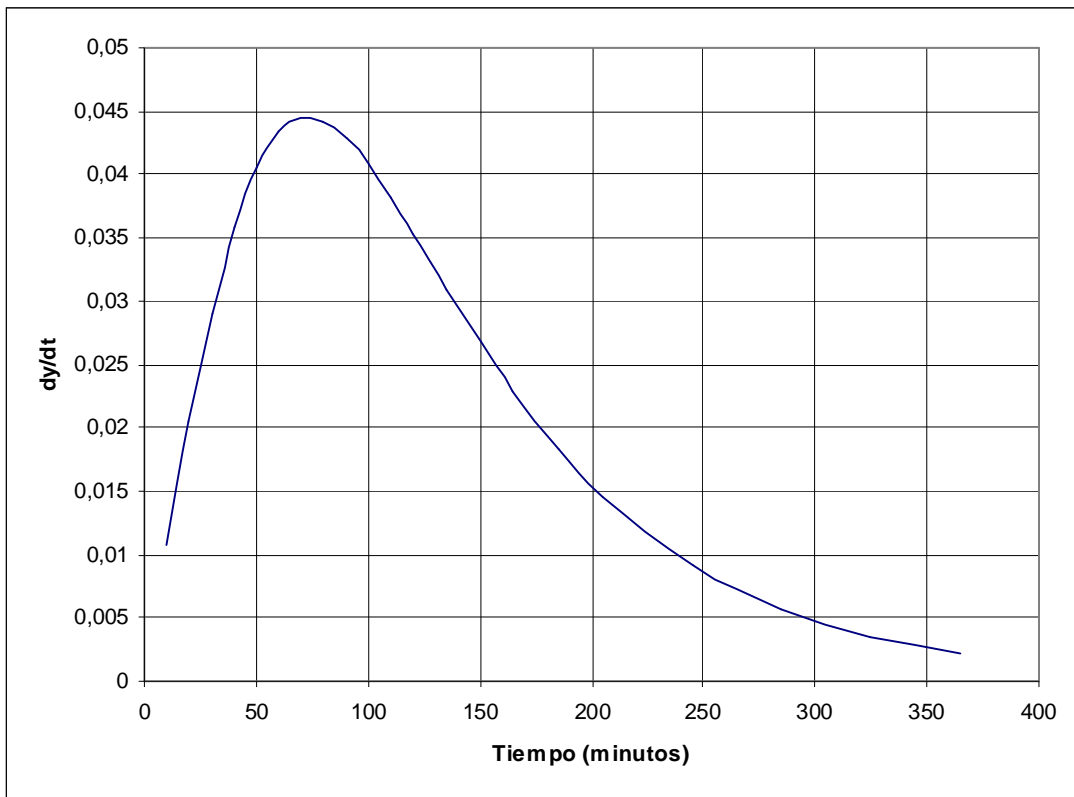
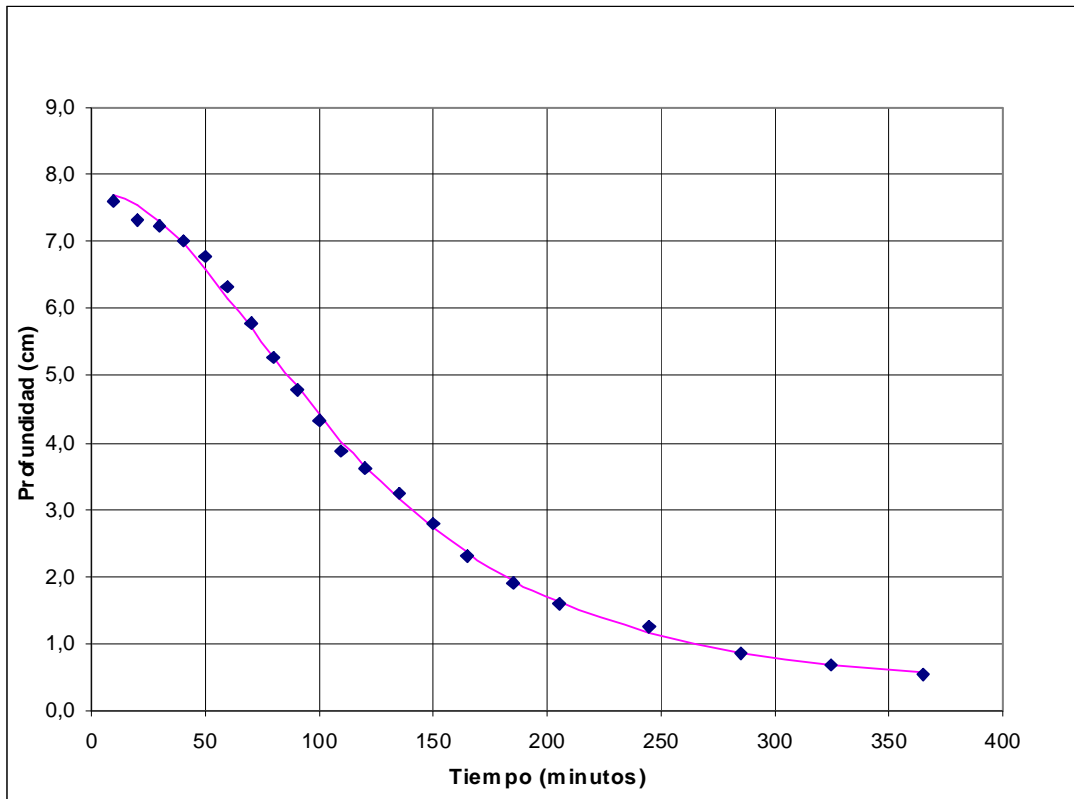
DATOS DE VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL CRÁTER CON EL TIEMPO SOBRE HORMIGÓN FRESCO.



CEM I 52.5 R (UNE-EN 197-1)

Humedad	74%
Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	21,2°C
Cono de Abrahams	3,5cm
kg/m ³ cemento	260kg/m ³
Cemento	10,74kg
Arena Caliza	19,77kg
Arena Silicea	15,41kg
Gravilla	25,96kg
Grava	19,67kg
Agua	6,50litros
Agua/Cemento	0,61
y(0)	7,752
β	0,012
r	0,052

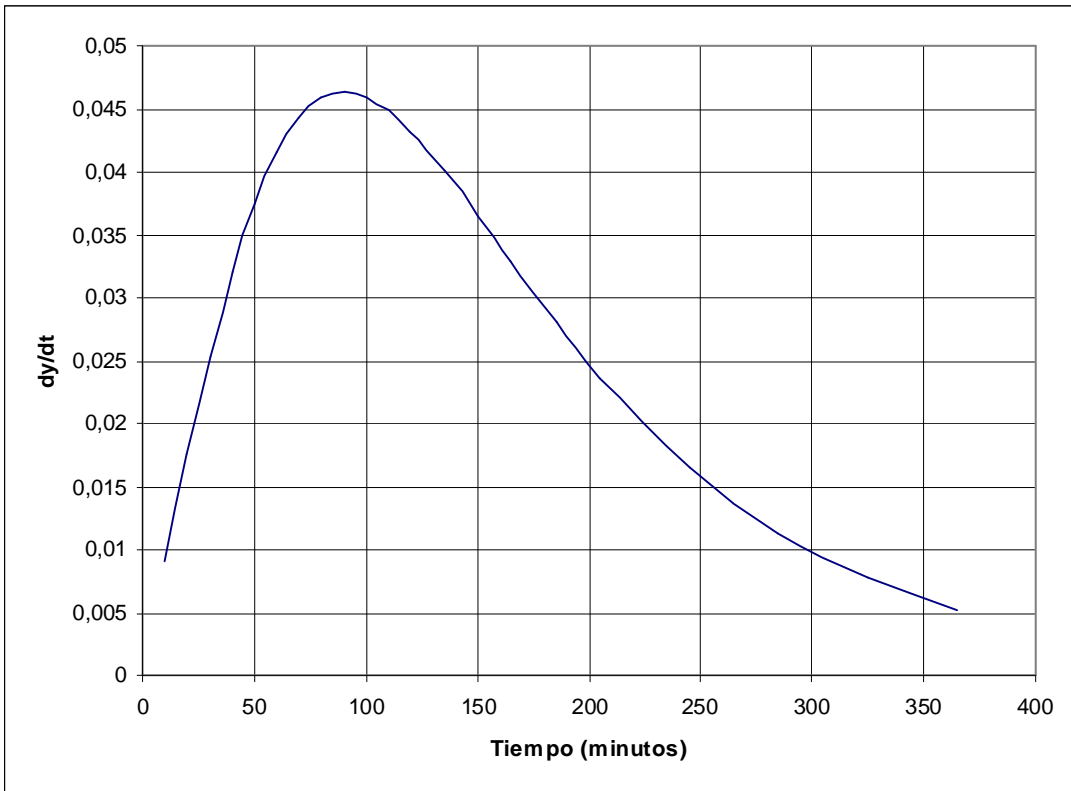
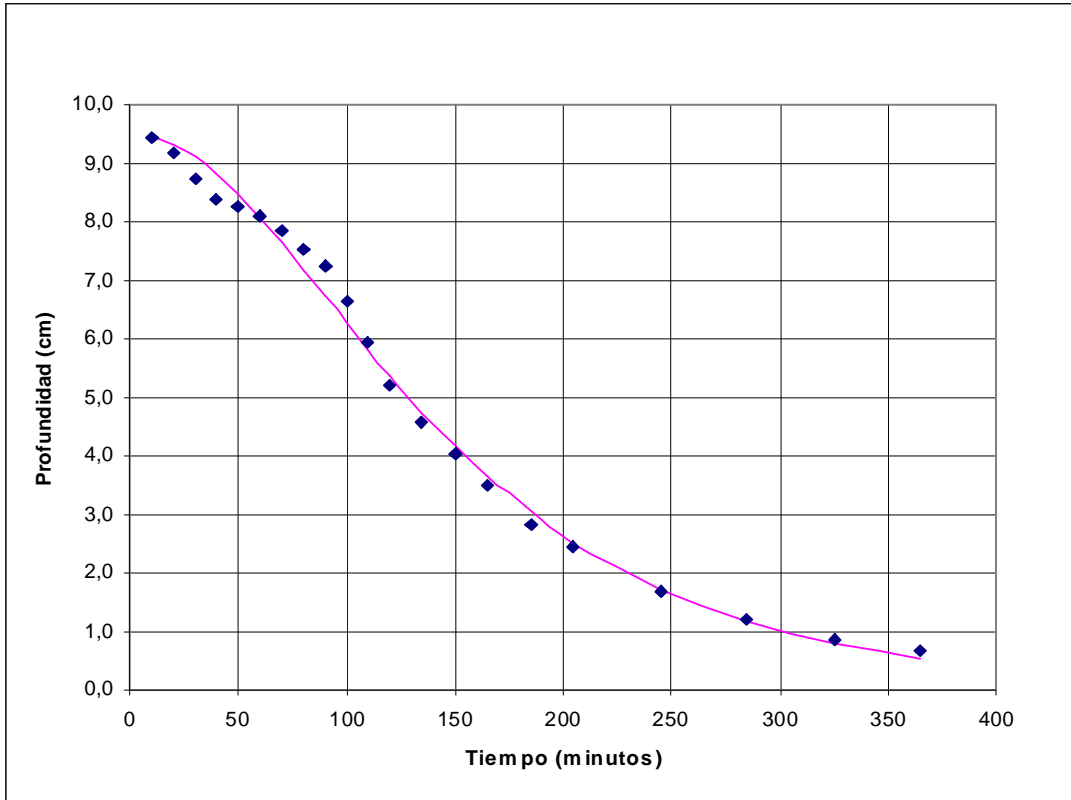
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	7,5	7,6	7,8	7,6
2	10	20	7,5	7,5	7,0	7,3
3	10	30	7,0	7,4	7,3	7,2
4	10	40	6,9	7,0	7,2	7,0
5	10	50	6,7	6,5	7,0	6,8
6	10	60	6,3	6,2	6,5	6,3
7	10	70	5,8	5,9	5,7	5,8
8	10	80	5,3	5,5	5,0	5,3
9	10	90	4,8	5,0	4,6	4,8
10	10	100	4,4	4,4	4,1	4,3
11	10	110	3,9	3,9	3,8	3,9
12	10	120	3,6	3,6	3,6	3,6
13	15	135	3,2	3,1	3,4	3,2
14	15	150	2,7	2,8	2,9	2,8
15	15	165	2,2	2,5	2,2	2,3
16	20	185	1,8	2,0	1,9	1,9
17	20	205	1,6	1,6	1,7	1,6
18	40	245	1,3	1,3	1,2	1,3
19	40	285	0,9	0,8	0,9	0,9
20	40	325	0,7	0,7	0,6	0,7
21	40	365	0,5	0,6	0,5	0,5



Instante de cambio de cóncavo a convexo: 73.8 minutos
 Profundidad en ese instante: 5.8 cm

Humedad	74%
Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	21,3°C
Cono de Abrahams	6cm
kg/m ³ cemento	260kg/m ³
Cemento	10,74kg
Arena Caliza	19,77kg
Arena Silicea	15,41kg
Gravilla	25,96kg
Grava	19,67kg
Agua	7,50litros
Agua/Cemento	0,70
y(0)	9,495
β	0,010
r	0,001

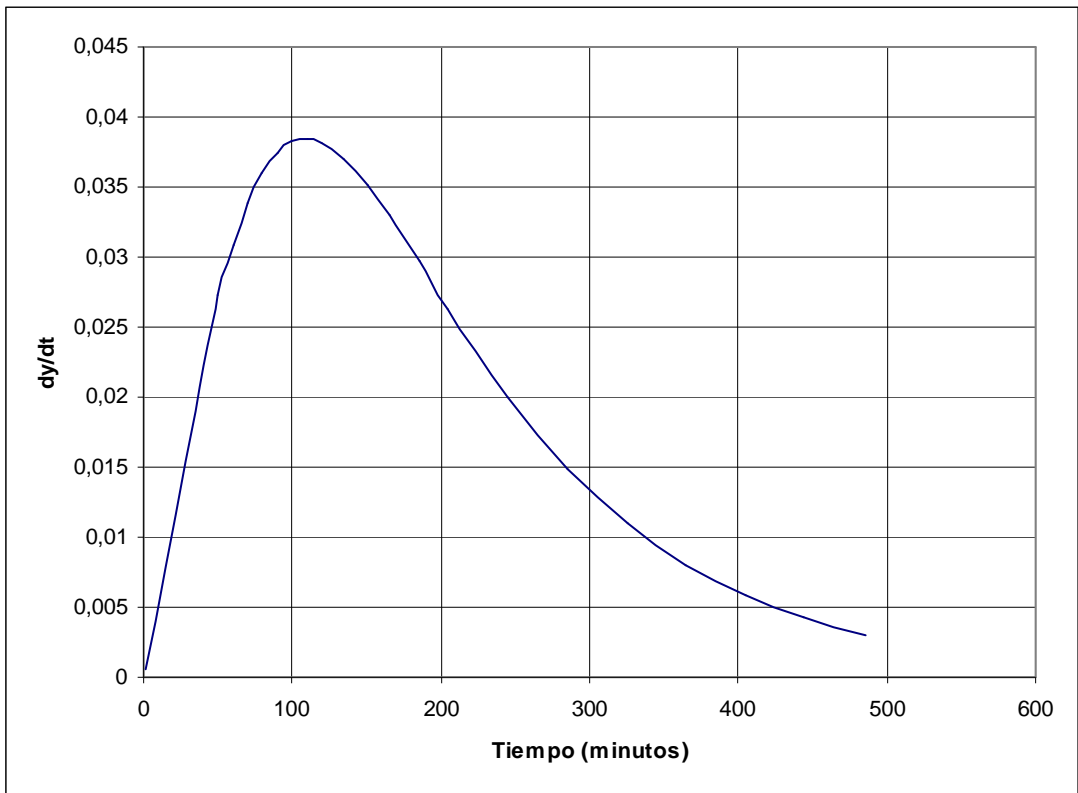
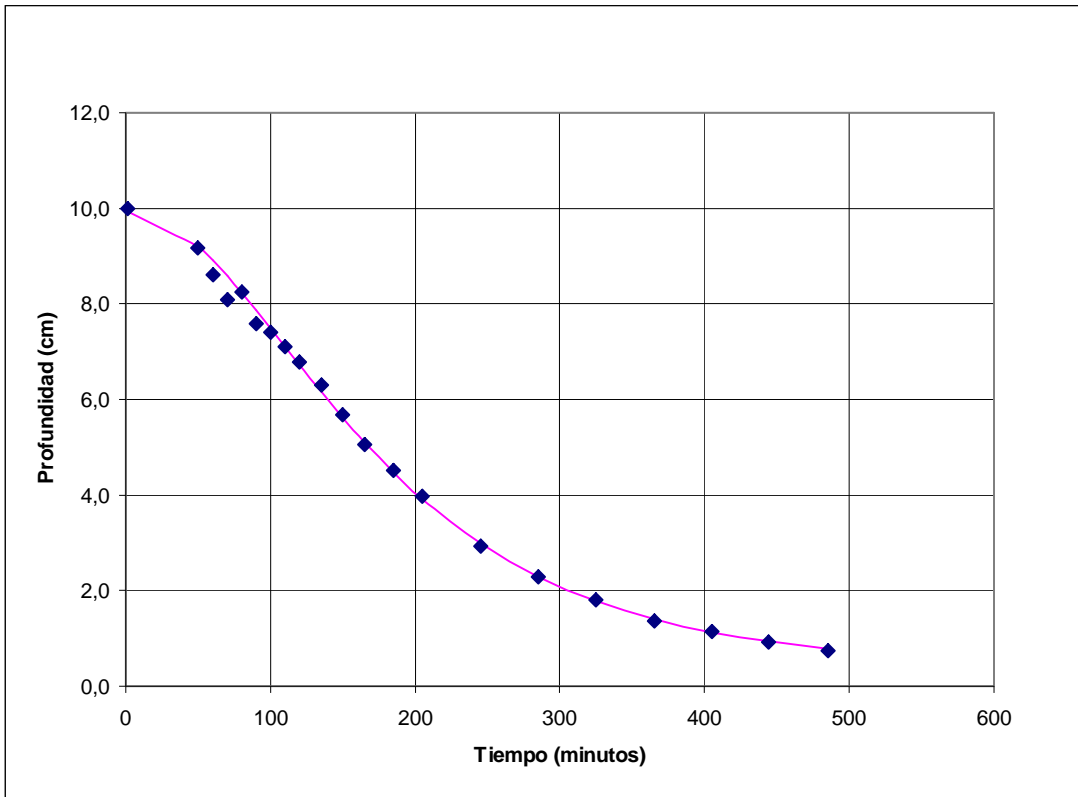
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	9,0	9,8	9,5	9,4
2	10	20	9,5	9,0	9,0	9,2
3	10	30	9,0	8,7	8,5	8,7
4	10	40	9,5	8,4	7,2	8,4
5	10	50	8,9	8,2	7,7	8,2
6	10	60	8,2	8,0	8,2	8,1
7	10	70	7,7	7,9	7,9	7,8
8	10	80	7,4	8,0	7,3	7,5
9	10	90	7,0	8,0	6,7	7,2
10	10	100	6,7	7,2	6,0	6,6
11	10	110	6,3	6,1	5,3	5,9
12	10	120	6,0	5,0	4,6	5,2
13	15	135	5,3	4,3	4,1	4,6
14	15	150	4,6	3,8	3,7	4,0
15	15	165	3,9	3,3	3,3	3,5
16	20	185	3,1	2,7	2,8	2,8
17	20	205	2,7	2,3	2,3	2,4
18	40	245	1,9	1,7	1,5	1,7
19	40	285	1,3	1,2	1,2	1,2
20	40	325	1,0	0,8	0,8	0,9
21	40	365	0,7	0,6	0,7	0,7



Instante de cambio de cóncavo a convexo: 90.25 minutos
 Profundidad en ese instante: 6.7 cm

Humedad	75%
Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	22°C
Cono de Abrahams	11cm
kg/m ³ cemento	260kg/m ³
Cemento	10,74kg
Arena Caliza	19,77kg
Arena Silicea	15,41kg
Gravilla	25,96kg
Grava	19,67kg
Agua	10,05litros
Agua/Cemento	0,94
y(0)	9,924
β	0,008
r	0,041

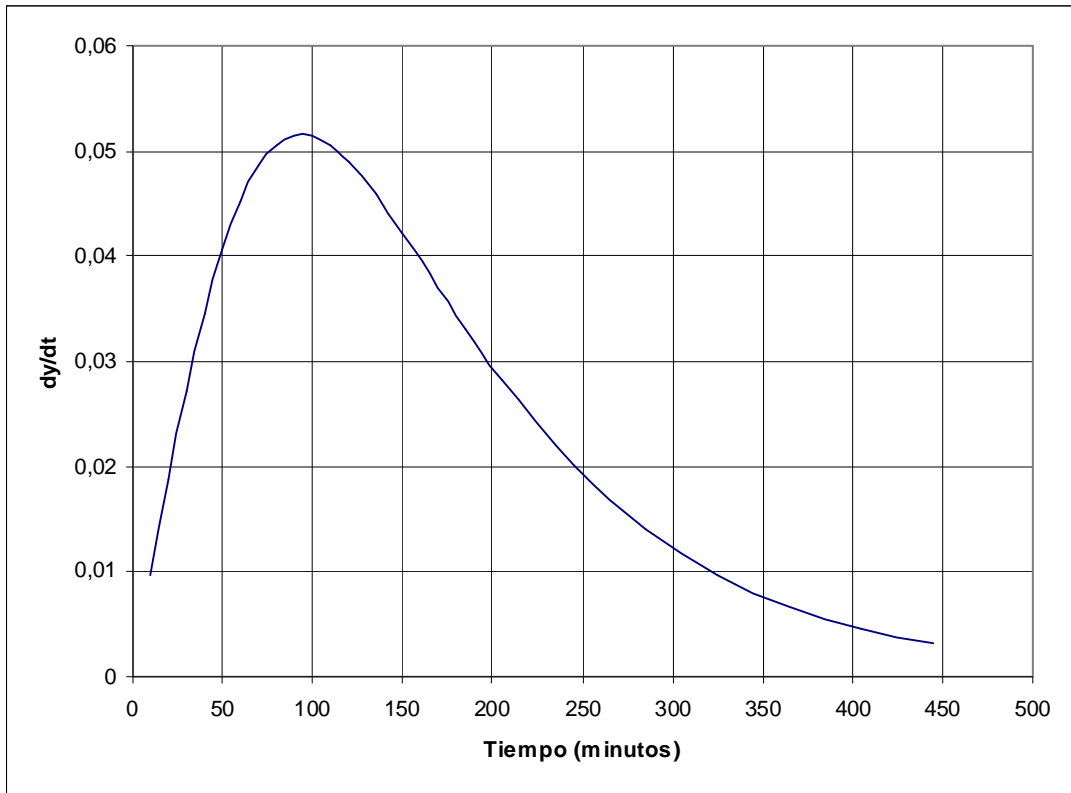
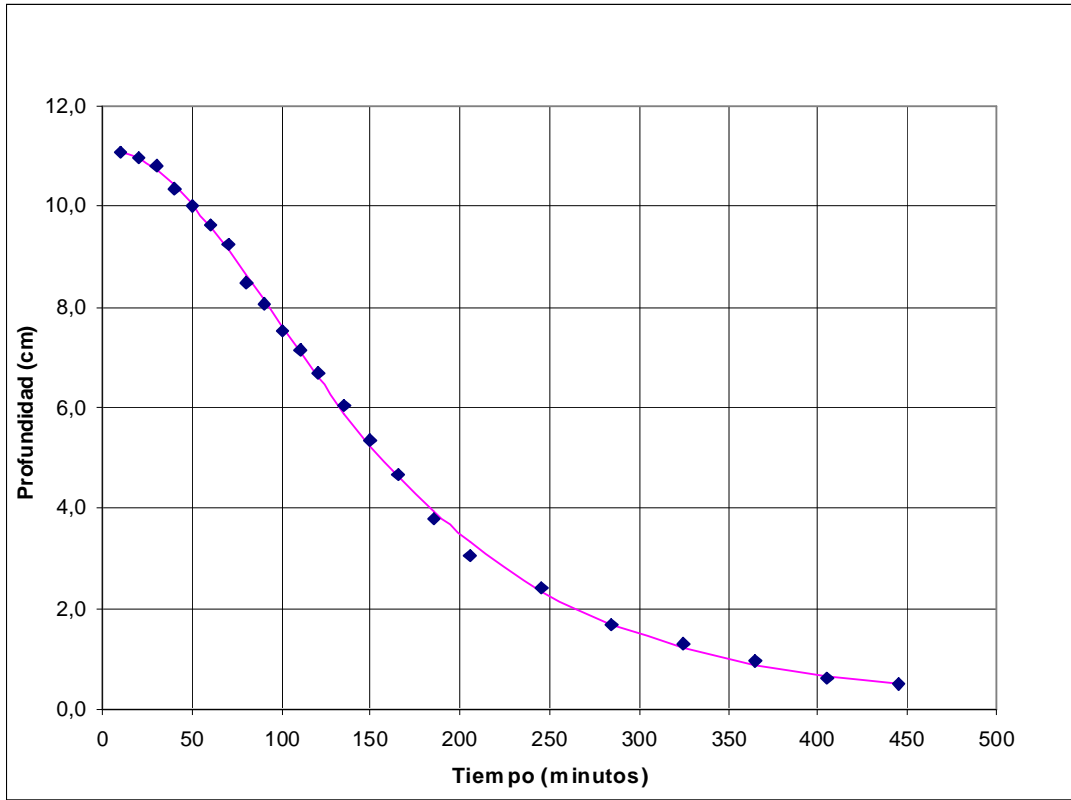
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	9,9	10,1	10	10,0
2	40	50	9,3	9,0	9,2	9,2
3	10	60	9,0	8,1	8,7	8,6
4	10	70	8,5	7,8	8,0	8,1
5	10	80	8,0	8,5	8,3	8,3
6	10	90	7,5	7,5	7,8	7,6
7	10	100	7,5	7,6	7,1	7,4
8	10	110	7,3	7,2	6,9	7,1
9	10	120	7,0	6,7	6,7	6,8
10	10	135	6,5	6,0	6,4	6,3
11	10	150	5,7	5,5	5,9	5,7
12	10	165	4,8	5,0	5,4	5,1
13	15	185	4,6	4,2	4,7	4,5
14	15	205	4,2	3,6	4,1	4,0
15	15	245	2,8	3,0	3,0	2,9
16	20	285	2,3	2,3	2,2	2,3
17	20	325	2,0	1,8	1,6	1,8
18	40	365	1,7	1,4	1,0	1,4
19	40	405	1,3	1,1	1,1	1,2
20	40	444	0,9	0,9	0,9	0,9
21	40	485	0,7	0,8	0,7	0,7



Instante de cambio de cóncavo a convexo: 109.1 minutos
 Profundidad en ese instante: 7.1 cm

Humedad	77%
Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	21°C
Cono de Abrahams	9,5cm
kg/m ³ cemento	278,2kg/m ³
Cemento	11,49kg
Arena Caliza	19,61kg
Arena Silicea	15,28kg
Gravilla	25,75kg
Grava	19,51kg
Agua	8,62litros
Agua/Cemento	0,75
y(0)	11,146
β	0,009
r	0,015

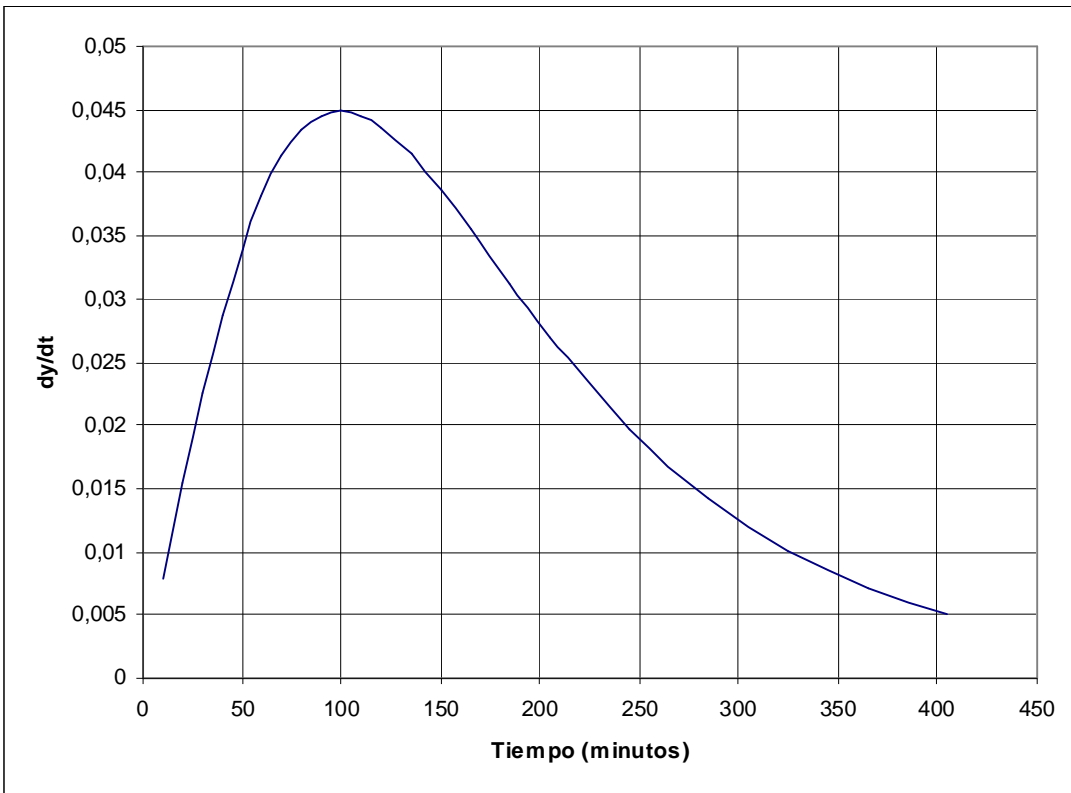
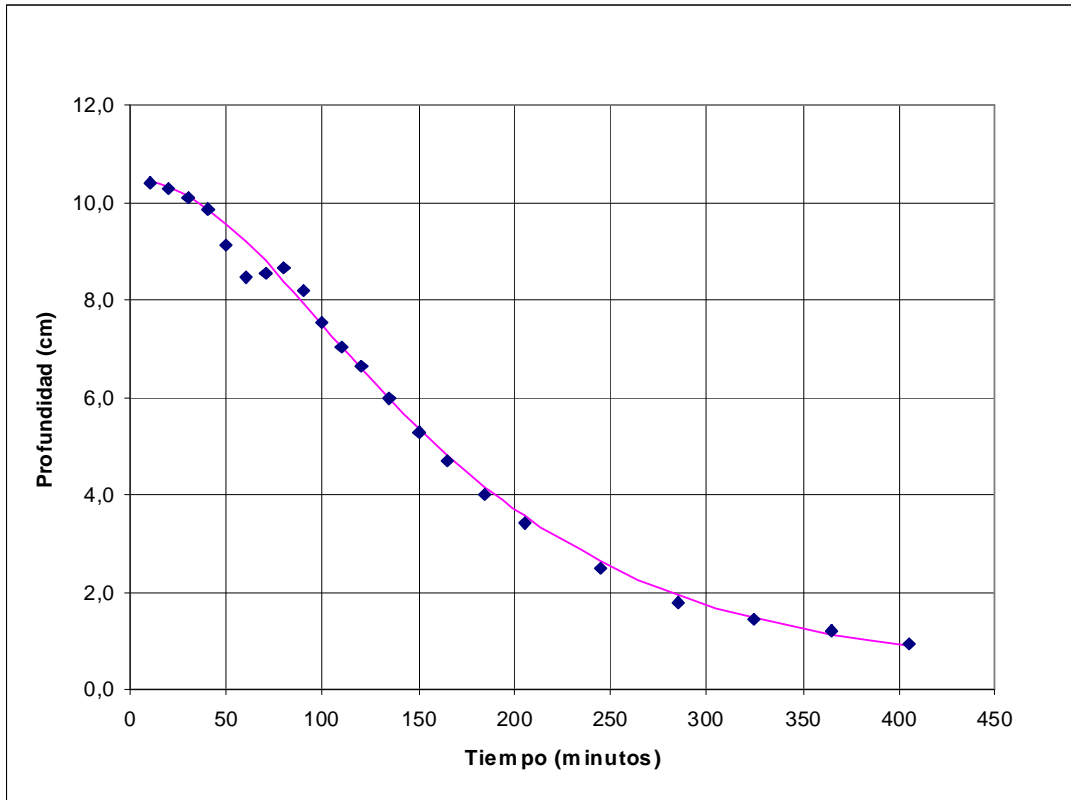
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	11,0	11,1	11,2	11,1
2	10	20	11,0	10,9	11,0	11,0
3	10	30	10,9	10,8	10,8	10,8
4	10	40	10,5	10,5	10,0	10,3
5	10	50	10,0	10,0	10,0	10,0
6	10	60	9,3	10,0	9,6	9,6
7	10	70	8,5	10,0	9,2	9,2
8	10	80	8,4	8,5	8,6	8,5
9	10	90	8,3	7,9	8,0	8,1
10	10	100	7,9	7,3	7,5	7,5
11	10	110	7,4	7,1	6,9	7,2
12	10	120	7,0	6,7	6,4	6,7
13	15	135	6,2	6,1	5,8	6,0
14	15	150	5,3	5,5	5,2	5,3
15	15	165	4,5	4,8	4,7	4,7
16	20	185	3,4	4,0	3,9	3,8
17	20	205	3,4	3,3	2,5	3,1
18	40	245	2,8	2,4	2,1	2,4
19	40	285	1,7	1,5	1,8	1,7
20	40	325	1,4	1,0	1,5	1,3
21	40	365	1,0	0,9	1,0	0,9
22	40	405	0,7	0,6	0,5	0,6
23	40	445	0,5	0,5	0,4	0,5



Instante de cambio de cóncavo a convexo: 93.9 minutos
 Profundidad en ese instante: 7.9 cm

Humedad	83%
Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	19,9°C
Cono de Abrahams	9cm
kg/m ³ cemento	286kg/m ³
Cemento	11,81kg
Arena Caliza	20,04kg
Arena Silicea	14,93kg
Gravilla	25,66kg
Grava	19,28kg
Agua	9,96litros
Agua/Cemento	0,84
y(0)	10,480
β	0,009
r	0,032

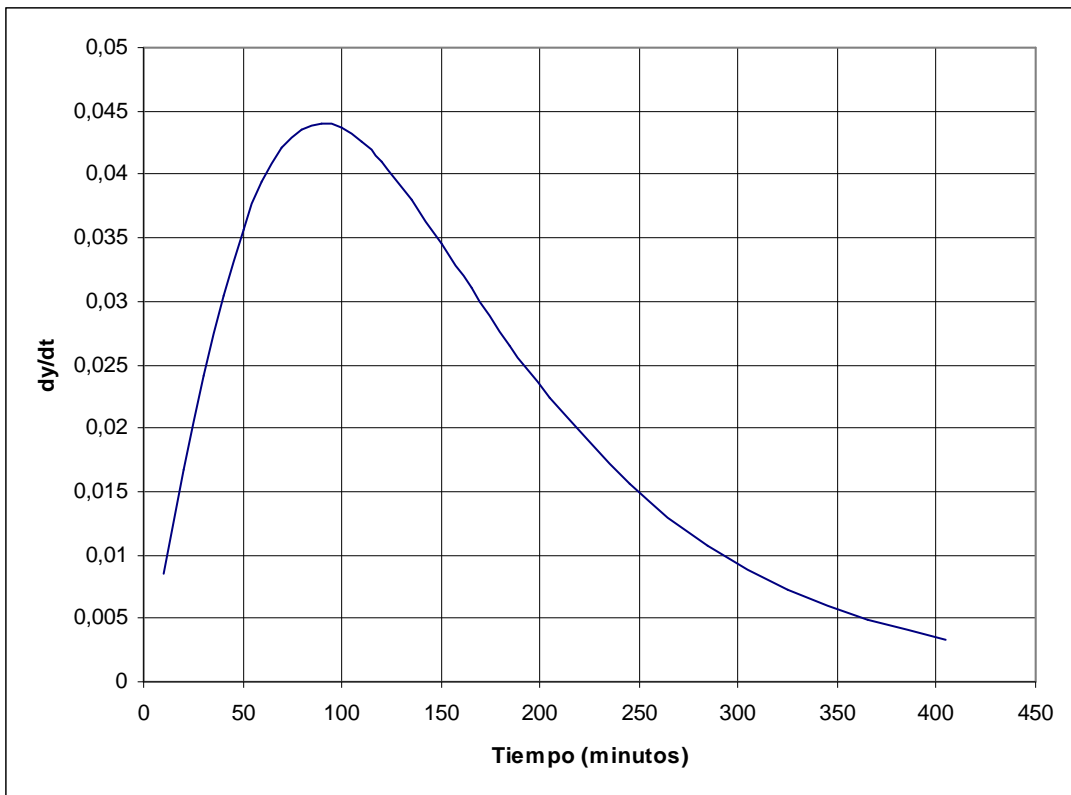
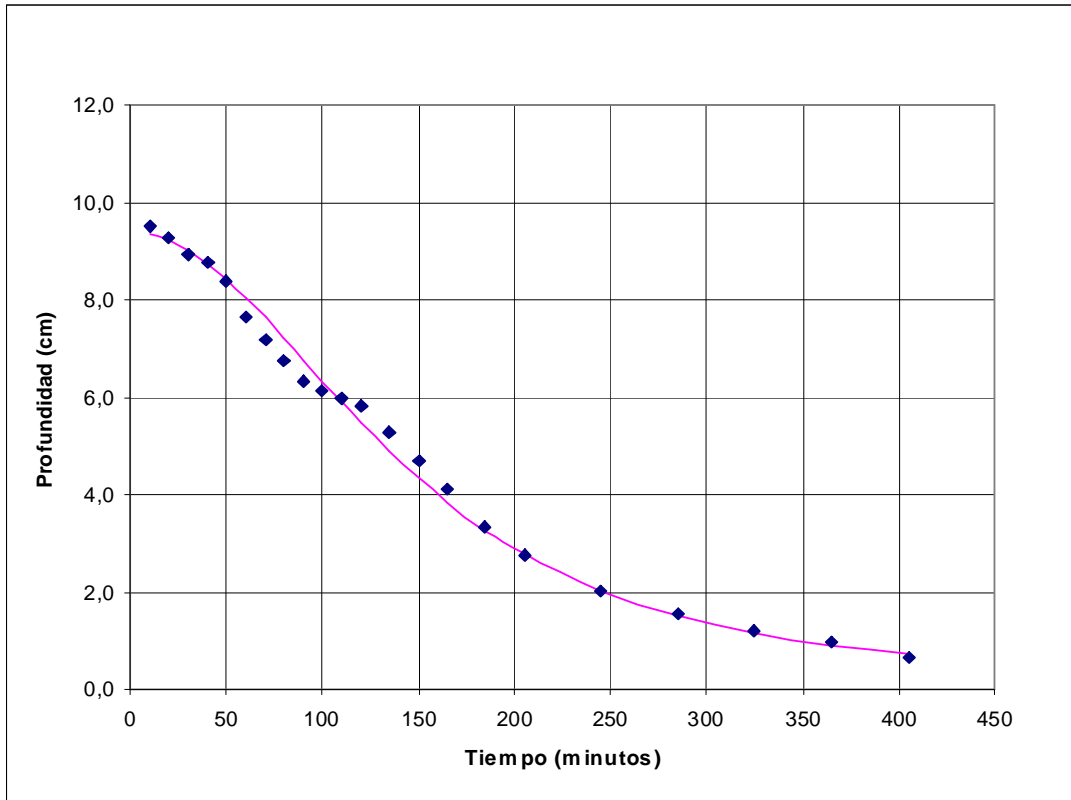
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	10,3	10,4	10,4	10,4
2	10	20	10,3	10,4	10,2	10,3
3	10	30	10,0	10,0	10,3	10,1
4	10	40	9,9	9,9	9,8	9,9
5	10	50	9,4	9,1	8,9	9,1
6	10	60	8,9	8,5	8,0	8,5
7	10	70	9,2	8,3	8,2	8,6
8	10	80	9,4	8,1	8,4	8,6
9	10	90	8,8	7,5	8,3	8,2
10	10	100	7,8	6,7	8,1	7,5
11	10	110	7,2	6,5	7,5	7,0
12	10	120	6,7	6,4	6,7	6,6
13	15	135	6,1	5,9	6,0	6,0
14	15	150	5,4	5,2	5,3	5,3
15	15	165	4,8	4,5	4,8	4,7
16	20	185	4,2	3,5	4,2	4,0
17	20	205	3,6	3,1	3,6	3,4
18	40	245	2,5	2,5	2,5	2,5
19	40	285	1,8	1,8	1,8	1,8
20	40	325	1,4	1,5	1,4	1,5
21	40	365	1,3	1,1	1,2	1,2
22	40	405	1,1	0,9	0,9	0,9



Instante de cambio de cóncavo a convexo: 99.6 minutos
 Profundidad en ese instante: 7.5 cm

Humedad	83%
Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	19,9°C
Cono de Abrahams	6,5cm
kg/m ³ cemento	286kg/m ³
Cemento	11,81kg
Arena Caliza	20,04kg
Arena Silicea	14,93kg
Gravilla	25,66kg
Grava	19,28kg
Agua	9,46litros
Agua/Cemento	0,80
y(0)	9,400
β	0,010
r	0,044

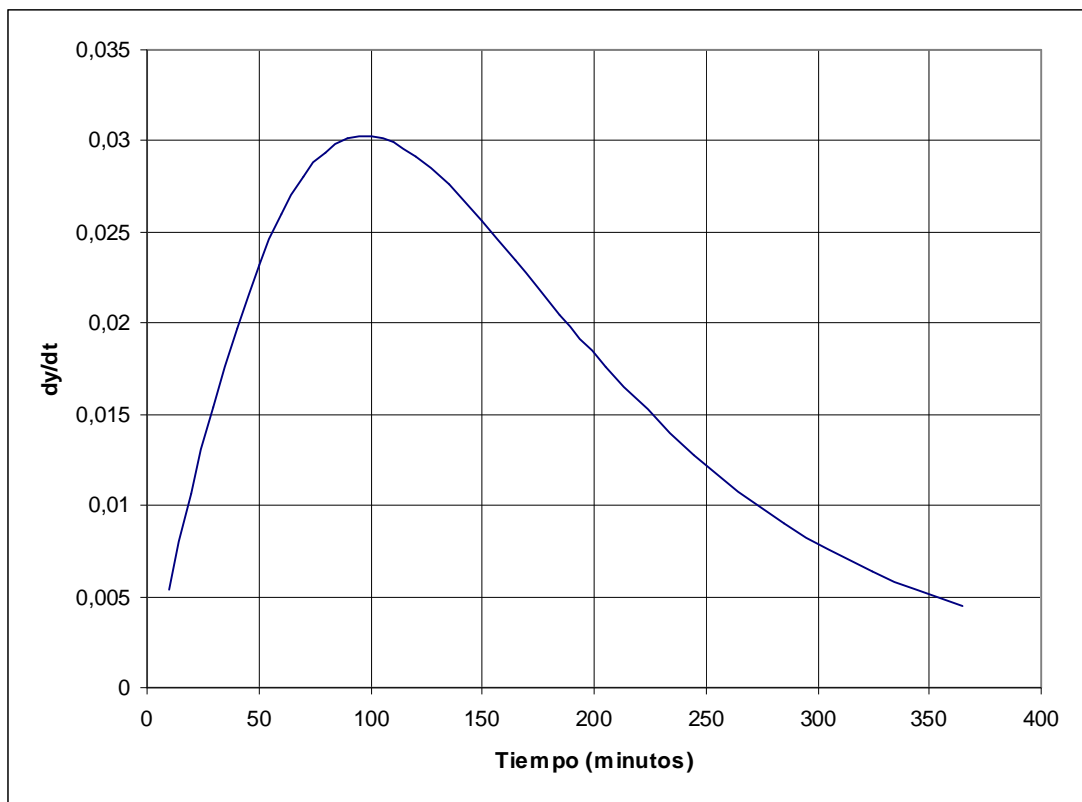
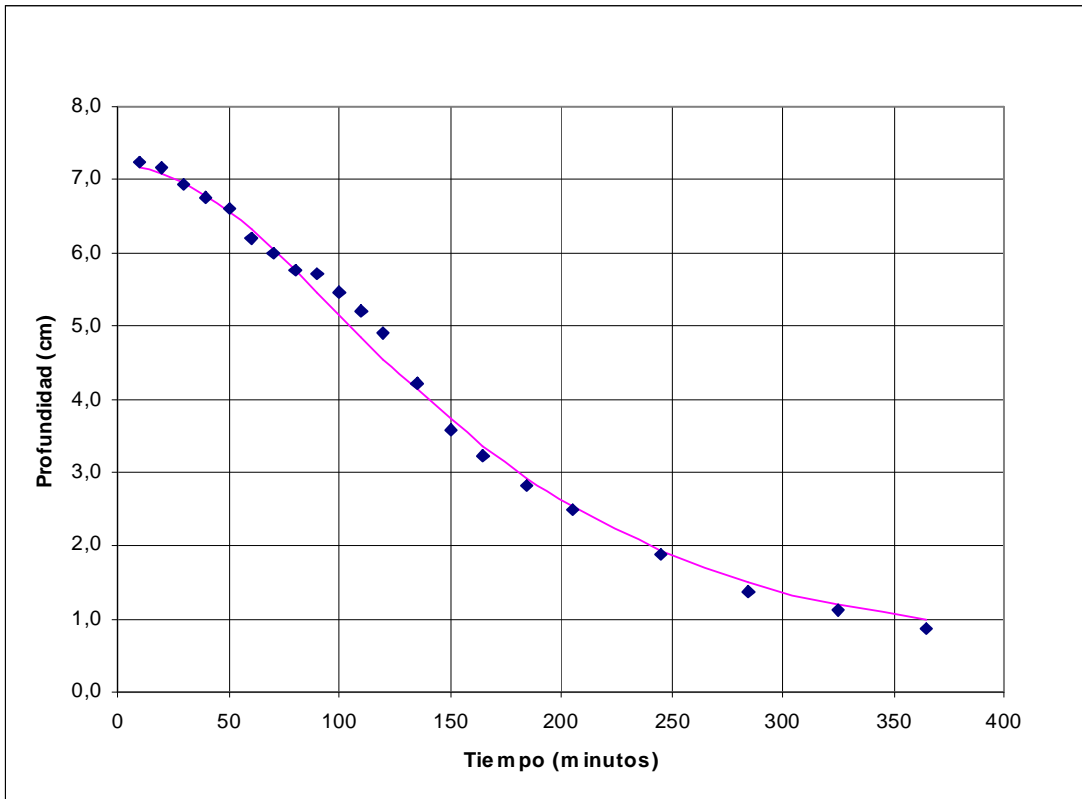
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	9,5	9,6	9,5	9,5
2	10	20	9,1	9,3	9,4	9,3
3	10	30	8,8	9,0	9,0	8,9
4	10	40	8,7	8,8	8,8	8,8
5	10	50	8,2	8,1	8,9	8,4
6	10	60	7,2	7,8	8,0	7,6
7	10	70	6,9	7,4	7,2	7,2
8	10	80	6,7	7,0	6,5	6,8
9	10	90	6,5	6,7	5,8	6,3
10	10	100	6,4	6,4	5,6	6,1
11	10	110	6,2	6,2	5,6	6,0
12	10	120	6,0	5,9	5,5	5,8
13	15	135	5,2	5,3	5,3	5,3
14	15	150	4,3	4,7	5,0	4,7
15	15	165	3,9	4,1	4,4	4,1
16	20	185	3,3	3,2	3,5	3,4
17	20	205	2,8	2,6	2,9	2,8
18	40	245	2,0	2,0	2,2	2,0
19	40	285	1,4	1,5	1,7	1,6
20	40	325	1,1	1,2	1,3	1,2
21	40	365	0,9	1,0	1,0	1,0
22	40	405	0,7	0,6	0,7	0,7



Instante de cambio de cóncavo a convexo: 96.7 minutos
 Profundidad en ese instante: 6.5 cm

Humedad	83%
Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	19,9°C
Cono de Abrahams	3,5cm
kg/m ³ cemento	286kg/m ³
Cemento	11,81kg
Arena Caliza	20,04kg
Arena Silicea	14,93kg
Gravilla	25,66kg
Grava	19,28kg
Agua	8,96litros
Agua/Cemento	0,76
y(0)	7,190
β	0,009
r	0,068

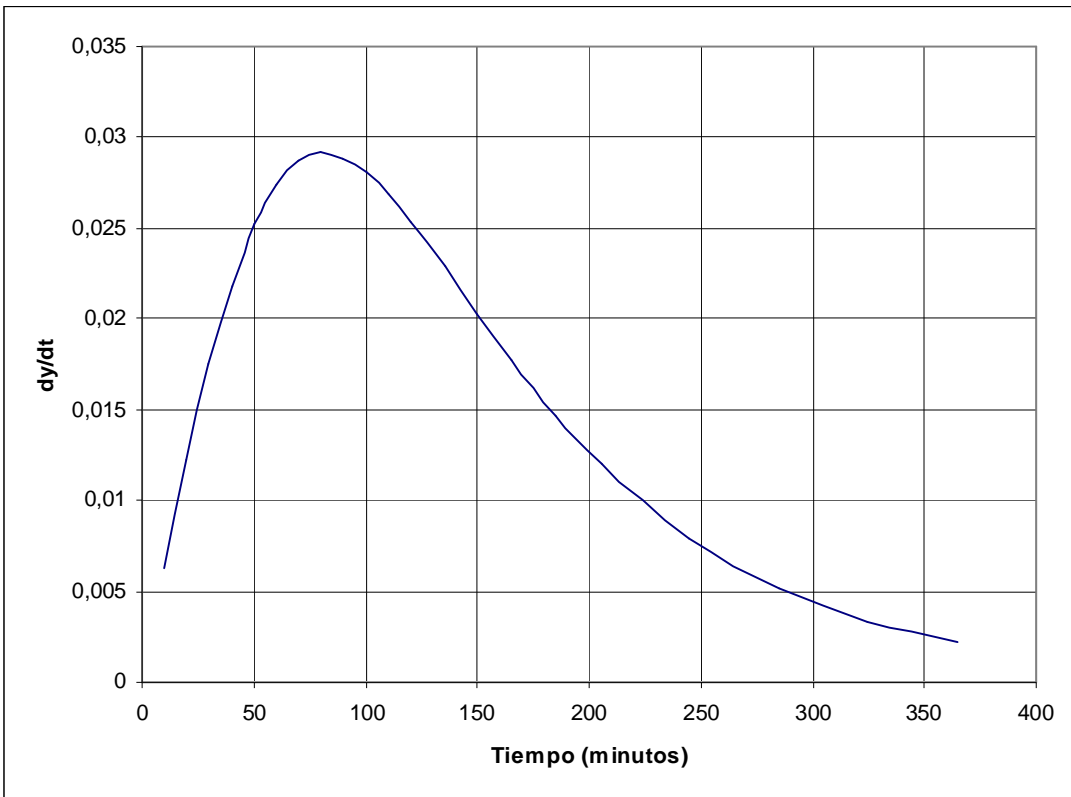
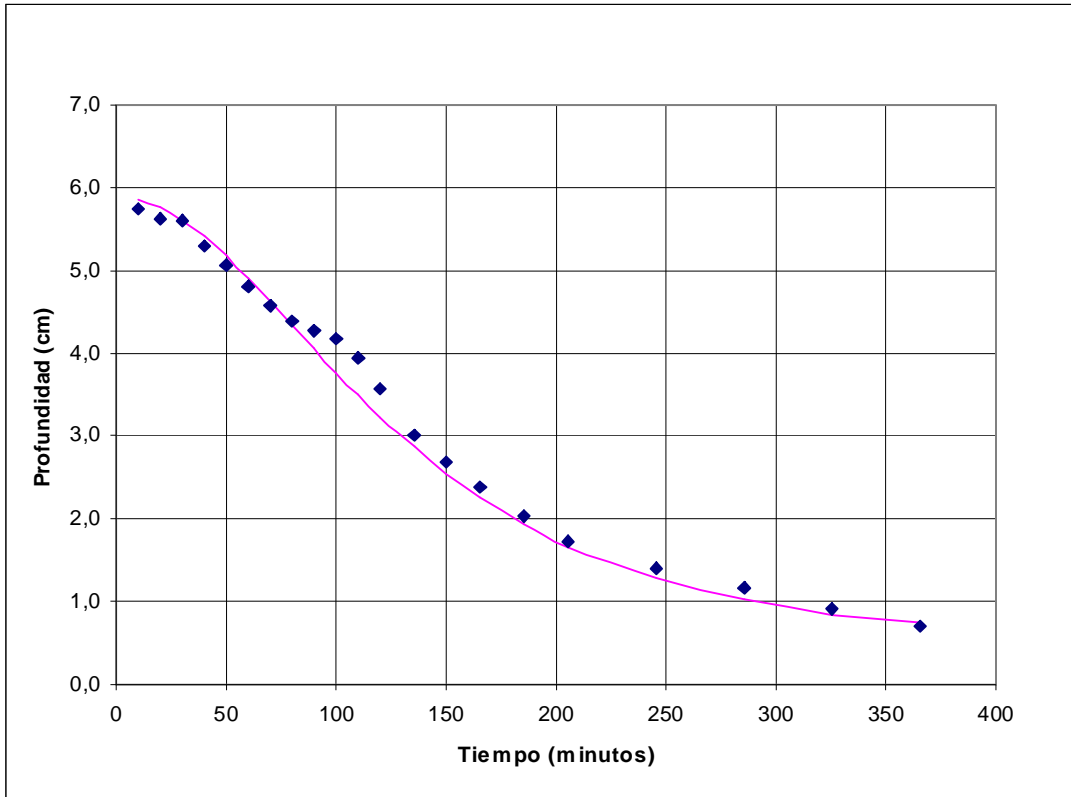
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	7,5	6,9	7,3	7,2
2	10	20	7,3	6,9	7,3	7,2
3	10	30	6,8	6,9	7,1	6,9
4	10	40	6,8	6,8	6,7	6,8
5	10	50	6,5	6,6	6,7	6,6
6	10	60	5,9	5,9	6,6	6,2
7	10	70	5,9	5,6	6,4	6,0
8	10	80	6,0	5,3	6,0	5,8
9	10	90	5,9	5,1	6,2	5,7
10	10	100	5,4	5,0	6,0	5,5
11	10	110	5,0	4,9	5,8	5,2
12	10	120	4,6	4,7	5,4	4,9
13	15	135	4,0	4,0	4,6	4,2
14	15	150	3,5	3,5	3,8	3,6
15	15	165	3,1	3,2	3,4	3,2
16	20	185	2,7	2,9	2,9	2,8
17	20	205	2,4	2,5	2,5	2,5
18	40	245	1,8	1,9	1,9	1,9
19	40	285	1,3	1,4	1,4	1,4
20	40	325	1,2	1,1	1,1	1,1
21	40	365	0,9	0,8	0,9	0,9



Instante de cambio de cóncavo a convexo: 97.6 minutos
 Profundidad en ese instante: 5.2 cm

Humedad	71%
Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	22°C
Cono de Abrahams	3cm
kg/m ³ cemento	314kg/m ³
Cemento	12,99kg
Arena Caliza	19,78kg
Arena Silicea	14,74kg
Gravilla	25,33kg
Grava	19,03kg
Agua	8,41litros
Agua/Cemento	0,65
y(0)	5,883
β	0,011
r	0,092

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	5,8	5,7	5,7	5,7
2	10	20	5,6	5,6	5,7	5,6
3	10	30	5,5	5,6	5,7	5,6
4	10	40	5,4	5,5	5,1	5,3
5	10	50	5,1	5,3	4,7	5,1
6	10	60	4,9	5,1	4,4	4,8
7	10	70	4,7	4,9	4,1	4,6
8	10	80	4,5	4,7	4,0	4,4
9	10	90	4,3	4,4	4,1	4,3
10	10	100	4,1	4,2	4,2	4,2
11	10	110	3,9	3,8	4,1	3,9
12	10	120	3,8	3,4	3,6	3,6
13	15	135	3,5	2,7	2,8	3,0
14	15	150	2,9	2,5	2,6	2,7
15	15	165	2,3	2,3	2,5	2,4
16	20	185	2,0	2,0	2,1	2,0
17	20	205	1,8	1,7	1,7	1,7
18	40	245	1,4	1,3	1,4	1,4
19	40	285	1,3	1,1	1,2	1,2
20	40	325	1,0	0,8	1,0	0,9
21	40	365	0,6	0,7	0,8	0,7



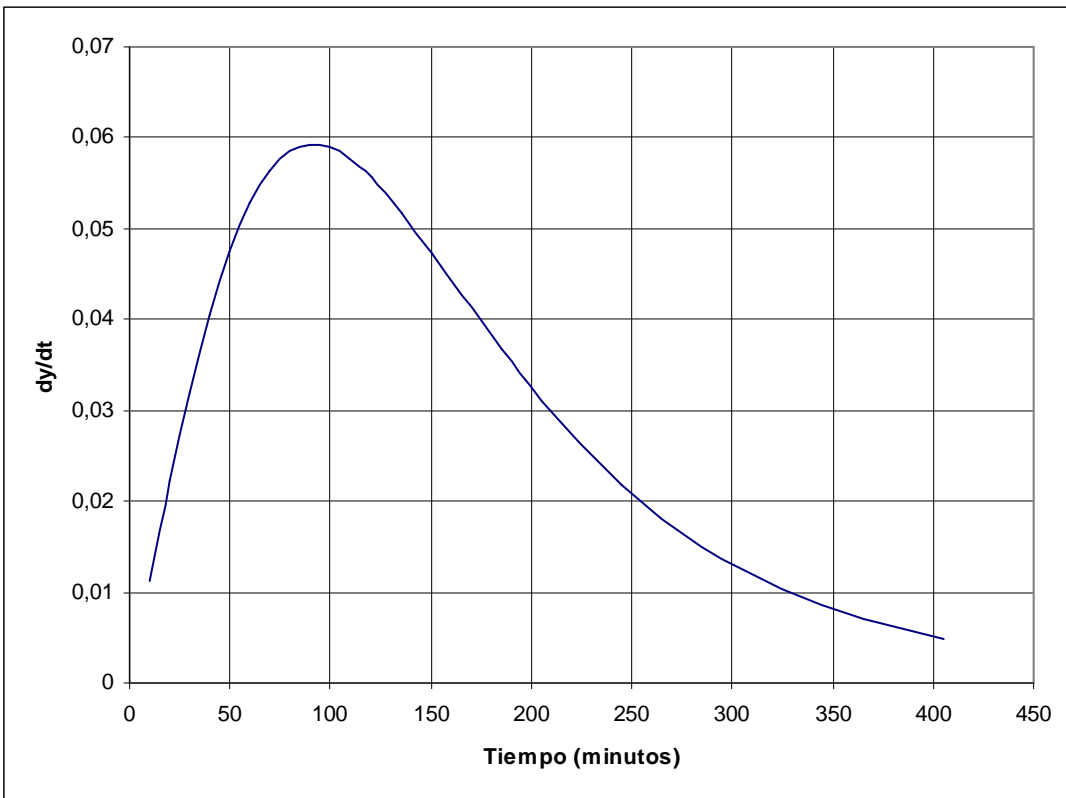
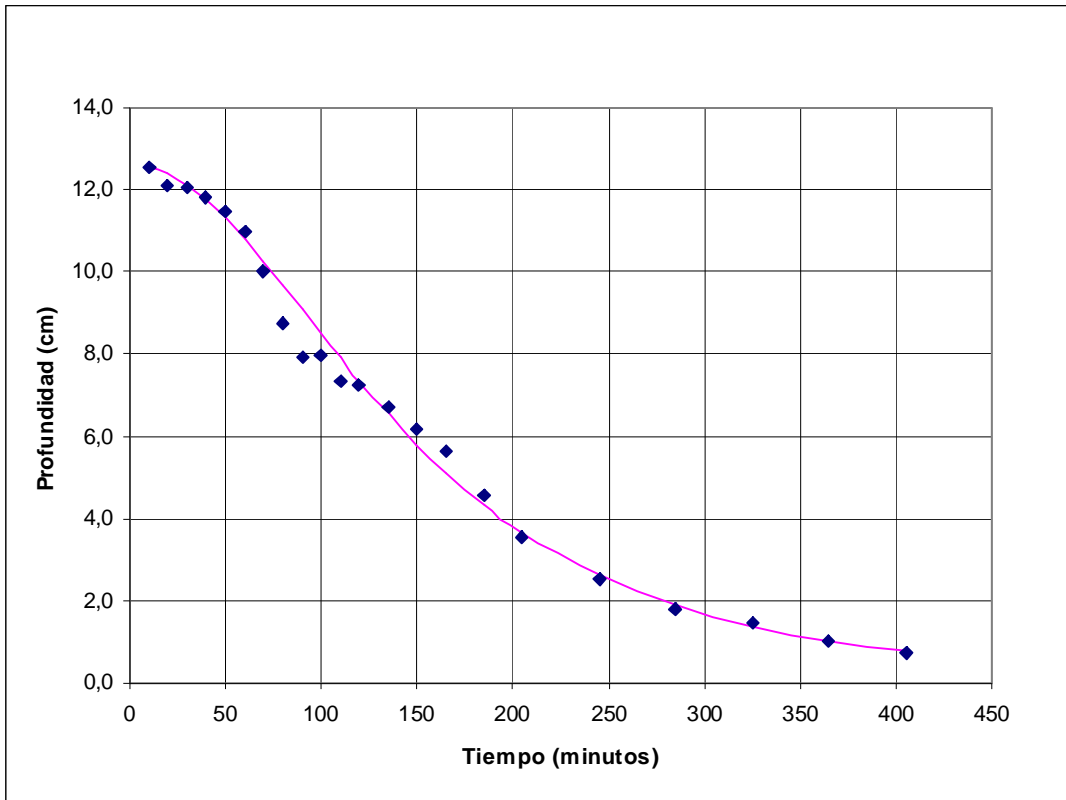
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 77.2 minutos

Profundidad en ese instante: 4.4 cm

Humedad	71%
---------	-----

Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	22°C
Cono de Abrahams	11cm
kg/m ³ cemento	314kg/m ³
Cemento	12,99kg
Arena Caliza	19,78kg
Arena Silicea	14,74kg
Gravilla	25,33kg
Grava	19,03kg
Agua	10,41litros
Agua/Cemento	0,80
y(0)	12,610
β	0,010
r	0,024

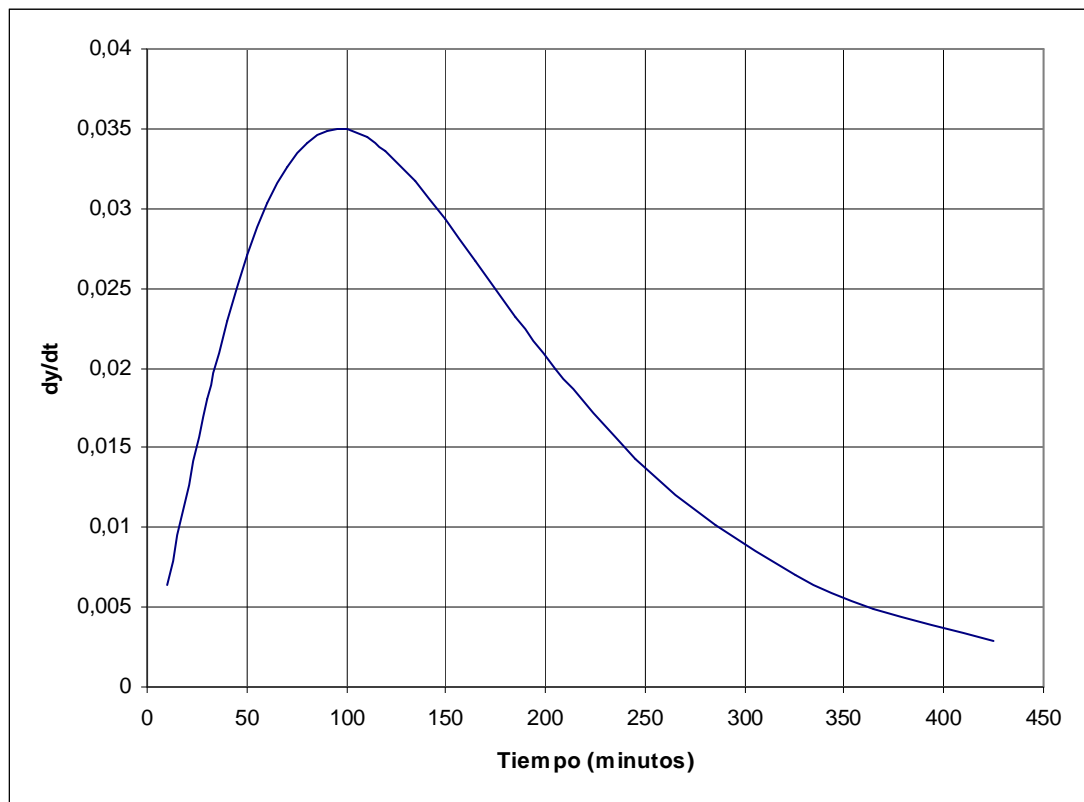
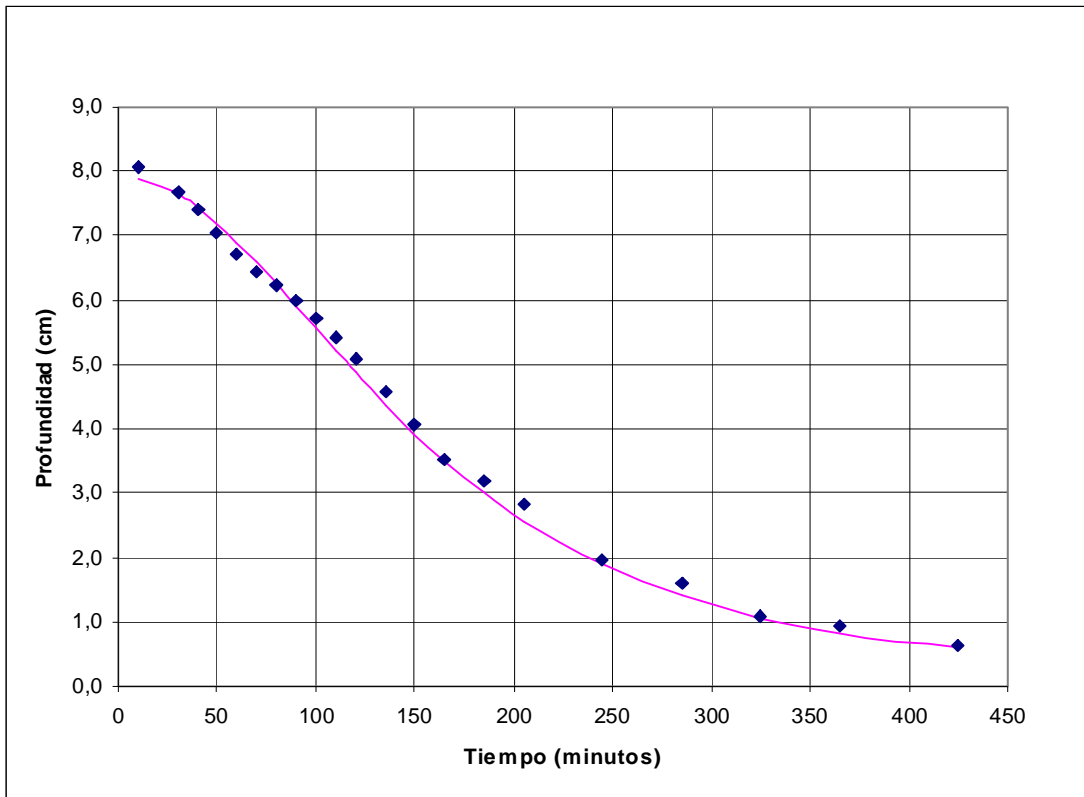
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	12,3	12,8	12,5	12,5
2	10	20	12,1	12,0	12,2	12,1
3	10	30	12,1	11,9	12,2	12,1
4	10	40	12,0	11,7	11,8	11,8
5	10	50	11,7	11,5	11,2	11,5
6	10	60	10,5	10,9	11,5	11,0
7	10	70	9,8	10,2	10,0	10,0
8	10	80	8,7	8,5	9,0	8,7
9	10	90	8,0	8,2	7,5	7,9
10	10	100	7,4	8,5	8,0	8,0
11	10	110	7,5	7,0	7,5	7,3
12	10	120	7,3	7,0	7,5	7,3
13	15	135	6,5	6,9	6,8	6,7
14	15	150	6,0	6,1	6,4	6,2
15	15	165	5,5	5,5	6,0	5,7
16	20	185	4,4	4,3	5,0	4,6
17	20	205	4,0	3,3	3,4	3,6
18	40	245	2,8	2,4	2,4	2,5
19	40	285	1,7	1,8	2,0	1,8
20	40	325	1,4	1,5	1,5	1,5
21	40	365	1,0	1,0	1,0	1,0
22	40	405	0,7	0,8	0,7	0,7



Instante de cambio de cóncavo a convexo: 88.4 minutos
 Profundidad en ese instante: 9.2 cm

Humedad	71%
Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	22°C
Cono de Abrahams	6cm
kg/m ³ cemento	314kg/m ³
Cemento	12,99kg
Arena Caliza	19,78kg
Arena Silicea	14,74kg
Gravilla	25,33kg
Grava	19,03kg
Agua	9,41litros
Agua/Cemento	0,72
y(0)	7,929
β	0,009
r	0,036

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	8,2	8,0	8,0	8,1
2	20	30	7,8	7,7	7,5	7,7
3	10	40	7,8	7,2	7,2	7,4
4	10	50	7,4	6,8	6,9	7,0
5	10	60	7,1	6,4	6,6	6,7
6	10	70	6,9	6,3	6,2	6,4
7	10	80	6,8	6,2	5,7	6,2
8	10	90	6,7	6,1	5,2	6,0
9	10	100	6,4	5,8	4,9	5,7
10	10	110	6,0	5,5	4,7	5,4
11	10	120	5,6	5,1	4,6	5,1
12	15	135	4,9	4,6	4,3	4,6
13	15	150	4,2	4,0	4,0	4,1
14	15	165	3,4	3,4	3,7	3,5
15	20	185	3,2	3,2	3,2	3,2
16	20	205	2,9	2,8	2,8	2,8
17	40	245	2,0	1,9	2,0	2,0
18	40	285	1,7	1,7	1,3	1,6
19	40	325	1,0	1,0	1,3	1,1
20	40	365	0,9	1,0	0,9	0,9
21	60	425	0,6	0,7	0,6	0,6



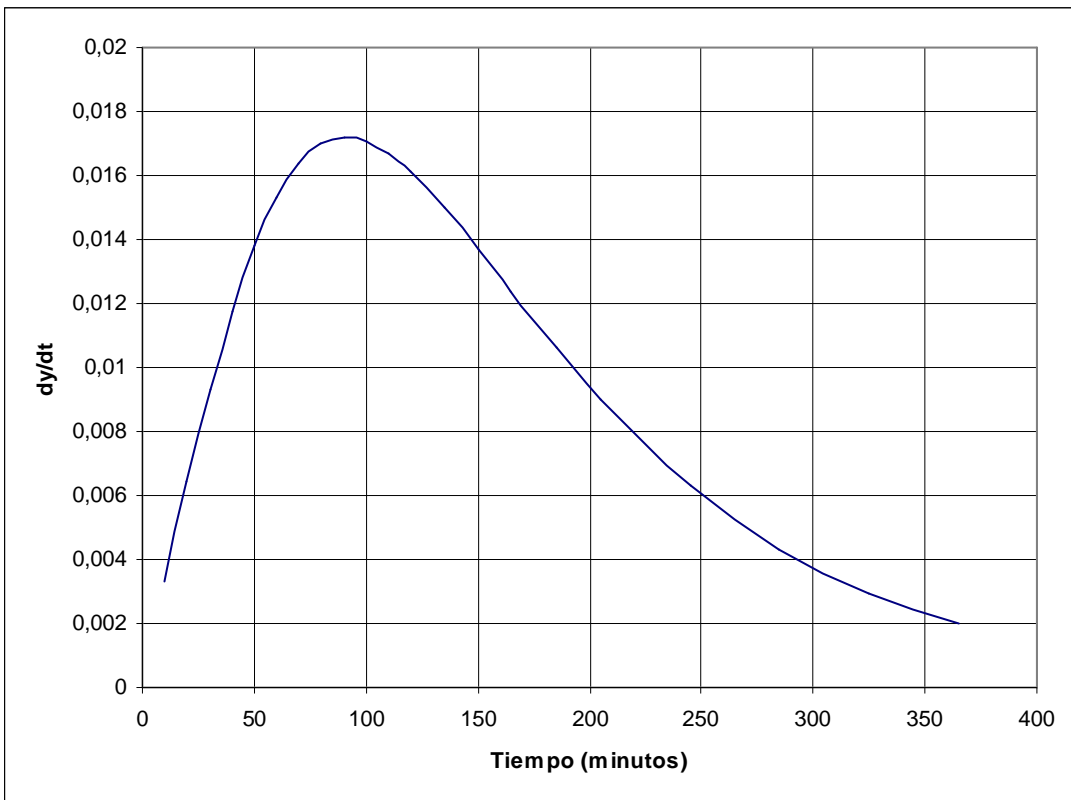
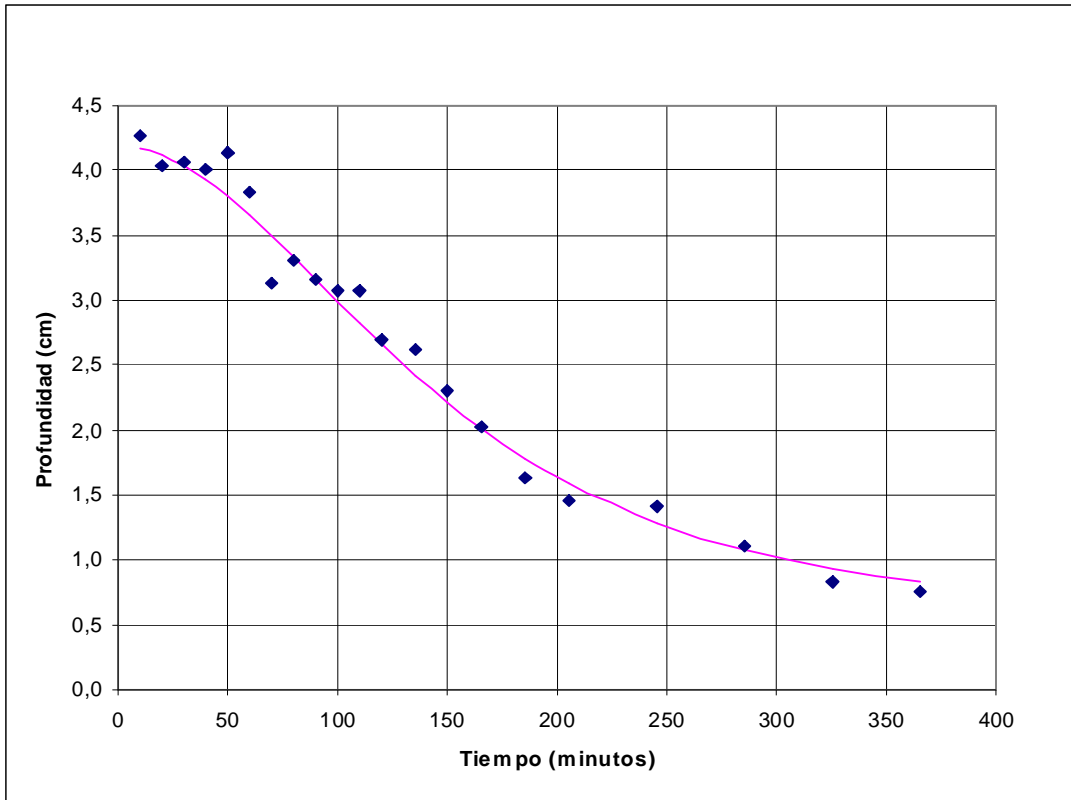
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 96.2 minutos

Profundidad en ese instante: 5.7 cm

Humedad	54%
---------	-----

Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	18,4°C
Cono de Abrahams	2cm
kg/m ³ cemento	346kg/m ³
Cemento	14,29kg
Arena Caliza	19,49kg
Arena Silicea	14,52kg
Gravilla	24,60kg
Grava	18,76kg
Agua	8,35litros
Agua/Cemento	0,58
y(0)	4,184
β	0,010
r	0,149

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	4,2	4,1	4,5	4,3
2	10	20	4,3	4,0	3,8	4,0
3	10	30	4,4	3,9	3,9	4,1
4	10	40	4,2	3,8	4,0	4,0
5	10	50	4,5	3,9	4,0	4,1
6	10	60	4,0	3,5	4,0	3,8
7	10	70	3,3	3,0	3,1	3,1
8	10	80	3,0	3,5	3,4	3,3
9	10	90	3,0	3,3	3,2	3,2
10	10	100	3,0	3,2	3,0	3,1
11	10	110	3,0	3,0	3,2	3,1
12	10	120	2,8	2,8	2,5	2,7
13	15	135	2,6	2,6	2,7	2,6
14	15	150	2,2	2,3	2,4	2,3
15	15	165	1,9	2,0	2,2	2,0
16	20	185	1,6	1,6	1,7	1,6
17	20	205	1,5	1,4	1,5	1,5
18	40	245	1,5	1,3	1,4	1,4
19	40	285	1,0	1,1	1,2	1,1
20	40	325	0,5	1,0	1,0	0,8
21	40	365	0,5	0,8	0,9	0,8



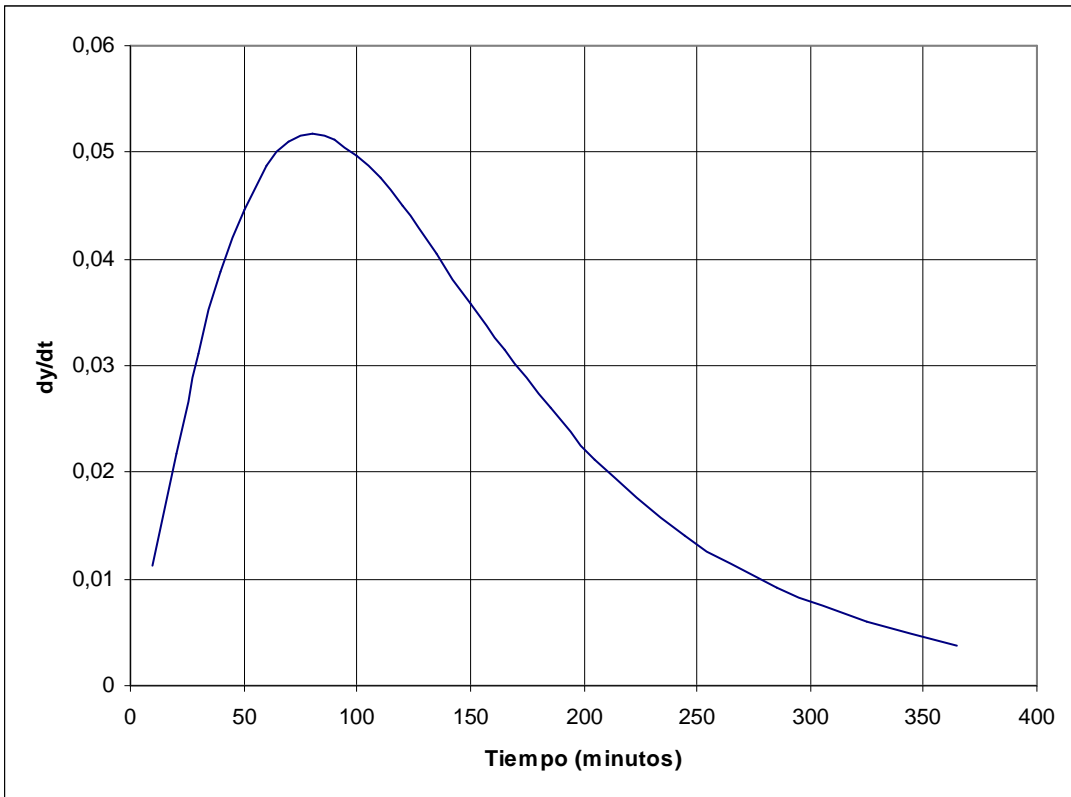
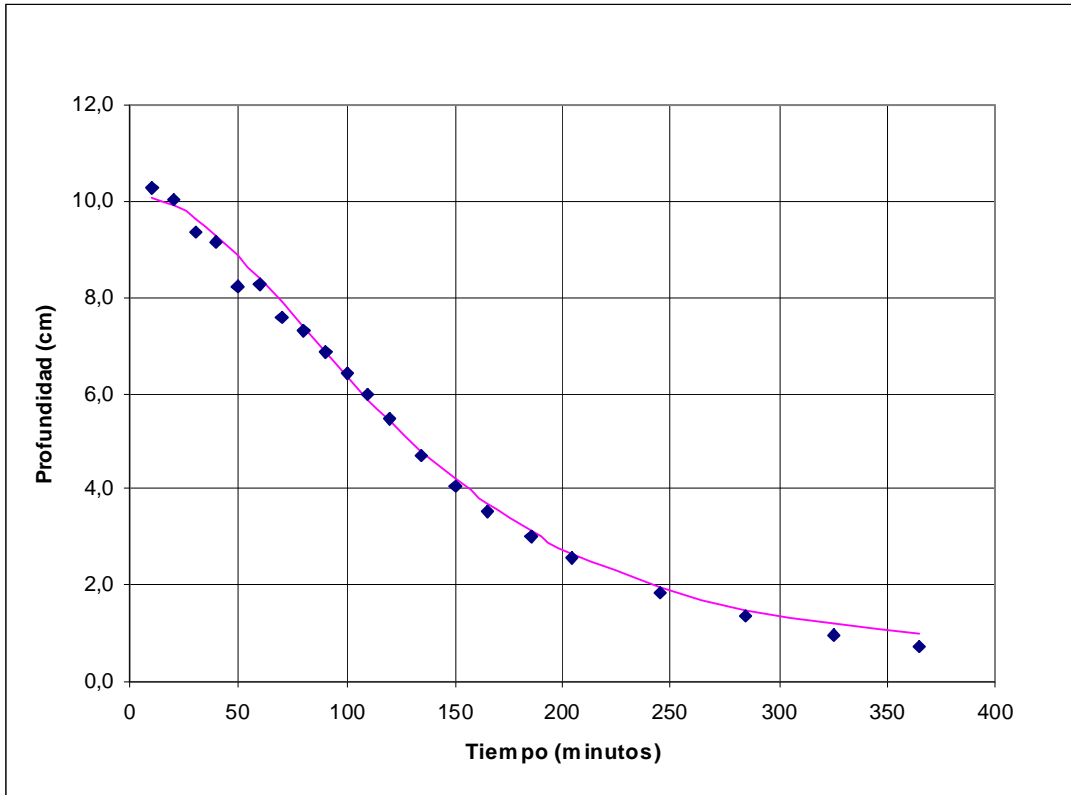
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 91.3 minutos

Profundidad en ese instante: 3.1 cm

Humedad	82%
---------	-----

Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	21,5°C
Cono de Abrahams	8,5cm
kg/m ³ cemento	346kg/m ³
Cemento	14,29kg
Arena Caliza	19,49kg
Arena Silicea	14,52kg
Gravilla	24,60kg
Grava	18,76kg
Agua	9,35litros
Agua/Cemento	0,65
y(0)	10,122
β	0,011
r	0,065

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	10,0	10,5	10,3	10,3
2	10	20	9,9	10,2	10,0	10,0
3	10	30	9,2	9,8	9,1	9,4
4	10	40	9,0	9,2	9,2	9,1
5	10	50	8,1	8,0	8,6	8,2
6	10	60	8,3	8,0	8,5	8,3
7	10	70	7,6	7,6	7,6	7,6
8	10	80	7,3	7,5	7,1	7,3
9	10	90	7,0	7,1	6,5	6,9
10	10	100	6,6	6,7	5,9	6,4
11	10	110	6,2	6,3	5,4	6,0
12	10	120	5,6	5,8	5,0	5,5
13	15	135	4,7	4,9	4,4	4,7
14	15	150	3,9	4,2	4,0	4,1
15	15	165	3,3	3,6	3,7	3,5
16	20	185	2,8	3,2	3,1	3,0
17	20	205	2,5	2,8	2,4	2,6
18	40	245	1,7	1,8	2,0	1,8
19	40	285	1,3	1,3	1,5	1,4
20	40	325	0,9	1,0	1,0	1,0
21	40	365	0,7	0,8	0,7	0,7



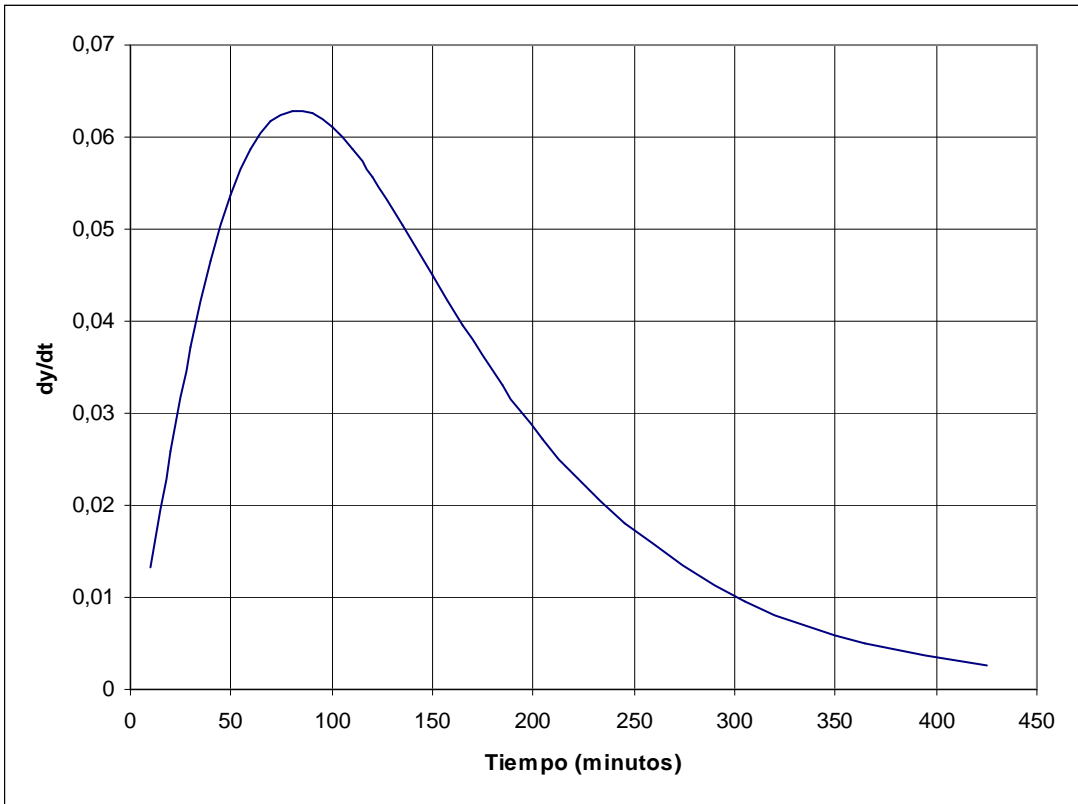
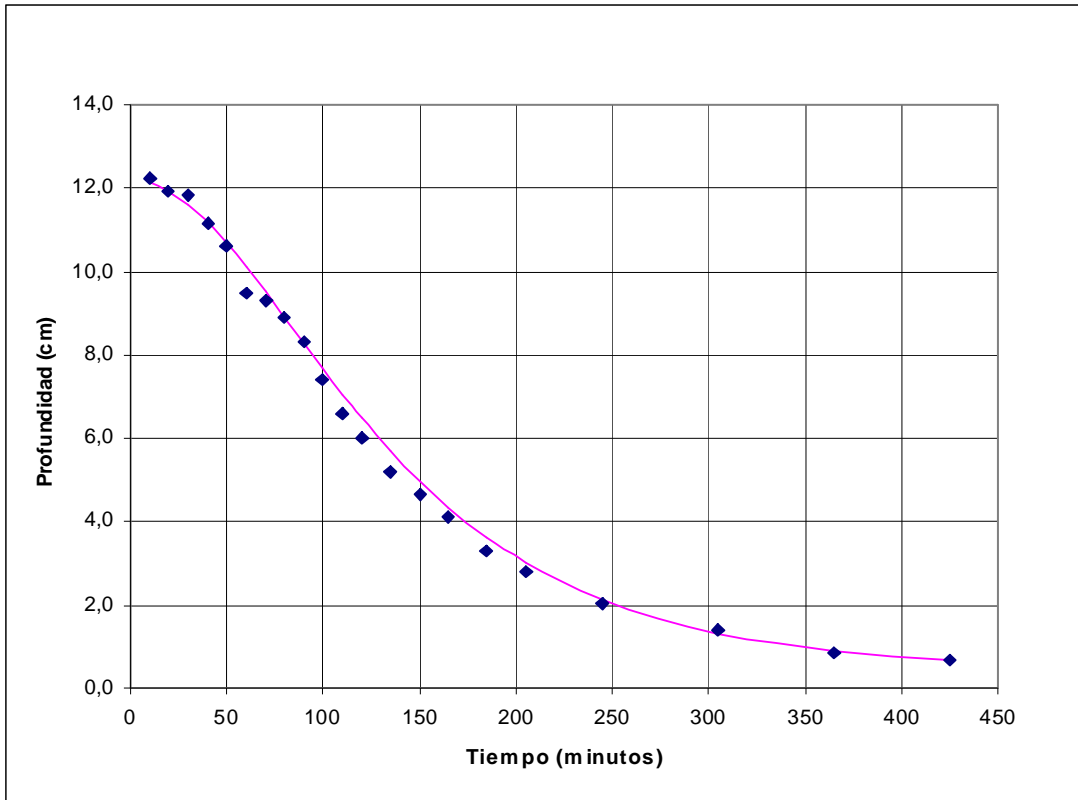
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 77.6 minutos

Profundidad en ese instante: 7.5 cm

Humedad	82%
---------	-----

Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	21,6°C
Cono de Abrahams	11cm
kg/m3 cemento	346,00kg/m3
Cemento	14,29kg
Arena Caliza	19,49kg
Arena Silicea	14,52kg
Gravilla	24,60kg
Grava	18,76kg
Agua	10,35litros
Agua/Cemento	0,72
y(0)	12,203
β	0,011
r	0,034

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	12,8	11,8	12,1	12,2
2	10	20	12,0	11,8	12,0	11,9
3	10	30	11,5	12,0	12,0	11,8
4	10	40	11,5	11,0	11,0	11,2
5	10	50	10,8	10,7	10,3	10,6
6	10	60	9,5	9,3	9,7	9,5
7	10	70	9,3	9,4	9,2	9,3
8	10	80	9,0	8,7	9,0	8,9
9	10	90	7,4	8,6	9,0	8,3
10	10	100	7,4	7,3	7,6	7,4
11	10	110	6,8	6,5	6,5	6,6
12	10	120	6,0	6,1	5,9	6,0
13	15	135	4,9	5,5	5,2	5,2
14	15	150	4,5	4,6	5,0	4,7
15	15	165	4,0	3,7	4,6	4,1
16	20	185	3,1	3,3	3,6	3,3
17	20	205	2,6	2,8	2,9	2,8
18	40	245	2,0	2,1	2,0	2,0
19	60	305	1,4	1,5	1,3	1,4
20	60	365	0,9	0,9	0,8	0,9
21	60	425	0,6	0,7	0,7	0,7



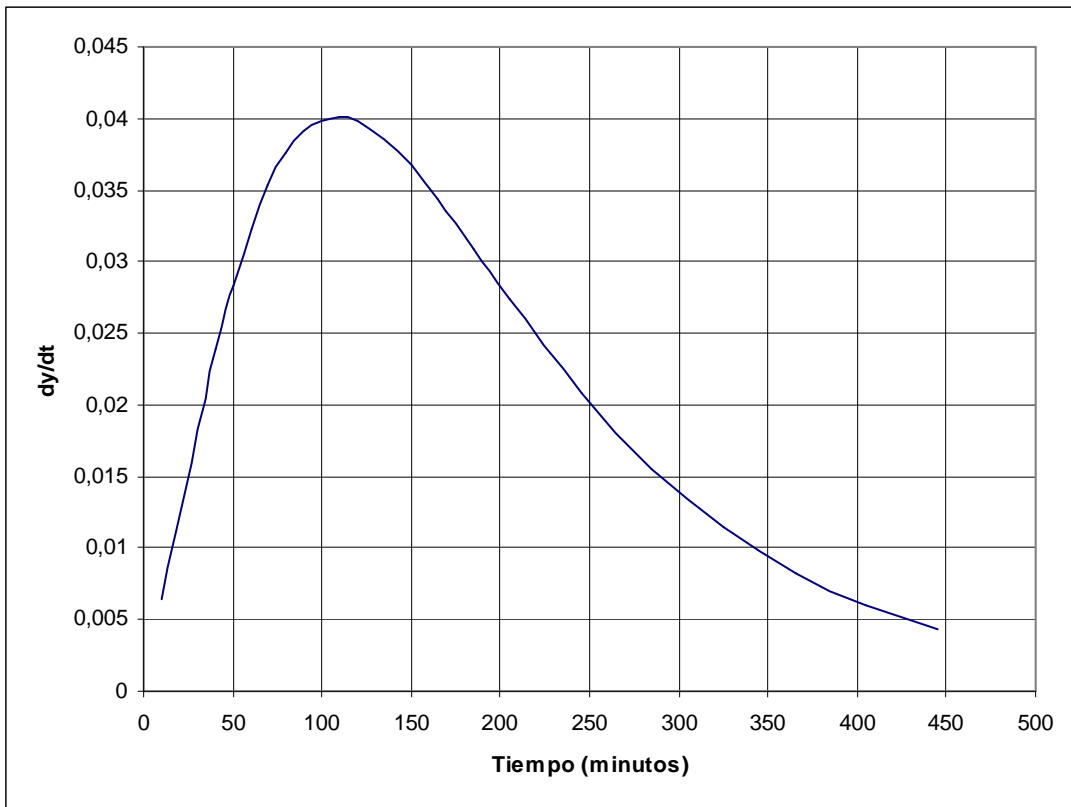
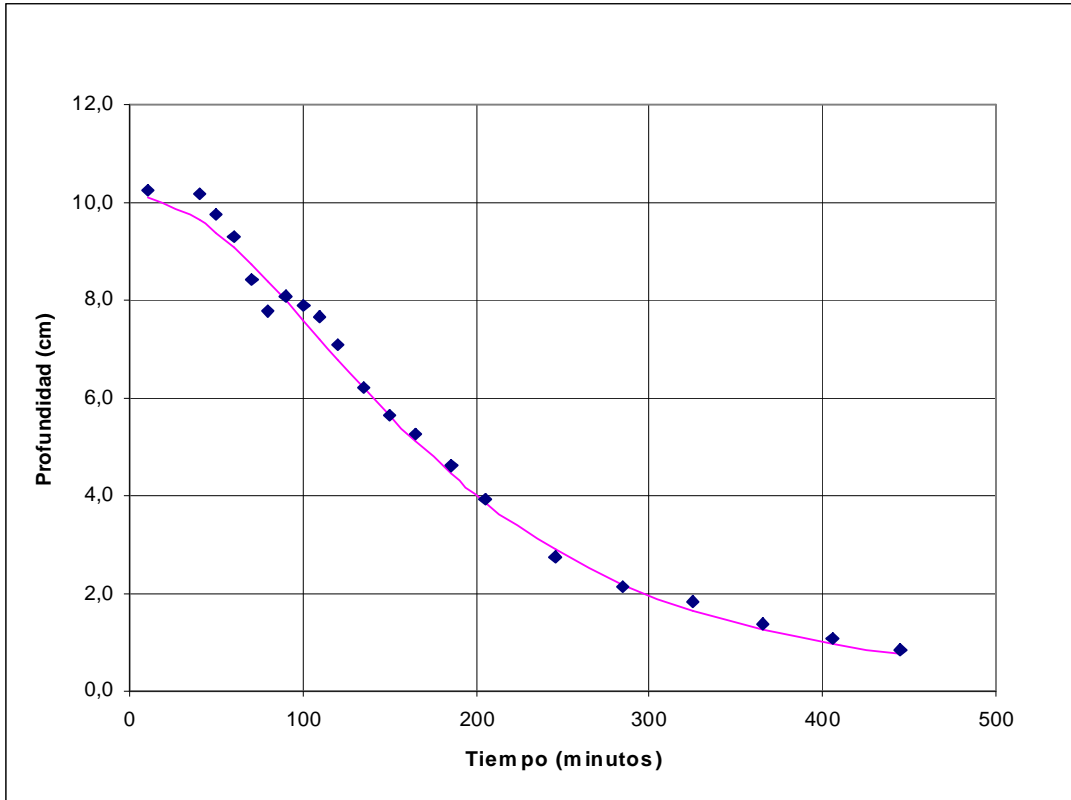
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 82.5 minutos

Profundidad en ese instante: 8.8 cm

Humedad	56%
---------	-----

Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	19,3°C
Cono de Abrahams	8,5cm
kg/m ³ cemento	381,00kg/m ³
Cemento	15,72kg
Arena Caliza	19,18kg
Arena Silicea	14,29kg
Gravilla	24,56kg
Grava	18,45kg
Agua	10,28litros
Agua/Cemento	0,65
y(0)	10,136
β	0,008
r	0,022

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	10,0	10,5	10,2	10,2
2	30	40	10,0	10,5	10,0	10,2
3	10	50	9,8	9,8	9,7	9,7
4	10	60	9,5	9,7	8,7	9,3
5	10	70	8,9	8,7	7,7	8,4
6	10	80	7,9	8,0	7,4	7,8
7	10	90	8,2	8,1	8,0	8,1
8	10	100	8,4	8,2	7,0	7,9
9	10	110	8,2	7,9	6,9	7,6
10	10	120	7,6	7,1	6,6	7,1
11	15	135	6,6	5,9	6,1	6,2
12	15	150	5,9	5,5	5,6	5,7
13	15	165	5,3	5,4	5,0	5,2
14	20	185	4,6	4,8	4,4	4,6
15	20	205	3,9	3,9	3,9	3,9
16	40	245	2,7	2,5	2,9	2,7
17	40	285	1,8	2,5	2,0	2,1
18	40	325	1,7	2,1	1,7	1,8
19	40	365	1,4	1,4	1,4	1,4
20	40	405	1,0	1,1	1,0	1,1
21	40	445	0,8	0,9	0,8	0,8

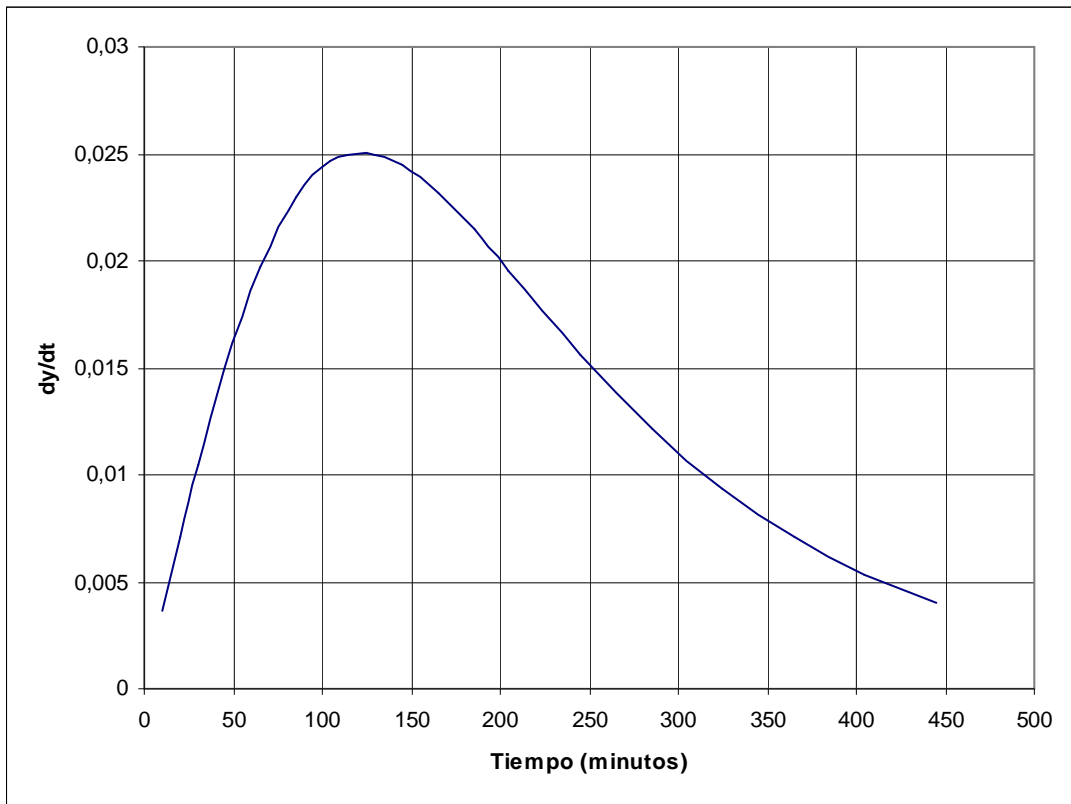
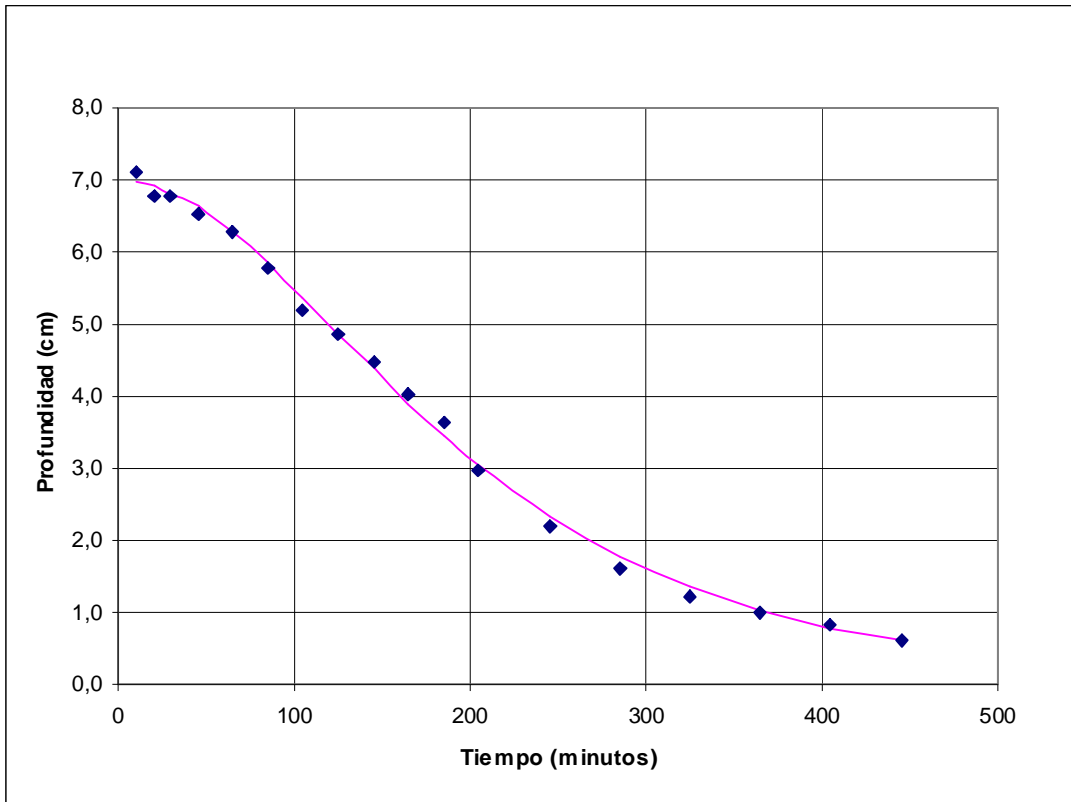


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 108.9 minutos
 Profundidad en ese instante: 7.2 cm

Humedad	77%
---------	-----

Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	16,1°C
Cono de Abrahams	3,5cm
kg/m ³ cemento	381,00kg/m ³
Cemento	15,72kg
Arena Caliza	19,18kg
Arena Silicea	14,29kg
Gravilla	24,56kg
Grava	18,45kg
Agua	9,78litros
Agua/Cemento	0,62
y(0)	6,979
β	0,007
r	0,006

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	7,1	7,2	7,0	7,1
2	10	20	7,0	6,5	6,8	6,8
3	15	30	6,8	6,8	6,7	6,8
4	20	45	6,5	6,7	6,4	6,5
5	20	65	6,3	6,4	6,1	6,3
6	20	85	5,8	6,0	5,5	5,8
7	20	105	5,0	5,3	5,3	5,2
8	20	125	5,0	4,8	4,8	4,9
9	20	145	4,2	4,3	4,9	4,5
10	20	165	4,0	4,1	4,0	4,0
11	20	185	3,4	3,9	3,6	3,6
12	20	205	2,7	3,0	3,2	3,0
13	40	245	2,3	2,0	2,3	2,2
14	40	285	1,8	1,5	1,5	1,6
15	40	325	1,2	1,3	1,2	1,2
16	40	365	0,9	1,1	1,0	1,0
17	40	405	0,7	0,9	0,9	0,8
18	40	445	0,5	0,8	0,5	0,6



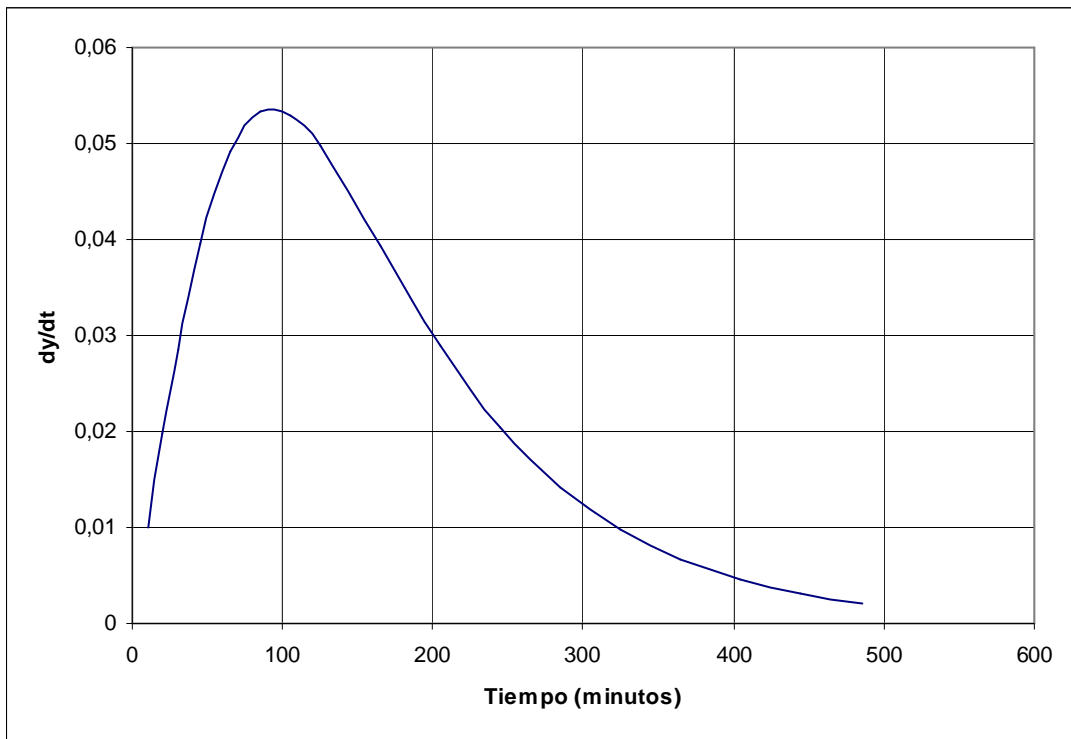
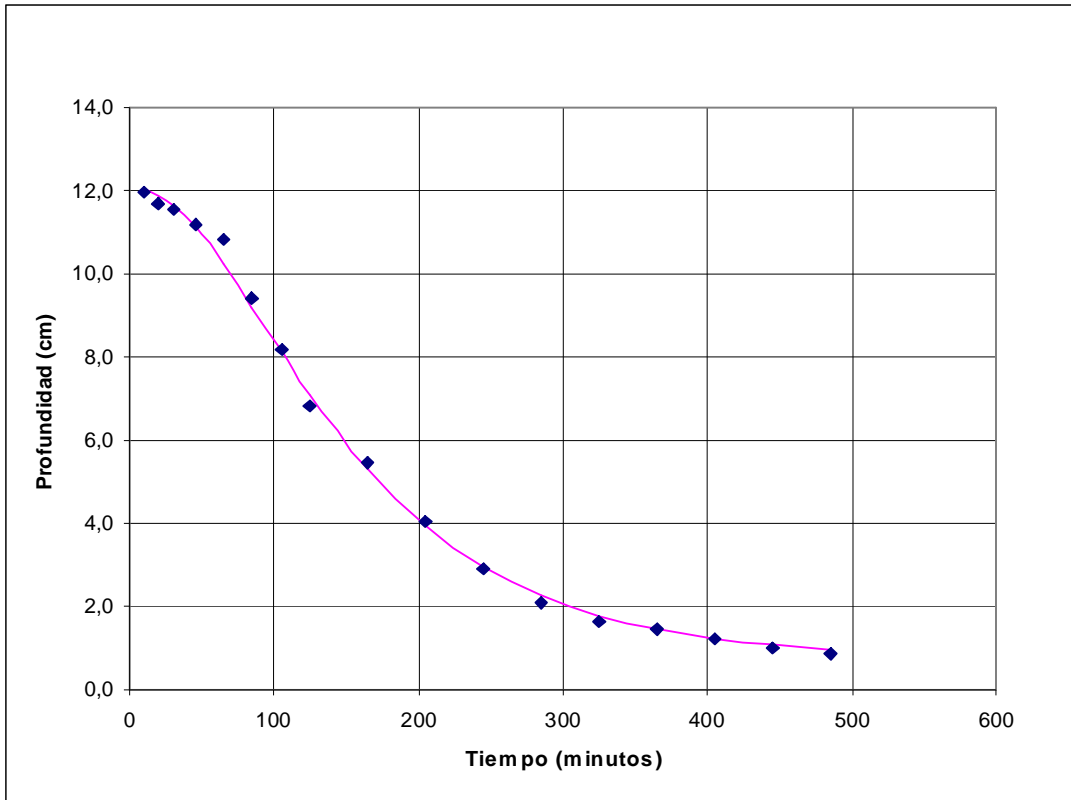
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 122 minutos

Profundidad en ese instante: 4.9 cm

Humedad	79%
---------	-----

Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	16,4°C
Cono de Abrahams	10cm
kg/m ³ cemento	381,00kg/m ³
Cemento	15,72kg
Arena Caliza	19,18kg
Arena Silicea	14,29kg
Gravilla	24,56kg
Grava	18,45kg
Agua	11,38litros
Agua/Cemento	0,72
y(0)	12,078
β	0,009
r	0,062

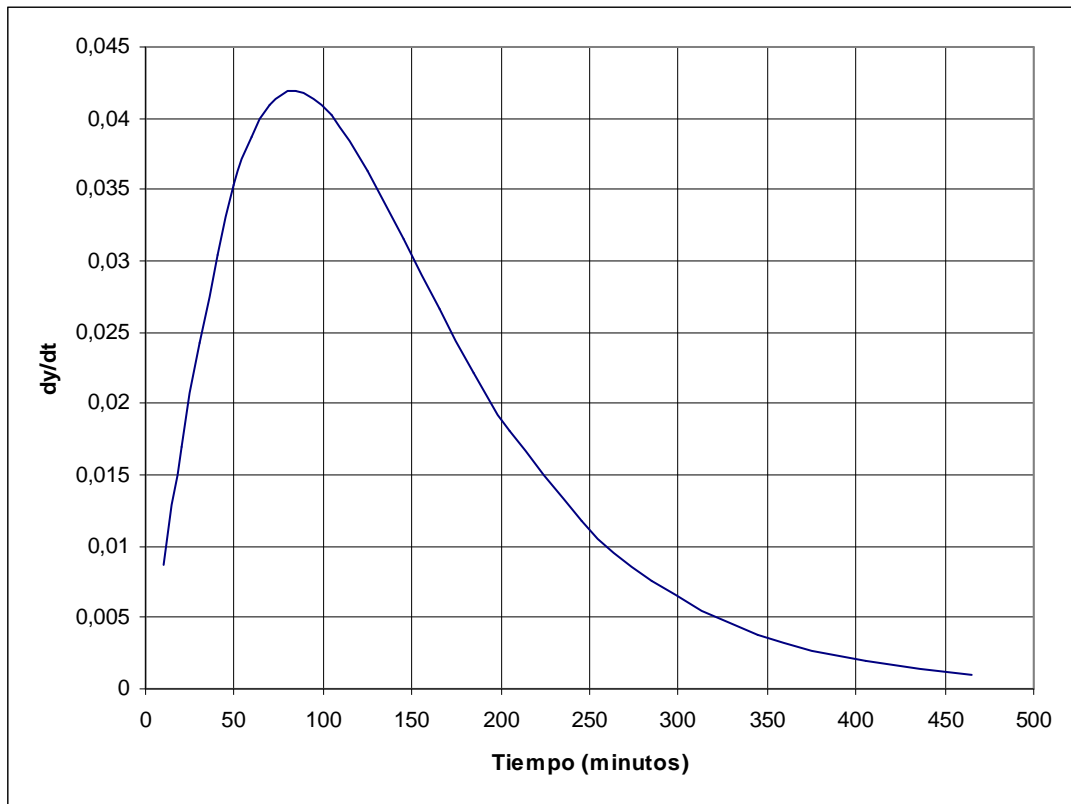
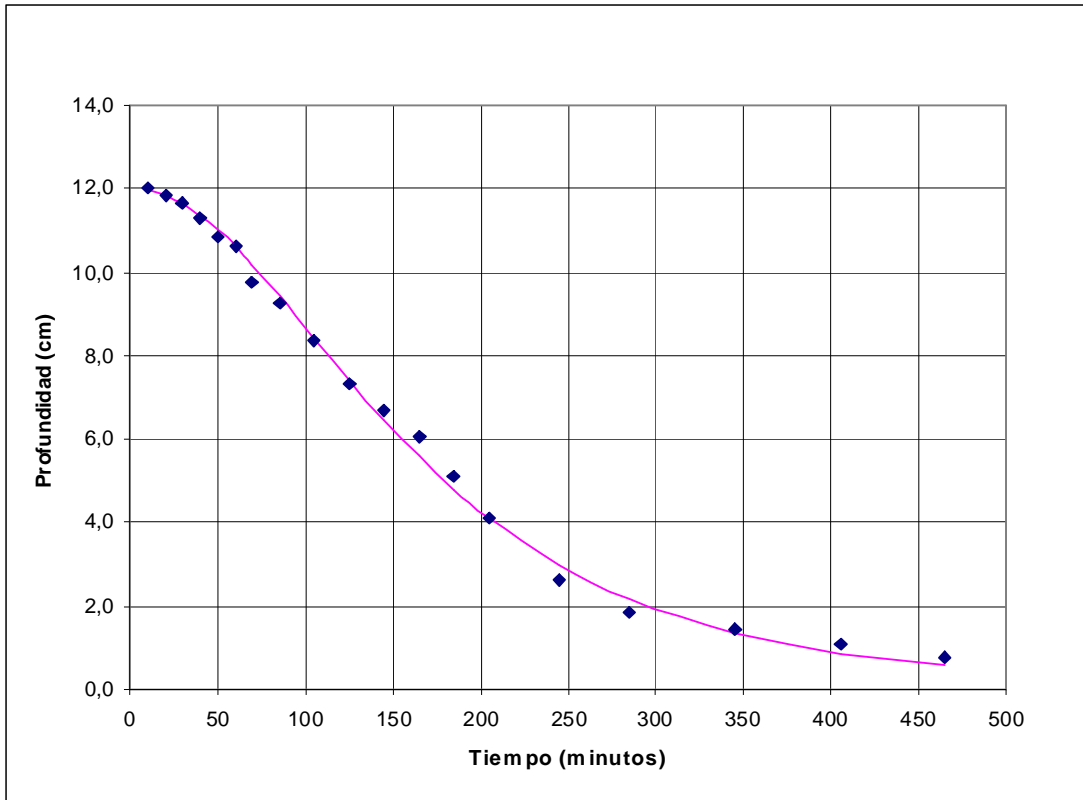
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	11,8	12,0	12,0	11,9
2	10	20	11,8	11,7	11,6	11,7
3	15	30	11,5	11,5	11,6	11,5
4	20	45	11,2	11,0	11,3	11,2
5	20	65	10,5	10,9	11,0	10,8
6	20	85	10,0	8,8	9,4	9,4
7	20	105	8,0	8,2	8,4	8,2
8	40	125	6,7	6,6	7,1	6,8
9	40	165	5,3	5,4	5,6	5,4
10	40	205	4,1	4,0	4,1	4,1
11	40	245	2,8	3,1	2,9	2,9
12	40	285	1,9	2,3	2,1	2,1
13	40	325	1,6	1,7	1,6	1,6
14	40	365	1,7	1,4	1,3	1,5
15	40	405	1,4	1,2	1,1	1,2
16	40	445	1,1	1,0	0,9	1,0
17	40	485	0,9	0,8	0,9	0,9



Instante de cambio de cóncavo a convexo: 93.1 minutos
 Profundidad en ese instante: 8.8 cm

Humedad	78%
Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	16,5°C
Cono de Abrahams	9,5cm
kg/m ³ cemento	419,00kg/m ³
Cemento	17,30kg
Arena Caliza	18,83kg
Arena Silicea	14,03kg
Gravilla	24,11kg
Grava	18,12kg
Agua	11,38litros
Agua/Cemento	0,66
y(0)	12,019
β	0,009
r	0,011

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	12,0	12,0	12,0	12,0
2	10	20	11,8	11,8	11,9	11,8
3	10	30	11,5	11,6	11,8	11,6
4	10	40	11,3	11,3	11,3	11,3
5	10	50	11,0	11,0	10,5	10,8
6	10	60	10,3	10,5	11,0	10,6
7	15	70	9,8	10,0	9,5	9,8
8	20	85	9,3	9,5	9,0	9,3
9	20	105	8,0	8,8	8,3	8,4
10	20	125	6,7	7,9	7,4	7,3
11	20	145	6,3	7,0	6,8	6,7
12	20	165	5,9	6,0	6,2	6,0
13	20	185	5,1	5,0	5,2	5,1
14	20	205	4,2	4,0	4,2	4,1
15	40	245	2,6	2,5	2,7	2,6
16	40	285	1,8	1,8	1,9	1,8
17	60	345	1,3	1,5	1,5	1,4
18	60	405	1,1	1,0	1,2	1,1
19	60	465	0,8	0,8	0,7	0,8

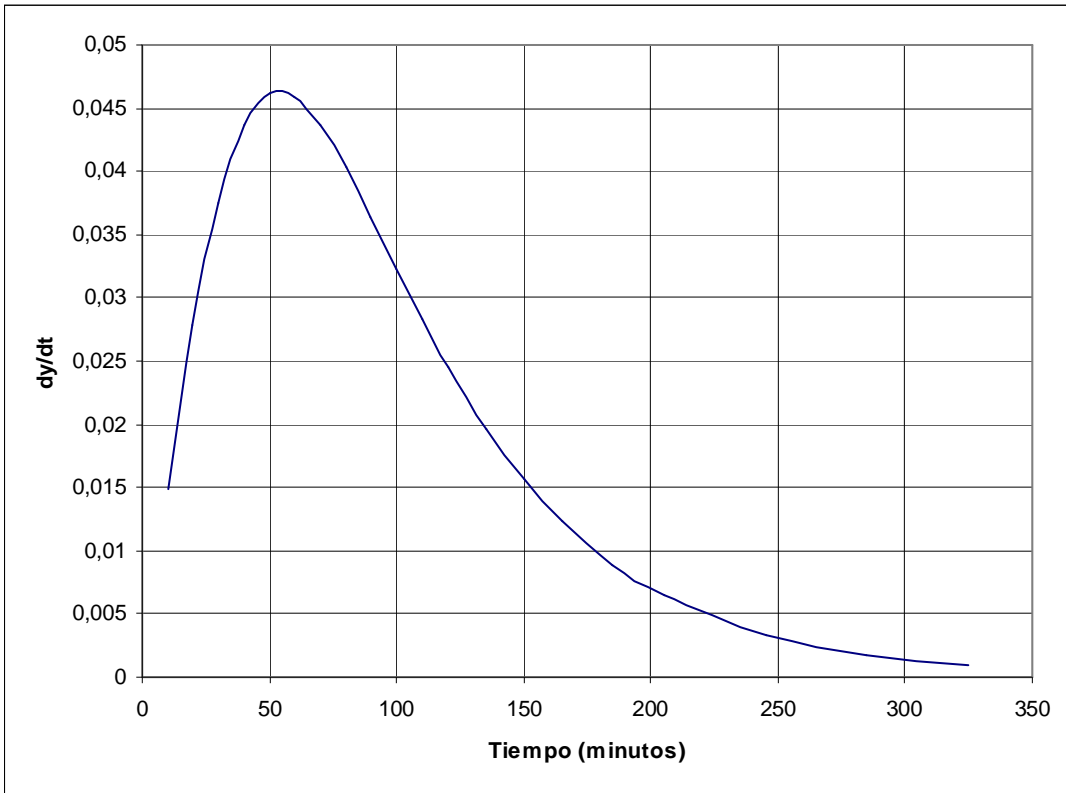
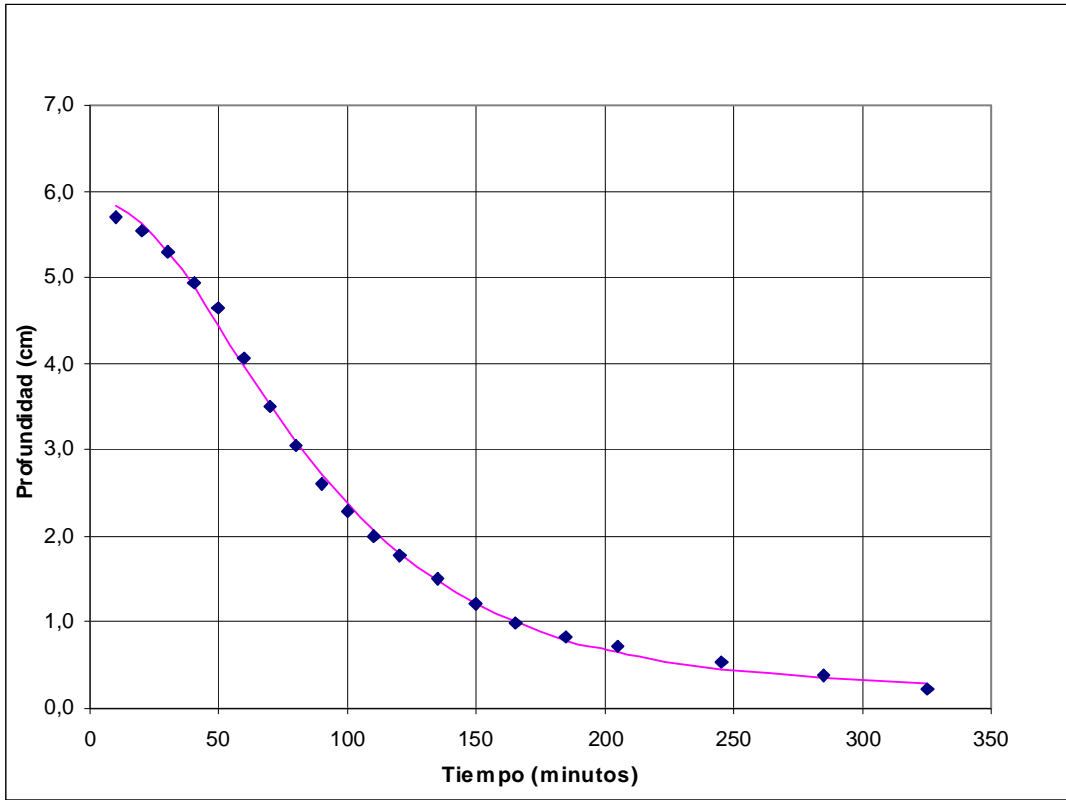


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 84.1 minutos
 Profundidad en ese instante: 9.5 cm

Humedad 65%

Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	24,7°C
Cono de Abrahams	3cm
kg/m ³ cemento	444kg/m ³
Cemento	18,3503334kg
Arena Caliza	18,1356244kg
Arena Silicea	14,1374264kg
Gravilla	23,819177kg
Grava	18,0467489kg
Agua	8,6litros
Agua/Cemento	0,47
y(0)	5,913
β	0,016
r	0,041

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	5,8	5,9	5,6	5,7
2	10	20	5,3	5,8	5,5	5,5
3	10	30	5,1	5,8	5,0	5,3
4	10	40	4,4	5,2	5,2	4,9
5	10	50	4,0	4,5	5,4	4,6
6	10	60	3,6	4,2	4,4	4,1
7	10	70	3,2	3,9	3,4	3,5
8	10	80	2,8	3,2	3,2	3,1
9	10	90	2,4	2,4	3,0	2,6
10	10	100	2,1	2,1	2,7	2,3
11	10	110	1,8	1,7	2,5	2,0
12	10	120	1,6	1,5	2,2	1,8
13	15	135	1,4	1,4	1,6	1,5
14	15	150	1,1	1,3	1,3	1,2
15	15	165	0,9	1,0	1,0	1,0
16	20	185	0,9	0,8	0,8	0,8
17	20	205	0,8	0,7	0,6	0,7
18	40	245	0,6	0,5	0,5	0,5
19	40	285	0,4	0,4	0,4	0,4
20	40	325	0,2	0,3	0,2	0,2

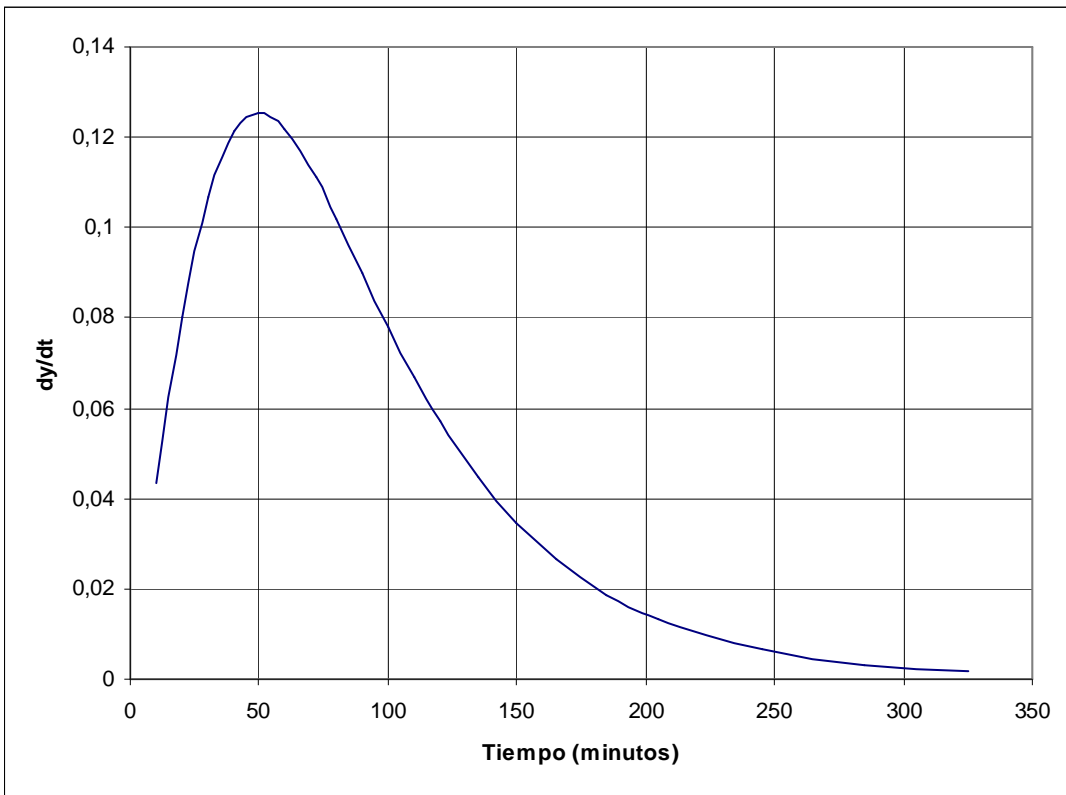
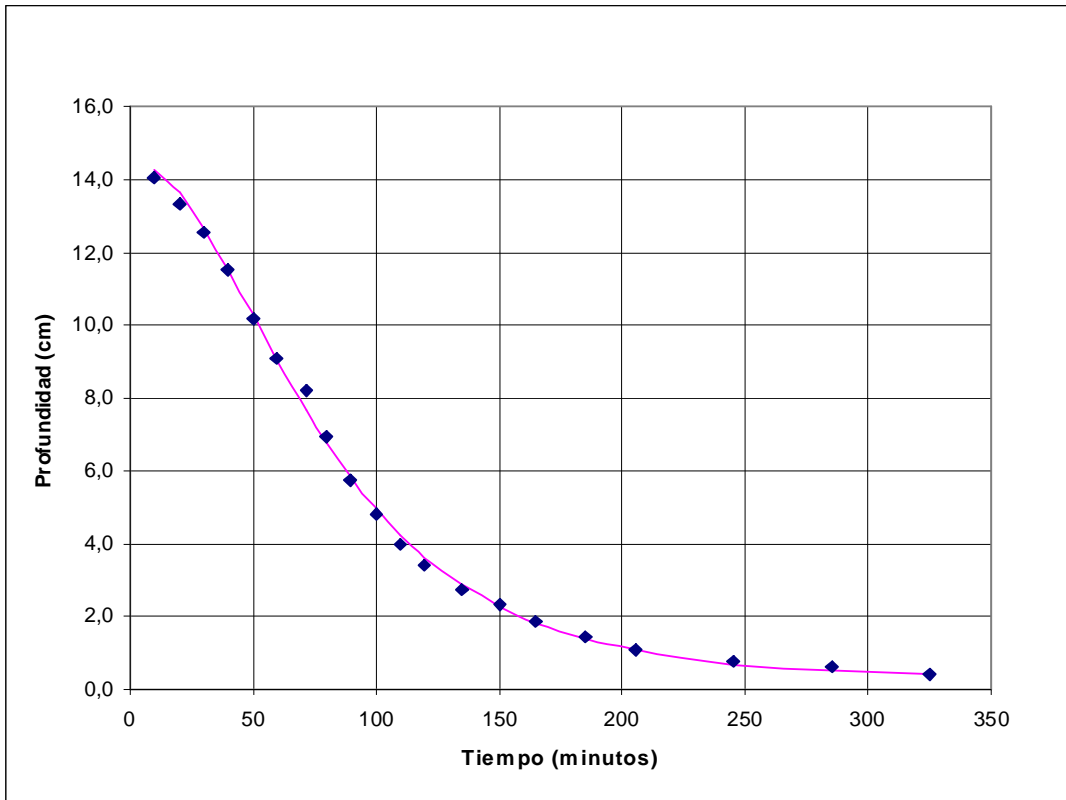


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 53.9 minutos
 Profundidad en ese instante: 4.3 cm

Humedad 64%

Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	23°C
Cono de Abrahams	14cm
kg/m ³ cemento	555,3kg/m ³
Cemento	22,94kg
Arena Caliza	17,15kg
Arena Silicea	13,37kg
Gravilla	22,53kg
Grava	17,07kg
Agua	10,75litros
Agua/Cemento	0,47
y(0)	14,451
β	0,018
r	0,022

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	14,0	14,1	14,0	14,0
2	10	20	13,6	13,0	13,4	13,3
3	10	30	12,4	12,9	12,3	12,5
4	10	40	11,3	11,5	11,7	11,5
5	10	50	10,0	10,0	10,5	10,2
6	10	60	9,1	9,4	8,8	9,1
7	10	72	8,3	8,7	7,7	8,2
8	10	80	6,9	7,7	6,2	6,9
9	10	90	5,5	6,7	4,9	5,7
10	10	100	5,0	5,4	4,0	4,8
11	10	110	4,5	4,0	3,4	4,0
12	10	120	3,8	3,4	3,1	3,4
13	15	135	2,9	2,7	2,6	2,7
14	15	150	2,4	2,4	2,1	2,3
15	15	165	2,1	2,0	1,6	1,9
16	20	185	1,6	1,5	1,2	1,4
17	20	205	1,3	1,1	1,0	1,1
18	40	245	0,8	0,8	0,7	0,8
19	40	285	0,6	0,6	0,6	0,6
20	40	325	0,4	0,4	0,4	0,4

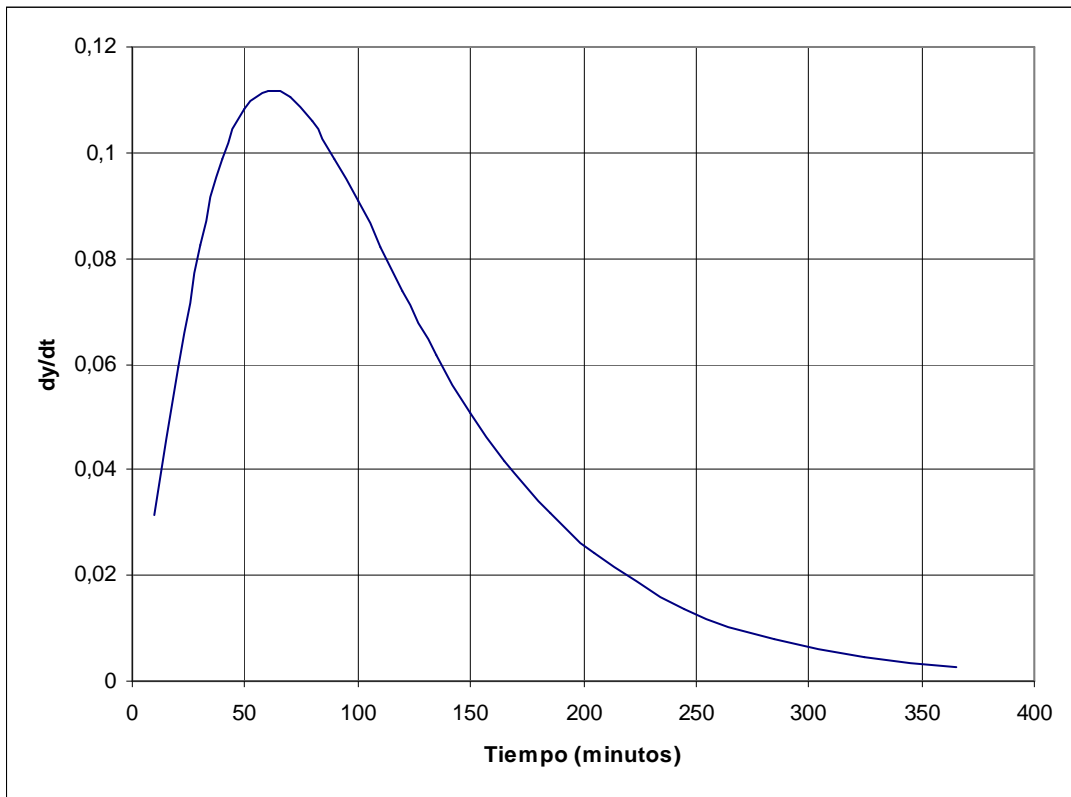
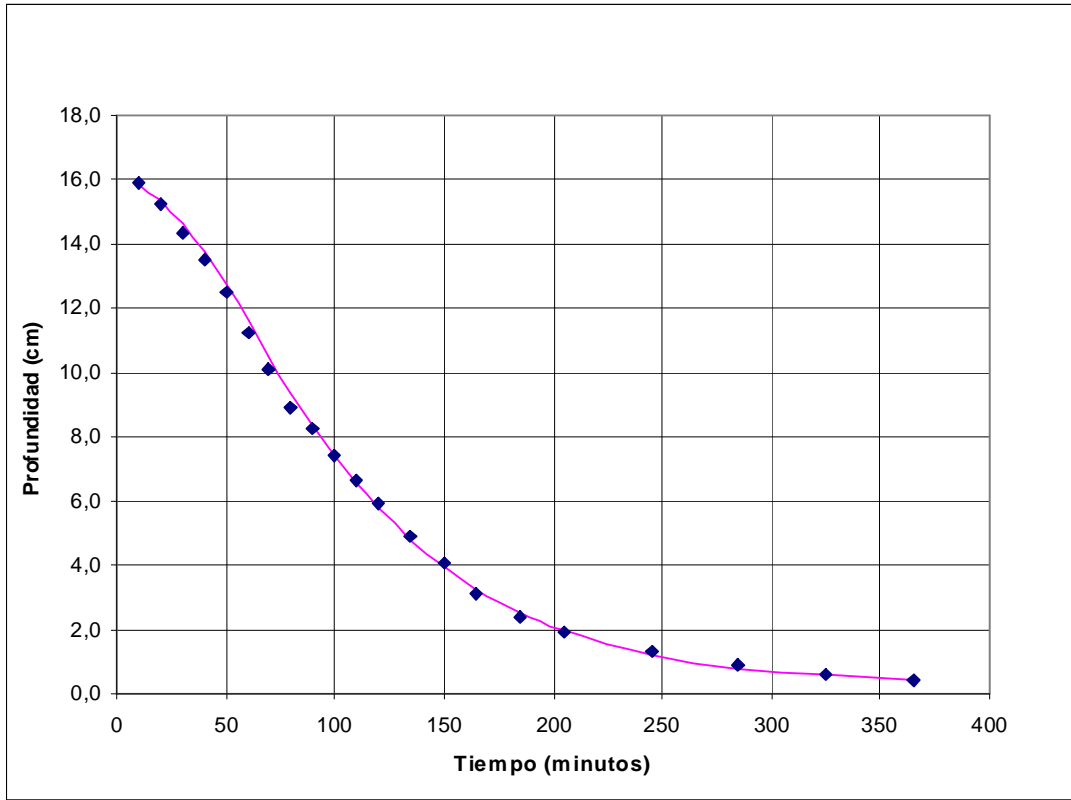


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 49.7 minutos
 Profundidad en ese instante: 10.3 cm

Humedad	73%
---------	-----

Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	23,35°C
Cono de Abrahams	22cm
kg/m ³ cemento	666,5kg/m ³
Cemento	27,53kg
Arena Caliza	16,17kg
Arena Silicea	12,61kg
Gravilla	21,24kg
Grava	16,09kg
Agua	12,90litros
Agua/Cemento	0,47
y(0)	16,000
β	0,014
r	0,016

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	15,8	16,0	16,0	15,9
2	10	20	15,0	15,5	15,3	15,3
3	10	30	14,2	14,3	14,5	14,3
4	10	40	13,7	13,5	13,3	13,5
5	10	50	12,3	12,7	12,5	12,5
6	10	60	11,0	11,2	11,5	11,2
7	10	70	10,0	10,2	10,2	10,1
8	10	80	9,1	9,0	8,7	8,9
9	10	90	8,5	8,3	8,0	8,3
10	10	100	7,4	7,7	7,2	7,4
11	10	110	6,3	7,0	6,7	6,7
12	10	120	5,7	6,0	6,2	5,9
13	15	135	4,7	4,6	5,4	4,9
14	15	150	3,9	3,8	4,4	4,0
15	15	165	3,2	2,8	3,2	3,1
16	20	185	2,5	2,2	2,4	2,4
17	20	205	1,9	1,8	2,1	1,9
18	40	245	1,3	1,3	1,4	1,3
19	40	285	0,9	0,9	0,9	0,9
20	40	325	0,6	0,6	0,7	0,6
21	40	365	0,4	0,4	0,4	0,4



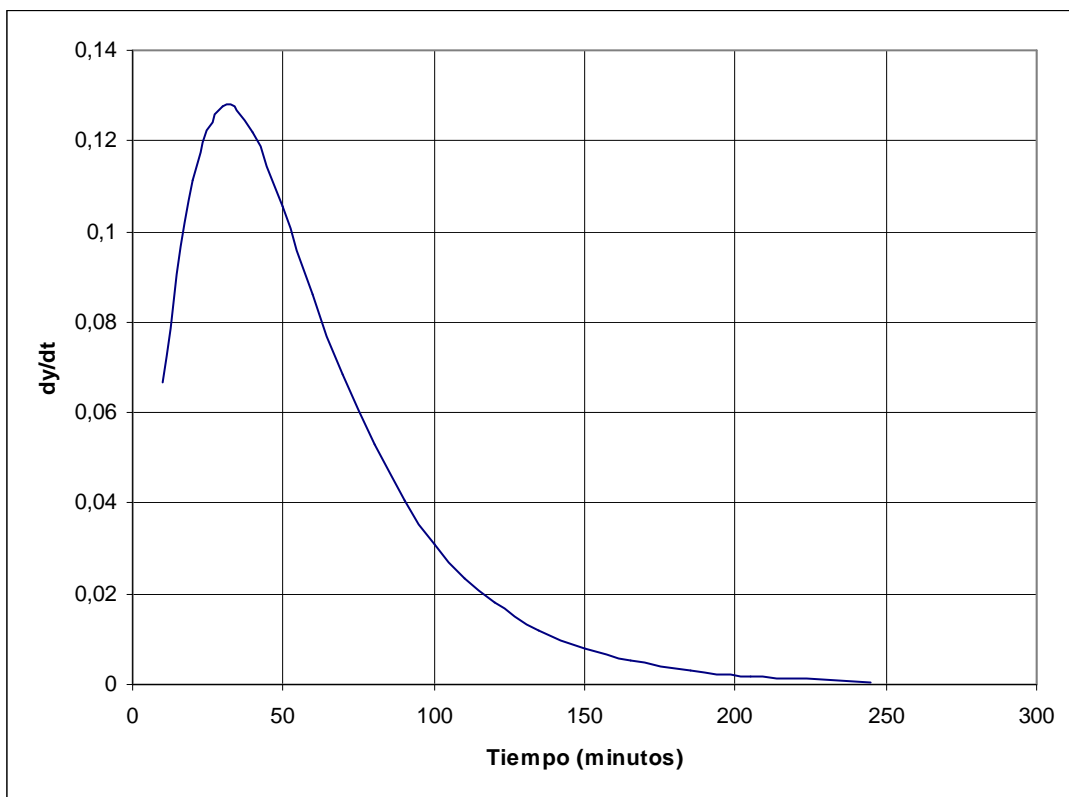
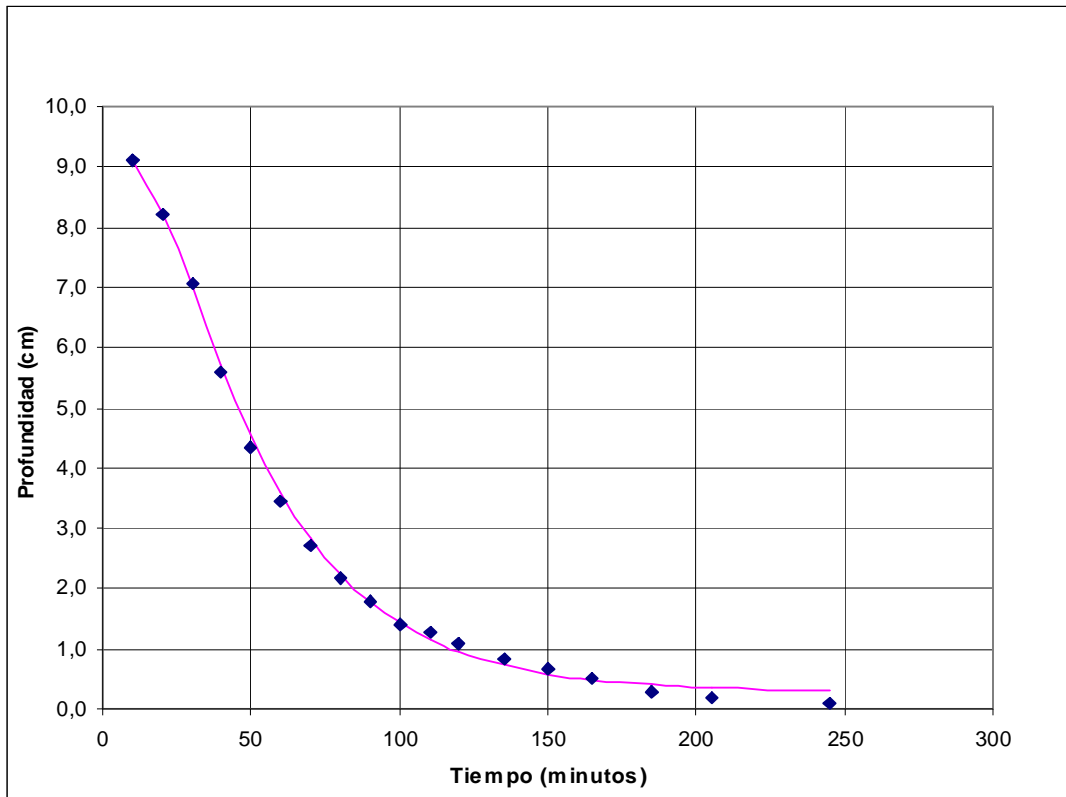
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 2 minutos

Profundidad en ese instante: 11.4 cm

Humedad	65%
---------	-----

Temperatura hormigón	°C
Temperatura ambiente	25°C
Cono de Abrahams	2,5cm
kg/m ³ cemento	776,5kg/m ³
Cemento	32,07kg
Arena Caliza	15,2kg
Arena Silicea	11,85kg
Gravilla	19,96kg
Grava	15,12kg
Agua	11,000litros
Agua/Cemento	0,34
y(0)	9,460
β	0,028
r	0,032

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
	10,0	10	9,1	9,0	9,2	9,1
	10,0	20	8,3	8,2	8,1	8,2
3,0	10,0	30	7,4	6,7	7,1	7,1
4,0	10,0	40	5,7	5,5	5,6	5,6
5,0	10,0	50	4,5	4,2	4,3	4,3
6,0	10,0	60	3,7	3,2	3,5	3,5
7,0	10,0	70	2,9	2,5	2,7	2,7
8,0	10,0	80	2,3	2,0	2,2	2,2
9,0	10,0	90	1,8	1,8	1,8	1,8
10,0	10,0	100	1,4	1,5	1,3	1,4
11,0	10,0	110	1,3	1,3	1,3	1,3
12,0	10,0	120	1,1	1,1	1,1	1,1
13,0	15,0	135	0,9	0,8	0,8	0,8
14,0	15,0	150	0,7	0,6	0,7	0,7
15,0	15,0	165	0,5	0,5	0,5	0,5
16,0	20,0	185	0,3	0,3	0,3	0,3
17,0	20,0	205	0,2	0,2	0,2	0,2
18,0	40,0	245	0,1	0,1	0,1	0,1

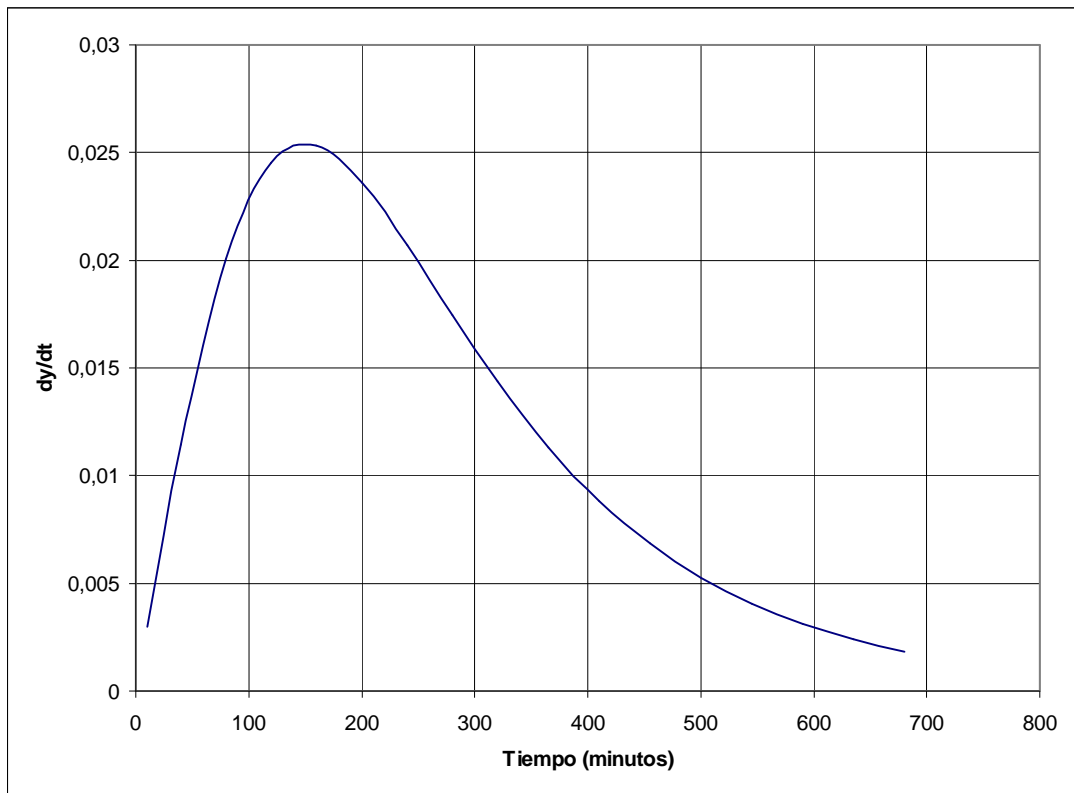
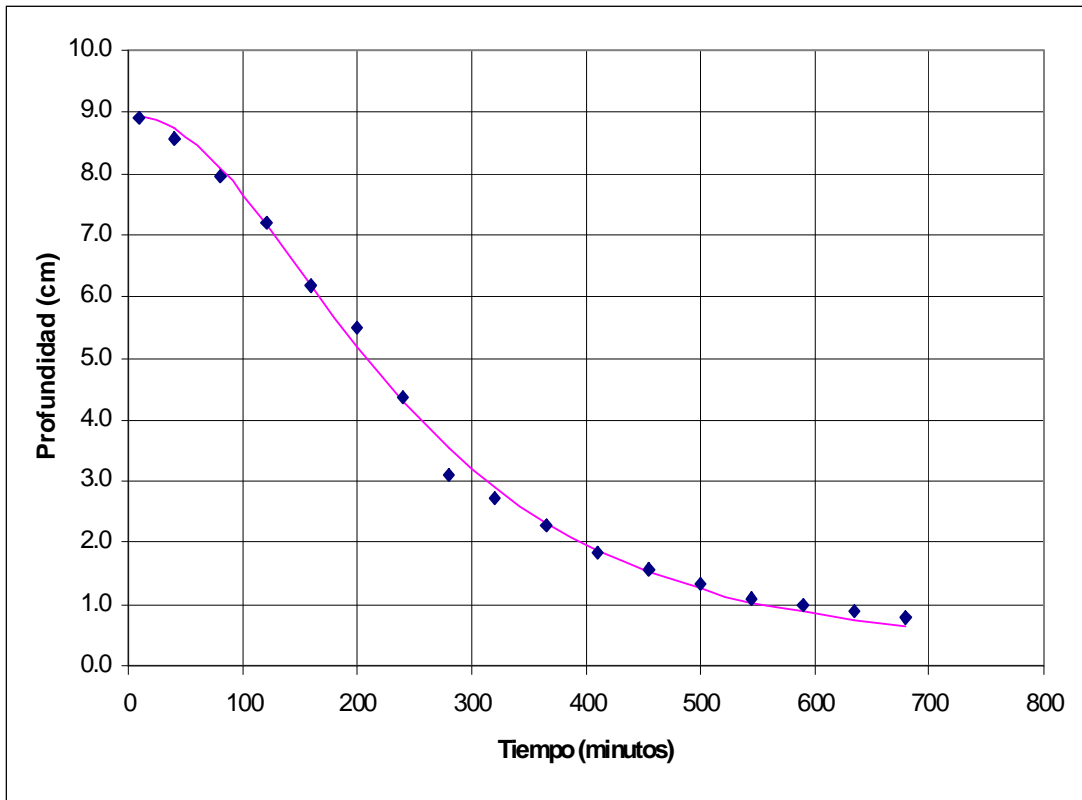


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 21.2 minutos
 Profundidad en ese instante: 8.1 cm

CEM II/A-V 42.5 R (UNE EN 197-1)

Humedad	73%
Temperatura hormigón	18.2°C
Temperatura ambiente	17.9°C
Cono de Abrahams	9.5cm
kg/m ³ cemento	286kg/m ³
Cemento	11.8kg
Arena Caliza	20.0kg
Arena Silicea	14.9kg
Gravilla	25.7kg
Grava	19.3kg
Agua	9.460litros
Agua/Cemento	0.80
y(0)	8.960
β	0.006
r	0.039

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	8.9	9.0	8.8	8.9
2	30	40	8.6	8.7	8.5	8.6
3	40	80	7.9	8.2	7.8	8.0
4	40	120	7.2	7.6	6.8	7.2
5	40	160	6.3	6.8	5.4	6.2
6	40	200	5.7	5.5	5.2	5.5
7	40	240	4.7	3.9	4.5	4.4
8	40	280	3.4	2.4	3.5	3.1
9	40	320	2.9	2.5	2.7	2.7
10	45	365	2.4	2.3	2.2	2.3
11	45	410	1.9	1.7	1.8	1.8
12	45	455	1.6	1.5	1.6	1.6
13	45	500	1.3	1.3	1.4	1.3
14	45	545	1.0	1.1	1.1	1.1
15	45	590	0.9	1.0	1.0	1.0
16	45	635	0.8	0.9	0.9	0.9
17	45	680	0.7	0.8	0.8	0.8



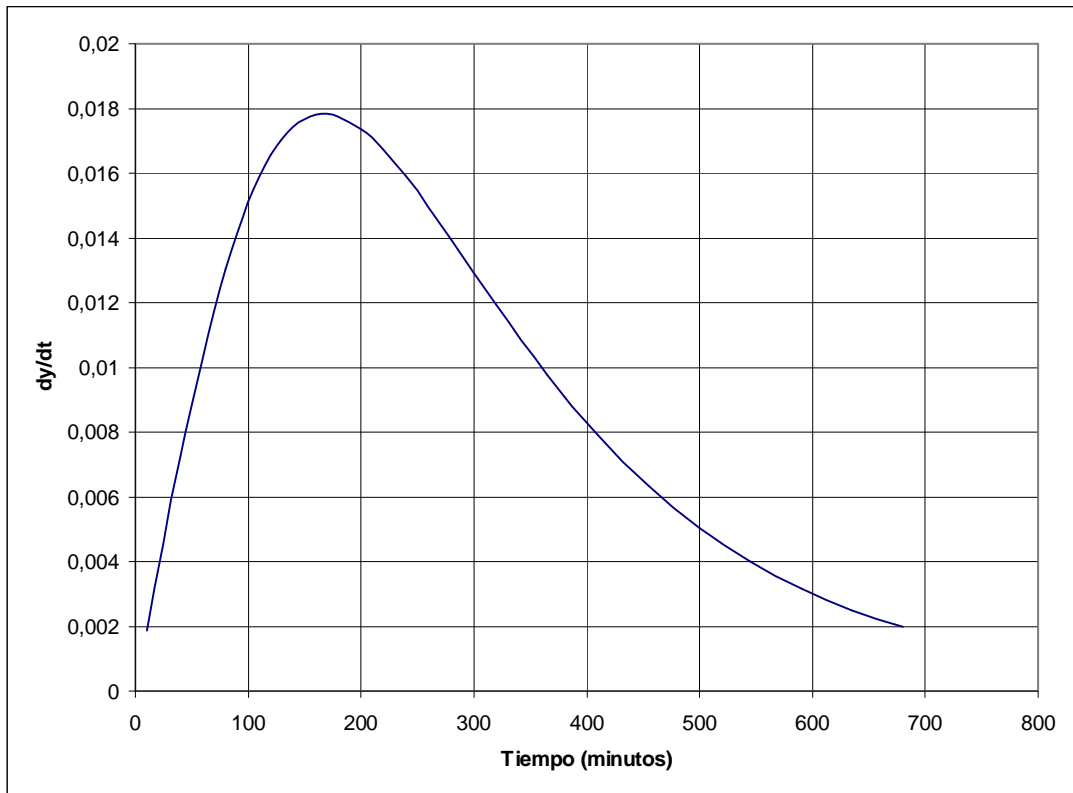
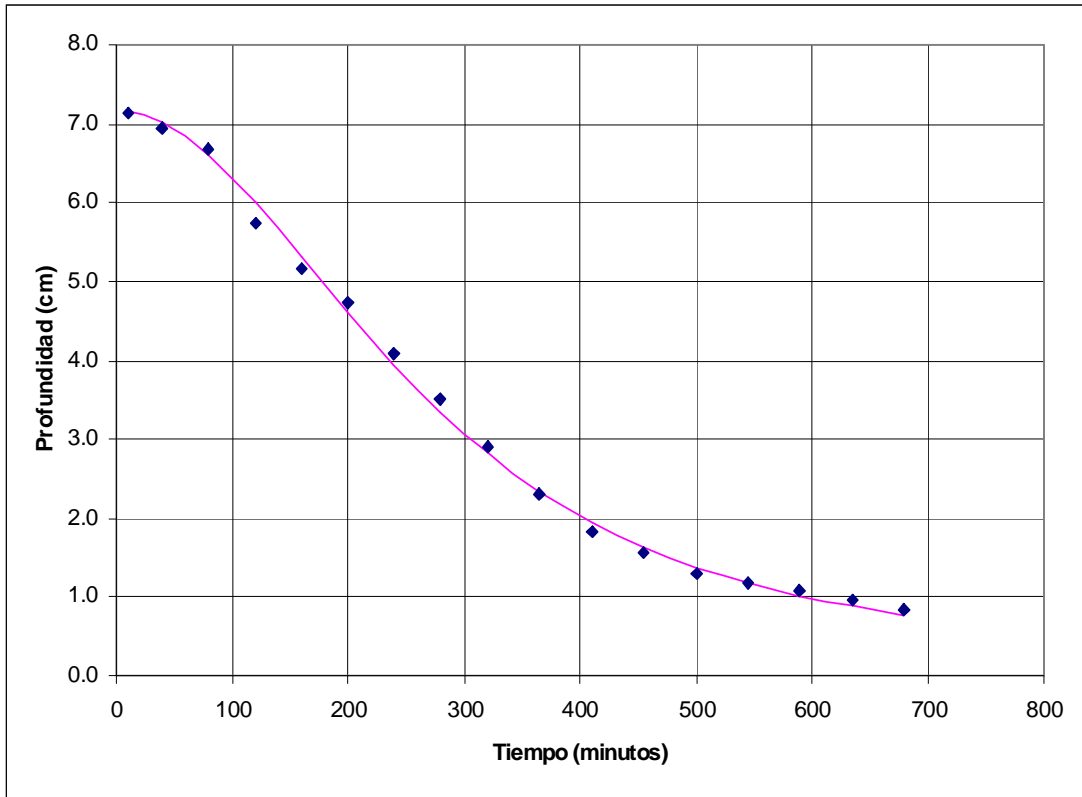
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 149.4 minutos

Profundidad en ese instante: 6.4 cm

Humedad	74%
---------	-----

Temperatura hormigón	18°C
Temperatura ambiente	17.6°C
Cono de Abrahams	5.5cm
kg/m ³ cemento	286kg/m ³
Cemento	11.8kg
Arena Caliza	20.0kg
Arena Silicea	14.9kg
Gravilla	25.7kg
Grava	19.3kg
Agua	8.960litros
Agua/Cemento	0.76
y(0)	7.173
β	0.005
r	0.056

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	7.0	7.2	7.2	7.1
2	30	40	6.6	7.1	7.1	6.9
3	40	80	6.2	7.0	6.8	6.7
4	40	120	5.3	5.4	6.6	5.7
5	40	160	4.1	5.0	6.3	5.2
6	40	200	4.7	4.4	5.0	4.7
7	40	240	4.3	3.9	4.0	4.1
8	40	280	3.5	3.6	3.4	3.5
9	40	320	2.8	3.1	2.8	2.9
10	45	365	2.3	2.3	2.3	2.3
11	45	410	1.8	1.9	1.8	1.8
12	45	455	1.7	1.6	1.4	1.6
13	45	500	1.6	1.3	1.0	1.3
14	45	545	1.2	1.2	1.0	1.2
15	45	590	1.2	1.0	1.0	1.1
16	45	635	1.2	0.9	0.8	1.0
17	45	680	1.1	0.8	0.6	0.8

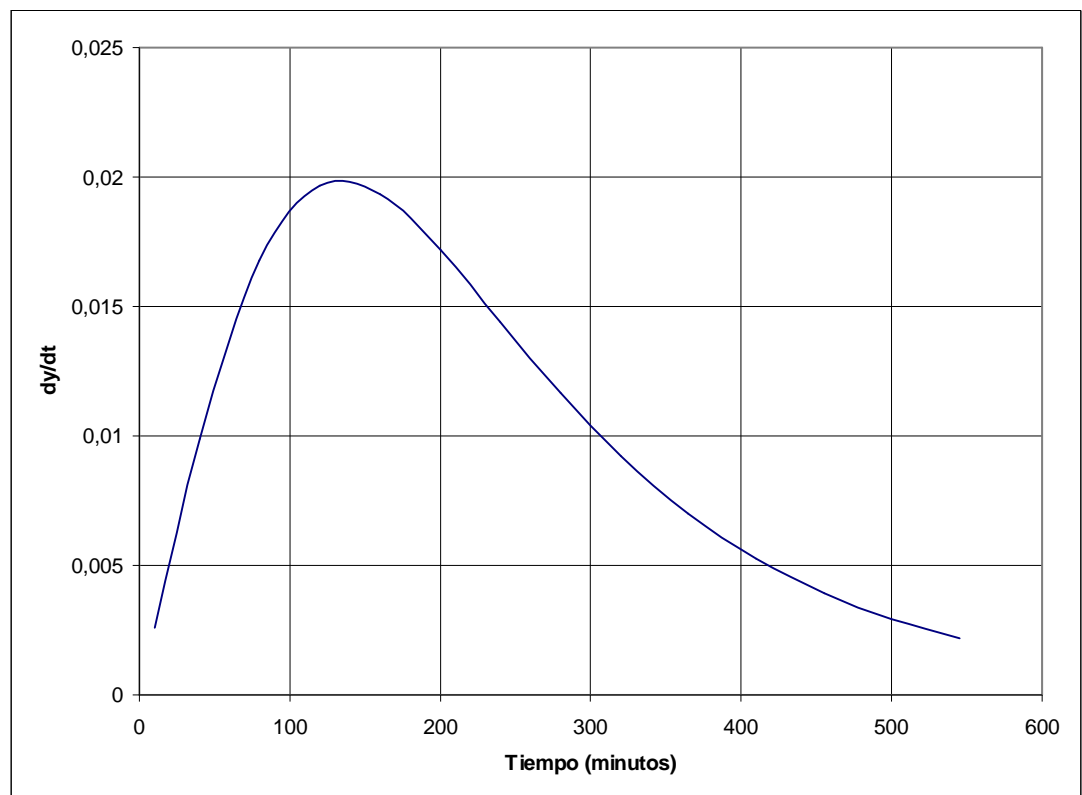
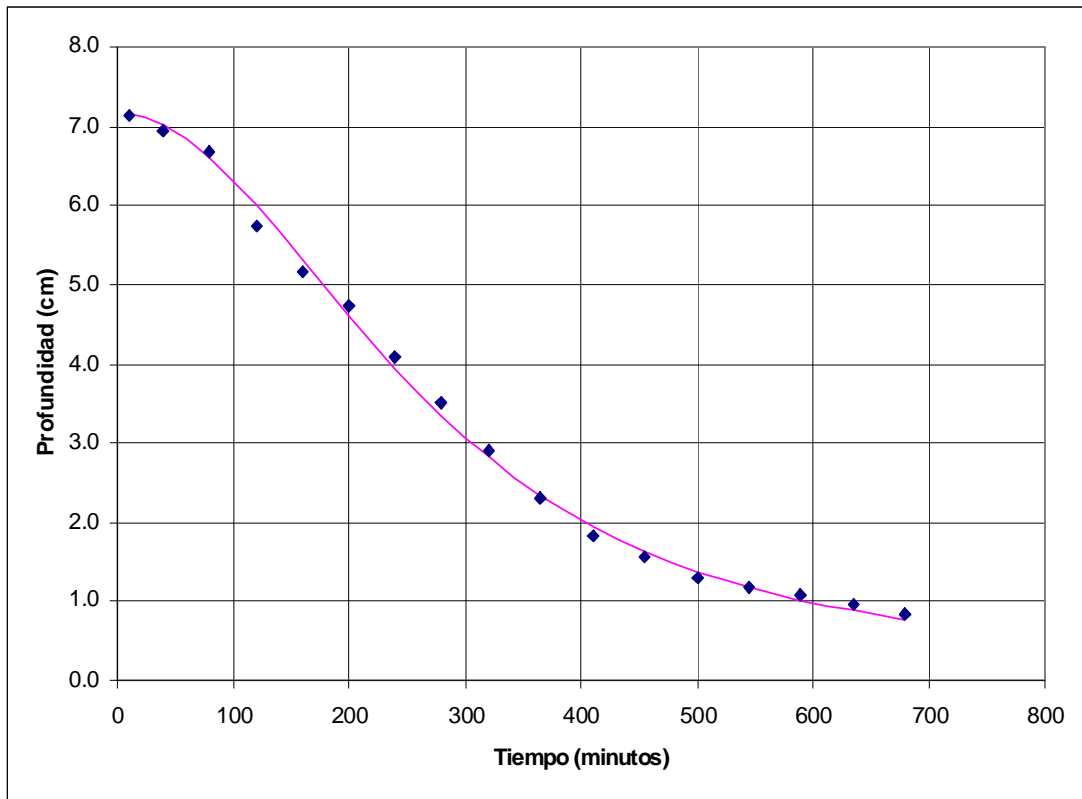


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 167.2 minutos
 Profundidad en ese instante: 5.2 cm

Humedad	75%
---------	-----

Temperatura hormigón	18.5°C
Temperatura ambiente	17.5°C
Cono de Abrahams	4cm
kg/m ³ cemento	286kg/m ³
Cemento	11.8kg
Arena Caliza	20.0kg
Arena Silicea	14.9kg
Gravilla	25.7kg
Grava	19.3kg
Agua	8.460litros
Agua/Cemento	0.72
y(0)	6.593
β	0.007
r	0.086

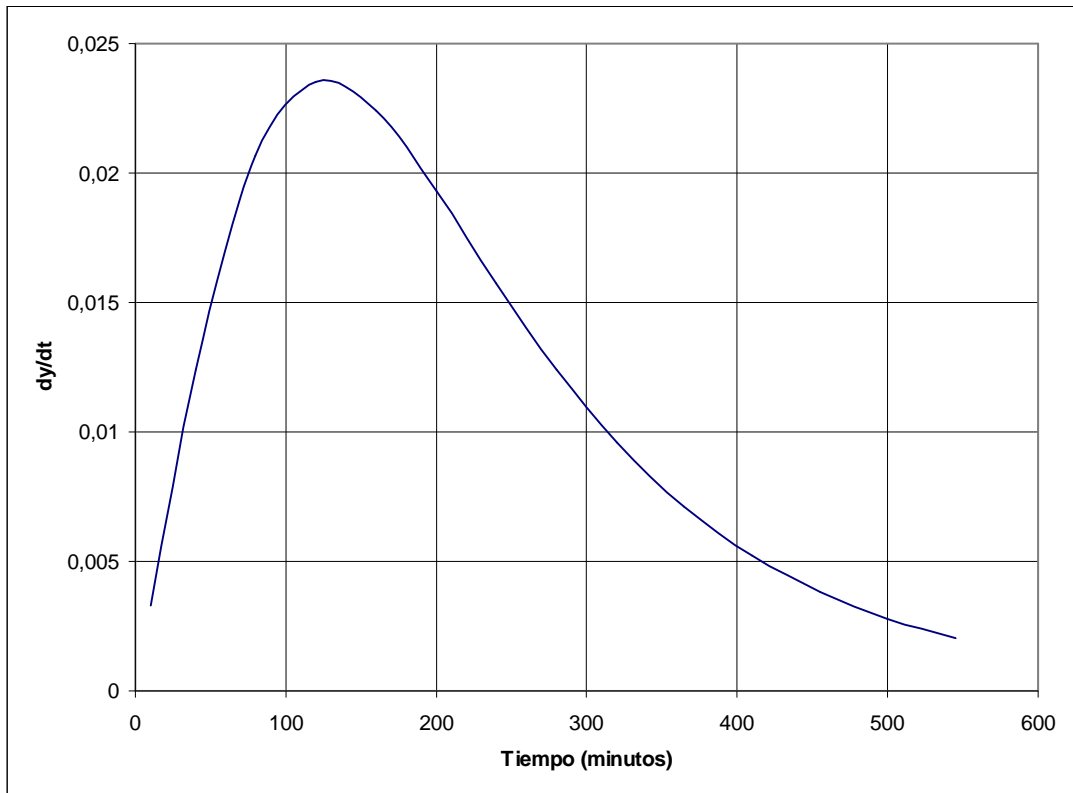
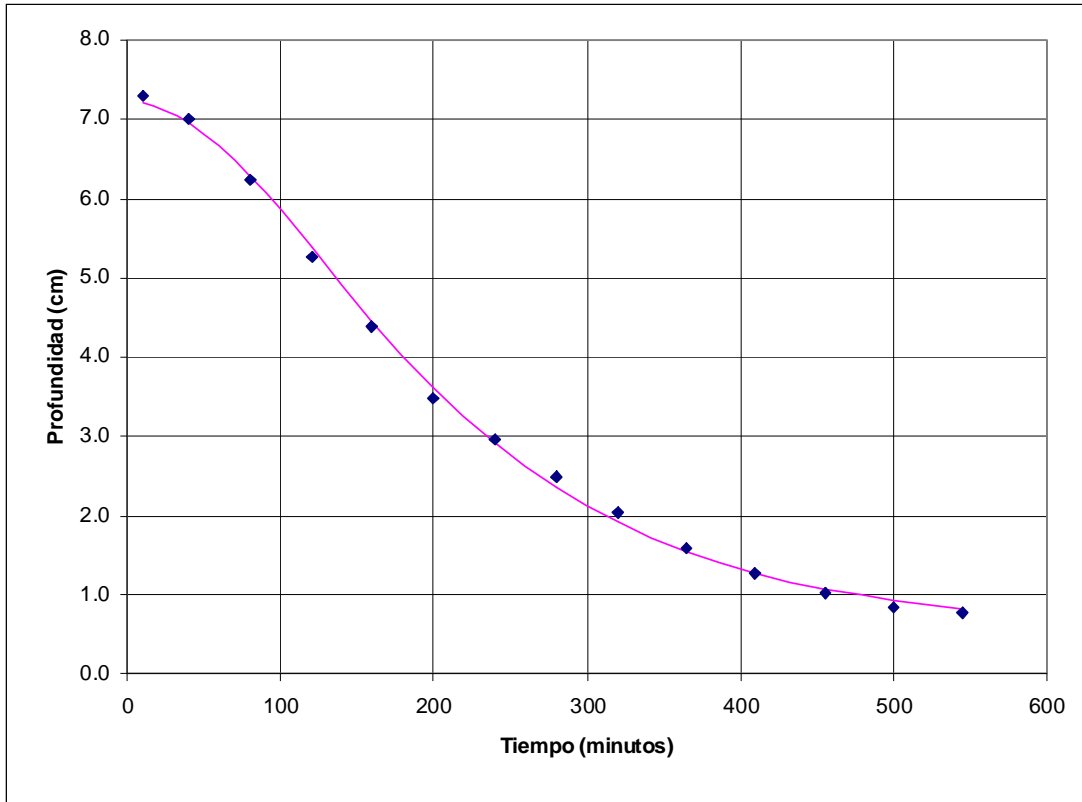
N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	7.0	6.8	7.1	7.0
2	30	40	6.7	5.5	6.5	6.3
3	40	80	7.0	5.4	4.1	5.5
4	40	120	4.7	5.0	5.4	5.0
5	40	160	4.2	4.0	4.6	4.3
6	40	200	3.7	3.2	3.3	3.4
7	40	240	3.5	3.0	2.8	3.1
8	40	280	2.8	2.6	2.5	2.6
9	40	320	1.9	2.2	2.2	2.1
10	45	365	1.8	1.6	1.9	1.8
11	45	410	1.4	1.4	1.4	1.4
12	45	455	1.1	1.1	1.1	1.1
13	45	500	0.9	0.9	0.9	0.9
14	45	545	1.0	0.7	0.8	0.8



Instante de cambio de cóncavo a convexo: 133.8 minutos
 Profundidad en ese instante: 4.8 cm

Humedad	64%
Temperatura hormigón	18.5°C
Temperatura ambiente	18.5°C
Cono de Abrahams	5.5cm
kg/m ³ cemento	346kg/m ³
Cemento	14.3kg
Arena Caliza	19.5kg
Arena Silicea	14.5kg
Gravilla	25.0kg
Grava	18.8kg
Agua	9.350litros
Agua/Cemento	0.65
y(0)	7.220
β	0.007
r	0.072

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	7.2	7.3	7.4	7.3
2	30	40	6.9	6.8	7.3	7.0
3	40	80	6.6	5.8	6.2	6.2
4	40	120	5.3	5.0	5.5	5.3
5	40	160	4.3	4.2	4.7	4.4
6	40	200	3.6	3.2	3.7	3.5
7	40	240	3.1	2.8	3.1	3.0
8	40	280	2.5	2.5	2.5	2.5
9	40	320	2.0	2.2	2.0	2.0
10	45	365	1.5	1.6	1.6	1.6
11	45	410	1.1	1.3	1.3	1.3
12	45	455	0.9	1.1	1.1	1.0
13	45	500	0.8	0.9	0.8	0.8
14	45	545	0.8	0.8	0.8	0.8

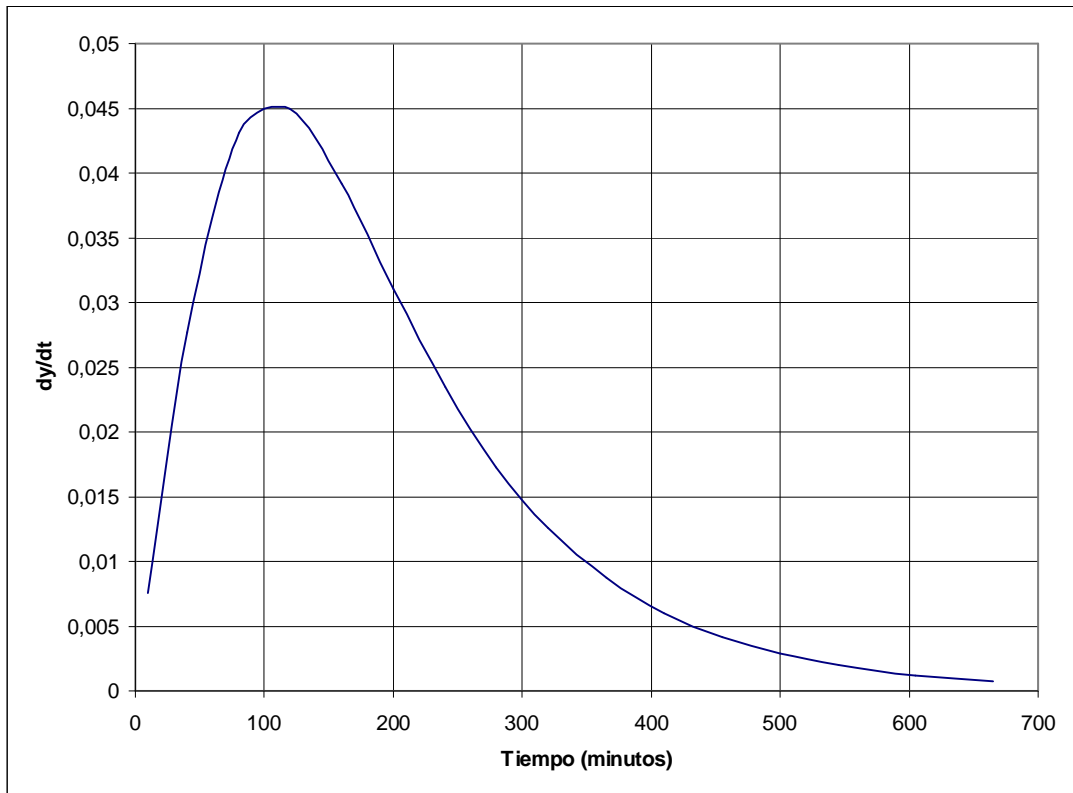
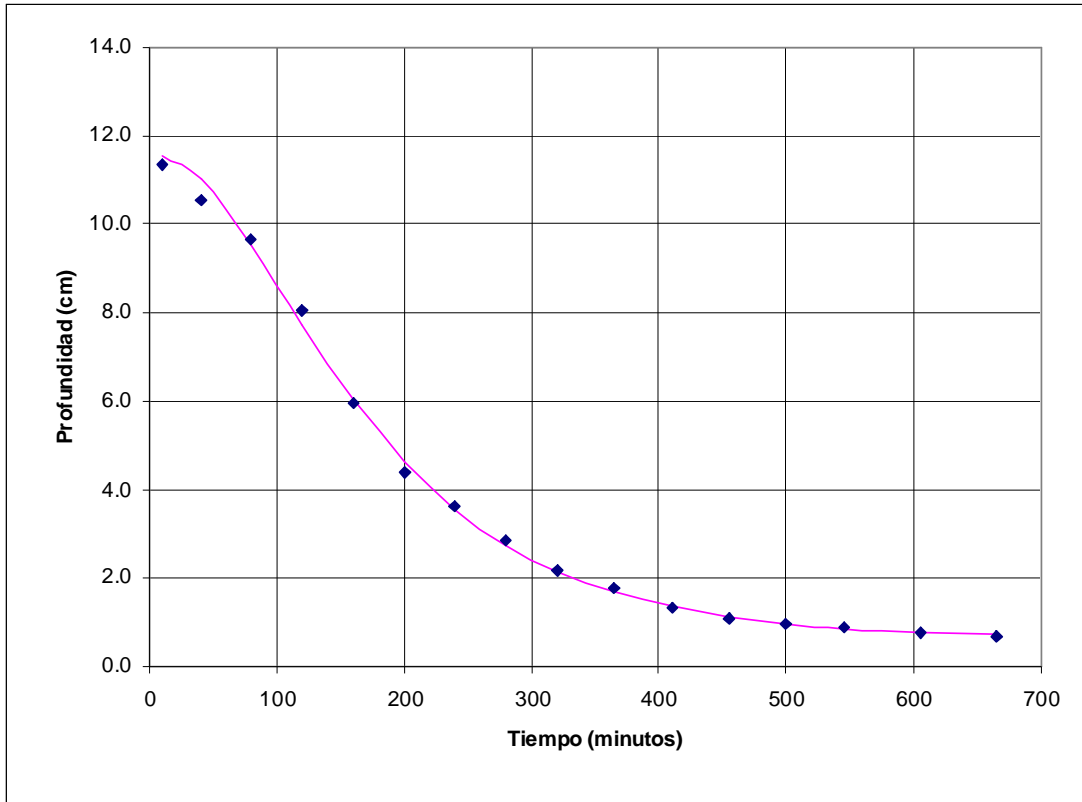


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 125.3 minutos
 Profundidad en ese instante: 5.3 cm

Humedad 60%

Temperatura hormigón	18.5°C
Temperatura ambiente	18.2°C
Cono de Abrahams	11.5cm
kg/m ³ cemento	346kg/m ³
Cemento	14.3kg
Arena Caliza	19.5kg
Arena Silicea	14.5kg
Gravilla	25.0kg
Grava	18.8kg
Agua	10.350litros
Agua/Cemento	0.72
y(0)	11.587
β	0.008
r	0.054

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	11.3	11.4	11.4	11.4
2	30	40	10.5	10.5	10.6	10.5
3	40	80	9.7	9.7	9.5	9.7
4	40	120	8.4	7.9	7.9	8.1
5	40	160	6.4	5.8	5.7	6.0
6	40	200	4.6	4.8	3.8	4.4
7	40	240	3.5	3.9	3.4	3.6
8	40	280	2.8	3.1	2.7	2.9
9	40	320	2.4	2.3	1.9	2.2
10	45	365	2.2	1.6	1.4	1.8
11	45	410	1.3	1.4	1.3	1.3
12	45	455	1.0	1.1	1.1	1.1
13	45	500	1.0	0.9	1.0	1.0
14	45	545	0.9	0.9	0.8	0.9
15	60	605	0.8	0.8	0.7	0.8
16	60	665	0.7	0.7	0.7	0.7



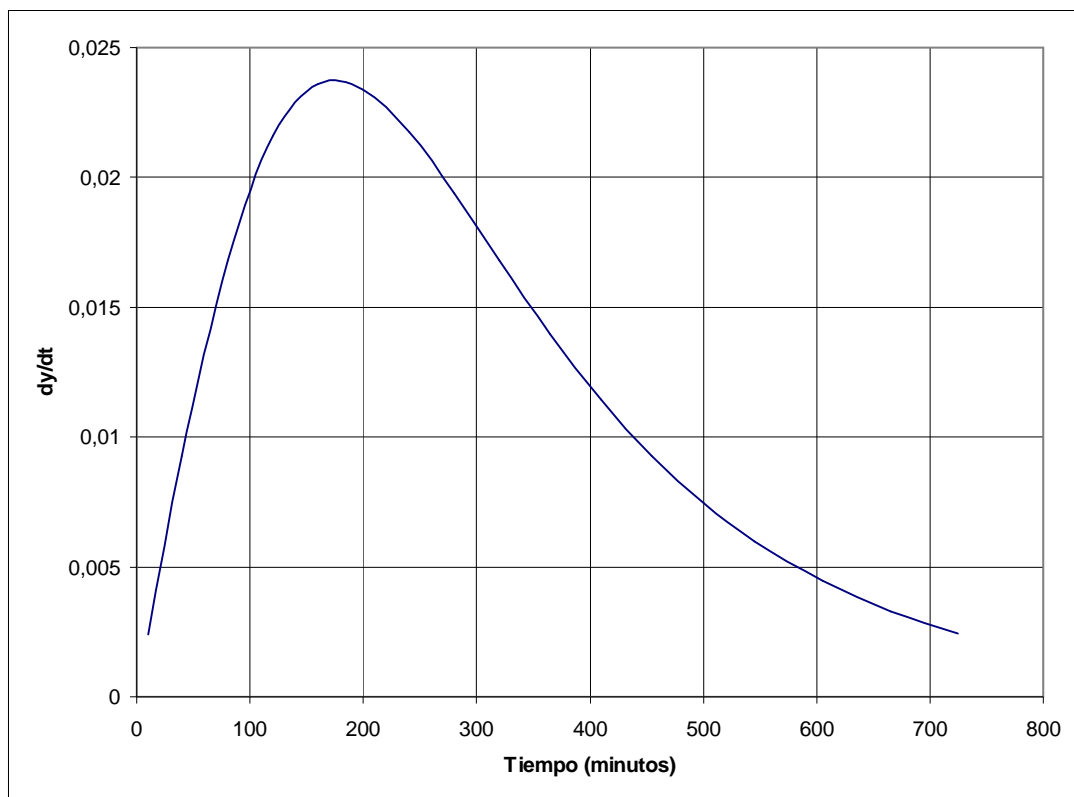
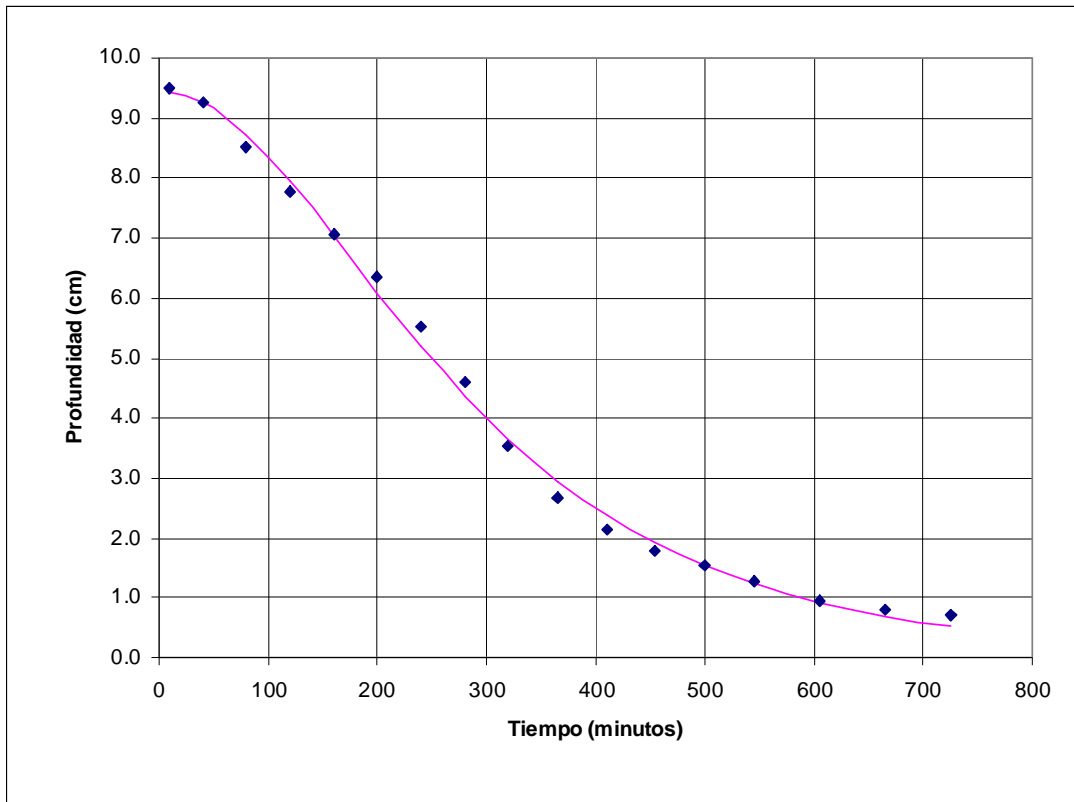
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 106 minutos

Profundidad en ese instante: 8.4 cm

Humedad	65%
---------	-----

Temperatura hormigón	18.5°C
Temperatura ambiente	18.5°C
Cono de Abrahams	13cm
kg/m ³ cemento	346kg/m ³
Cemento	14.3kg
Arena Caliza	19.5kg
Arena Silicea	14.5kg
Gravilla	25.0kg
Grava	18.8kg
Agua	10.850litros
Agua/Cemento	0.76
y(0)	9.448
β	0.005
r	0.004

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	9.4	9.5	9.6	9.5
2	30	40	9.3	9.4	9.1	9.3
3	40	80	8.7	8.8	8.0	8.5
4	40	120	7.9	8.2	7.3	7.8
5	40	160	6.9	7.4	6.9	7.1
6	40	200	5.8	6.6	6.6	6.3
7	40	240	5.0	5.6	6.0	5.5
8	40	280	4.2	4.4	5.2	4.6
9	40	320	3.1	3.5	4.0	3.5
10	45	365	2.6	2.8	2.7	2.7
11	45	410	2.3	2.2	1.9	2.1
12	45	455	1.7	1.8	1.8	1.8
13	45	500	1.5	1.6	1.5	1.5
14	45	545	1.2	1.3	1.2	1.3
15	60	605	0.9	1.0	0.9	0.9
16	60	665	0.8	0.8	0.8	0.8
17	60	725	0.7	0.7	0.7	0.7



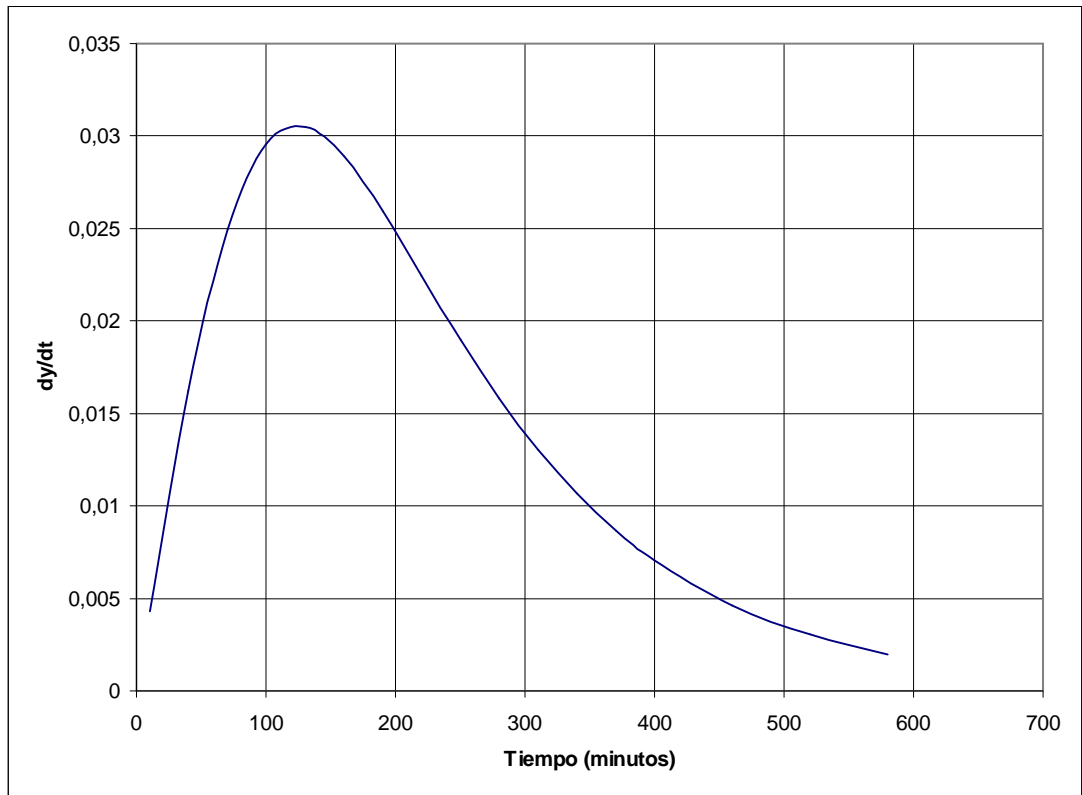
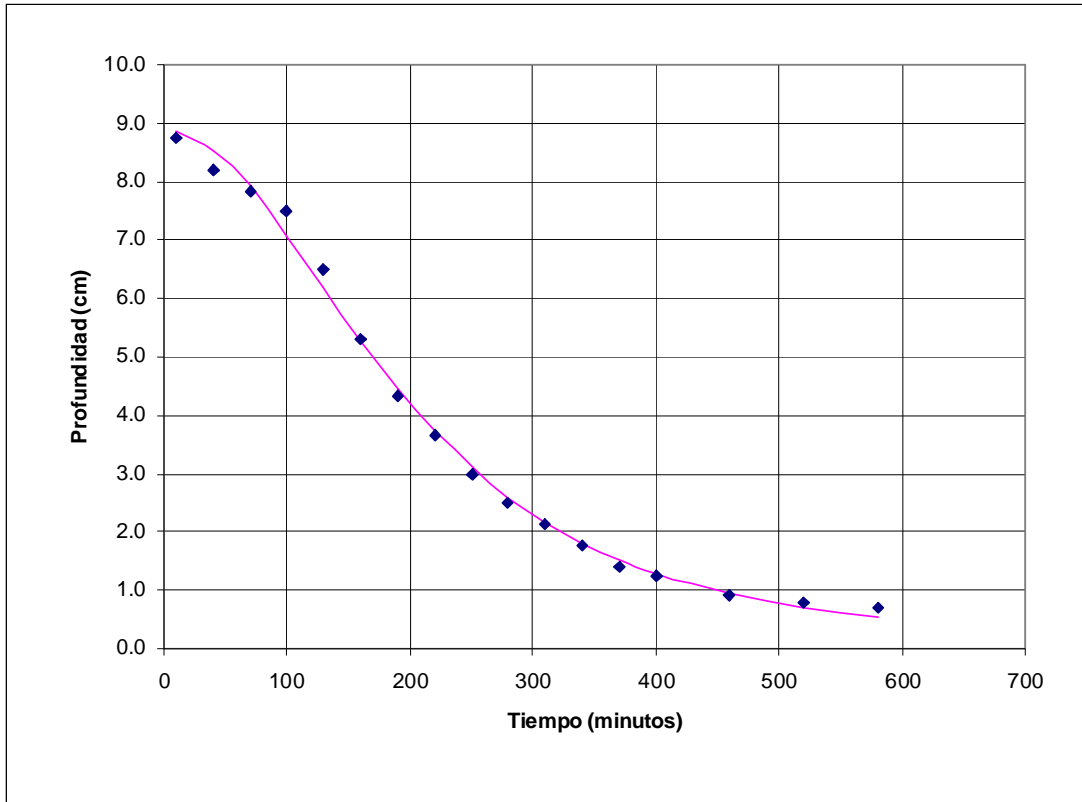
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 174.7 minutos

Profundidad en ese instante: 6.7 cm

Humedad	57%
---------	-----

Temperatura hormigón	19.4°C
Temperatura ambiente	19.7°C
Cono de Abrahams	8.5cm
kg/m ³ cemento	444kg/m ³
Cemento	18.34kg
Arena Caliza	18.60kg
Arena Silicea	13.86kg
Gravilla	23.82kg
Grava	17.90kg
Agua	10.60litros
Agua/Cemento	0.58
y(0)	8.879
β	0.007
r	0.031

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	8.7	8.8	8.8	8.7
2	30	40	7.5	8.4	8.6	8.2
3	30	70	7.7	8.1	7.8	7.8
4	30	100	7.9	7.7	6.9	7.5
5	30	130	7.0	6.4	6.1	6.5
6	30	160	5.7	4.9	5.4	5.3
7	30	190	4.6	3.8	4.6	4.3
8	30	220	3.9	3.3	3.8	3.7
9	30	250	3.2	2.8	3.1	3.0
10	30	280	2.6	2.4	2.5	2.5
11	30	310	2.1	2.1	2.1	2.1
12	30	340	1.7	1.8	1.7	1.8
13	30	370	1.3	1.6	1.4	1.4
14	30	400	1.2	1.3	1.2	1.3
15	60	460	1.0	0.8	0.9	0.9
16	60	520	0.9	0.7	0.8	0.8
17	60	580	0.7	0.6	0.7	0.7

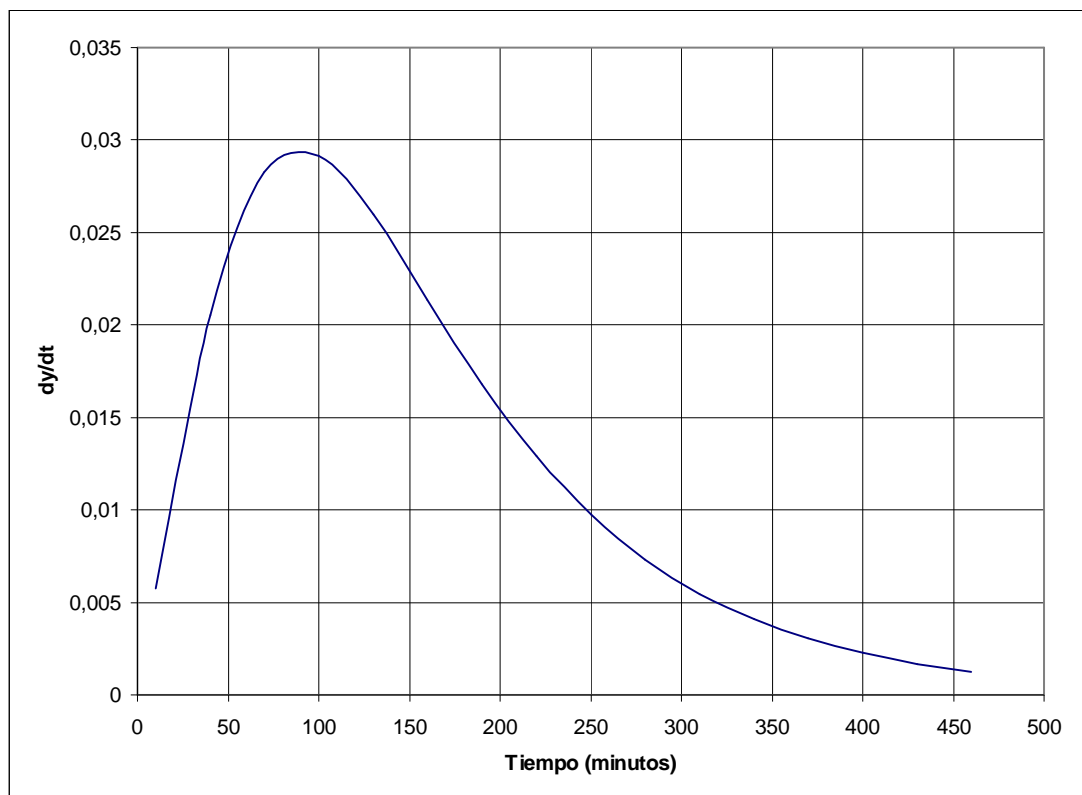
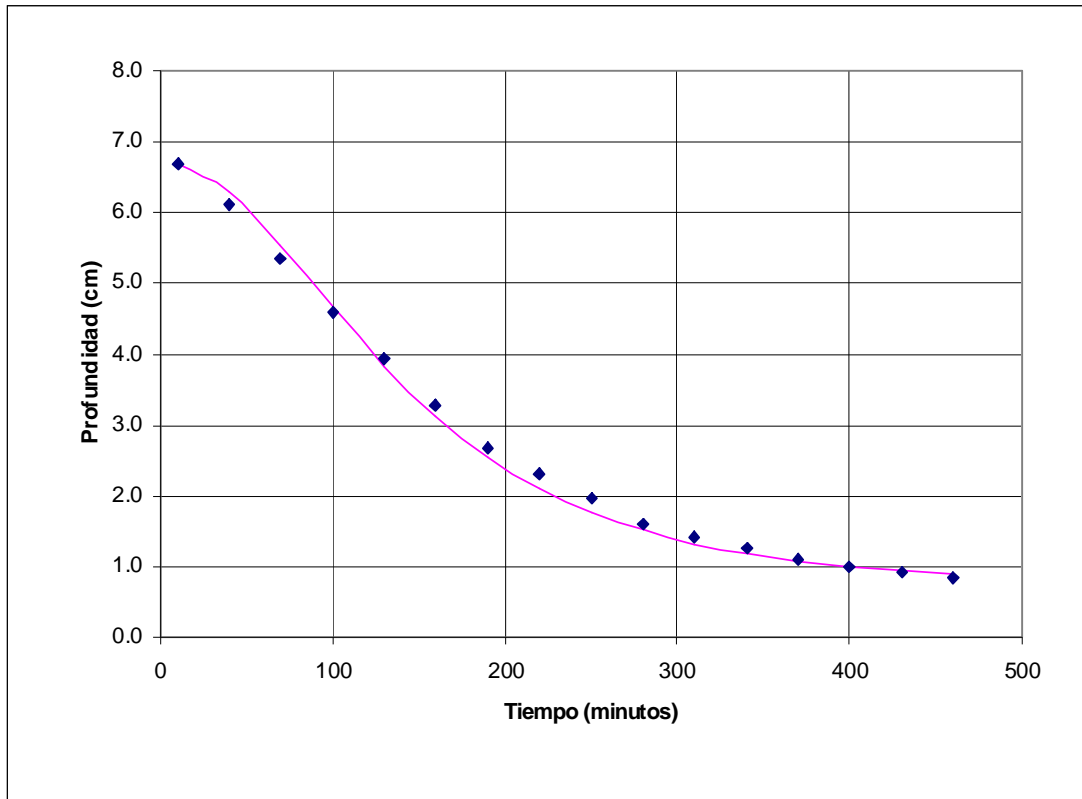


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 124.1 minutos
 Profundidad en ese instante: 6.4 cm

Humedad	58%
---------	-----

Temperatura hormigón	19.1°C
Temperatura ambiente	19.6°C
Cono de Abrahams	3cm
kg/m ³ cemento	444kg/m ³
Cemento	18.34kg
Arena Caliza	18.60kg
Arena Silicea	13.86kg
Gravilla	23.82kg
Grava	17.90kg
Agua	9.60litros
Agua/Cemento	0.52
y(0)	6.730
β	0.010
r	0.114

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	6.6	6.8	6.6	6.7
2	30	40	5.8	6.4	6.1	6.1
3	30	70	5.1	5.5	5.5	5.4
4	30	100	4.4	4.5	4.9	4.6
5	30	130	3.9	4.0	4.0	3.9
6	30	160	3.4	3.4	3.0	3.3
7	30	190	2.9	2.8	2.3	2.7
8	30	220	2.5	2.3	2.1	2.3
9	30	250	2.2	1.9	1.8	2.0
10	30	280	1.8	1.4	1.6	1.6
11	30	310	1.5	1.3	1.5	1.4
12	30	340	1.3	1.2	1.3	1.3
13	30	370	1.1	1.1	1.1	1.1
14	30	400	1.0	1.1	1.0	1.0
15	30	430	0.9	1.0	0.9	0.9
16	30	460	0.8	0.9	0.8	0.8

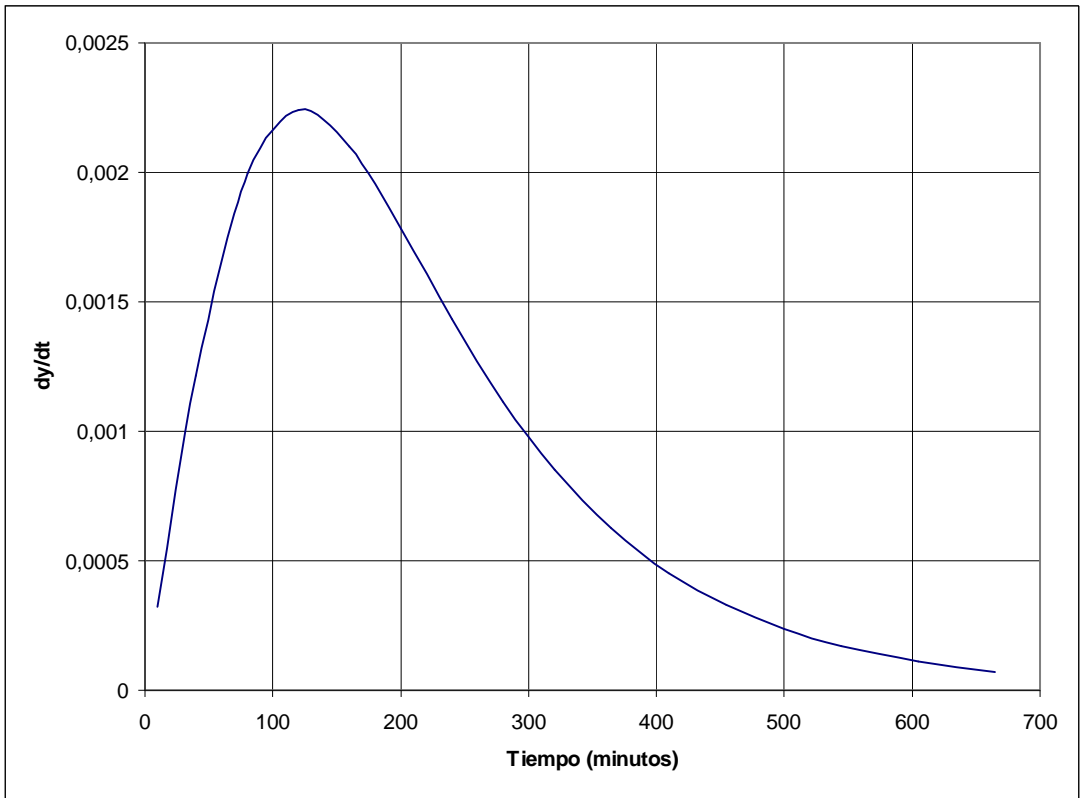
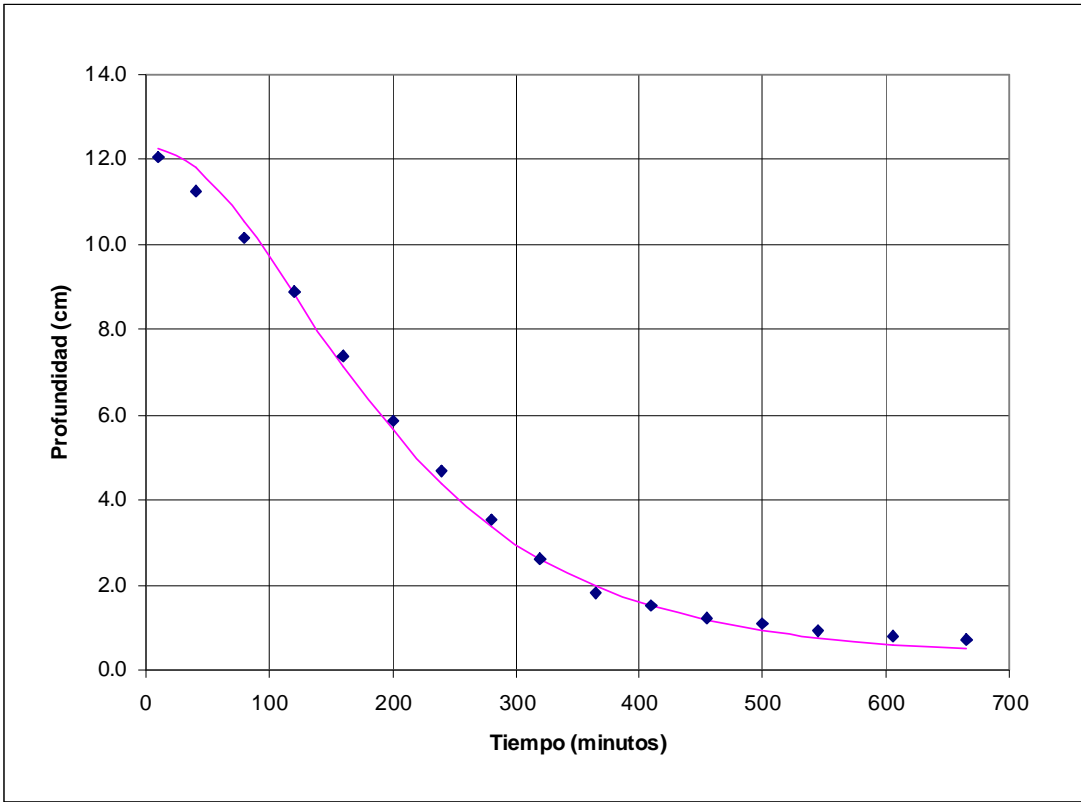


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 89.2 minutos
 Profundidad en ese instante: 5.0 cm

Humedad	58%
---------	-----

Temperatura hormigón	19.1°C
Temperatura ambiente	19.6°C
Cono de Abrahams	15cm
kg/m ³ cemento	444kg/m ³
Cemento	18.34kg
Arena Caliza	18.60kg
Arena Silicea	13.86kg
Gravilla	23.82kg
Grava	17.90kg
Agua	11.60litros
Agua/Cemento	0.63
y(0)	12.304
β	0.007
r	0.024

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	12.0	12.1	12.1	12.1
2	30	40	11.4	11.2	11.1	11.2
3	40	80	10.5	10.2	9.8	10.2
4	40	120	9.2	9.0	8.5	8.9
5	40	160	7.2	7.7	7.2	7.4
6	40	200	5.2	6.4	6.0	5.9
7	40	240	4.3	4.9	4.8	4.7
8	40	280	3.7	3.3	3.6	3.6
9	40	320	2.9	2.2	2.7	2.6
10	45	365	1.9	1.6	2.0	1.8
11	45	410	1.6	1.4	1.6	1.5
12	45	455	1.3	1.2	1.2	1.2
13	45	500	1.1	1.0	1.0	1.1
14	45	545	1.0	0.9	0.9	0.9
15	60	605	0.8	0.8	0.8	0.8
16	60	665	0.7	0.7	0.7	0.7

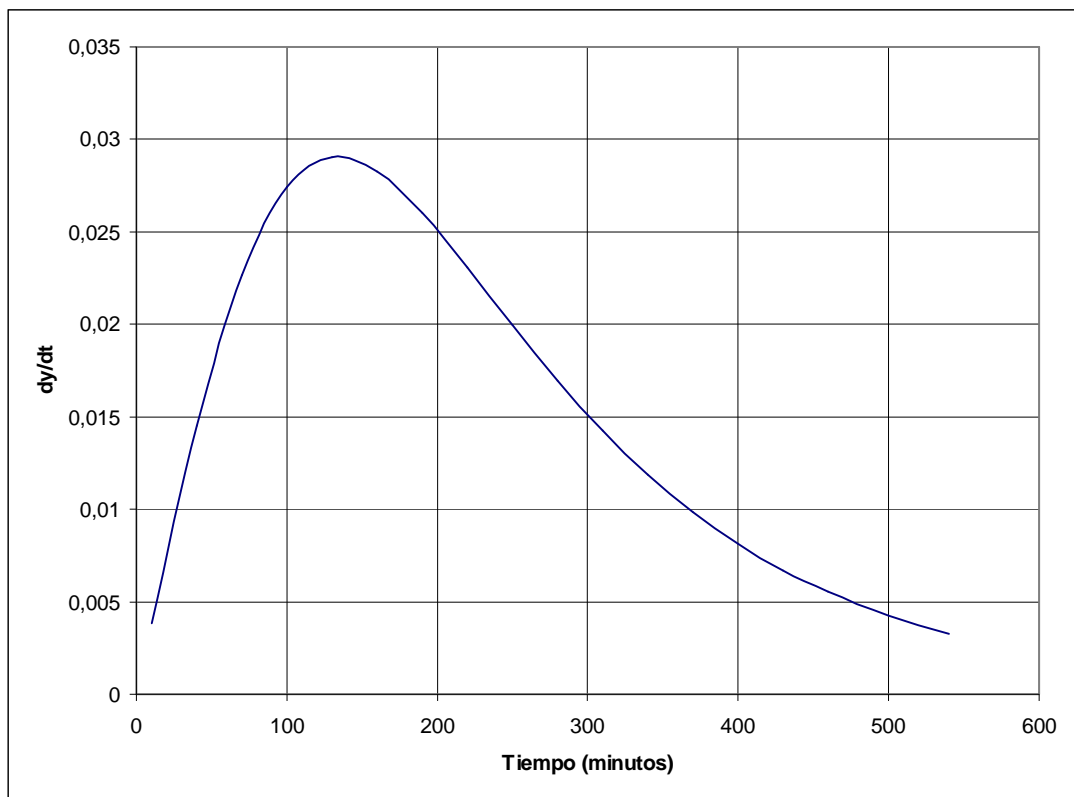
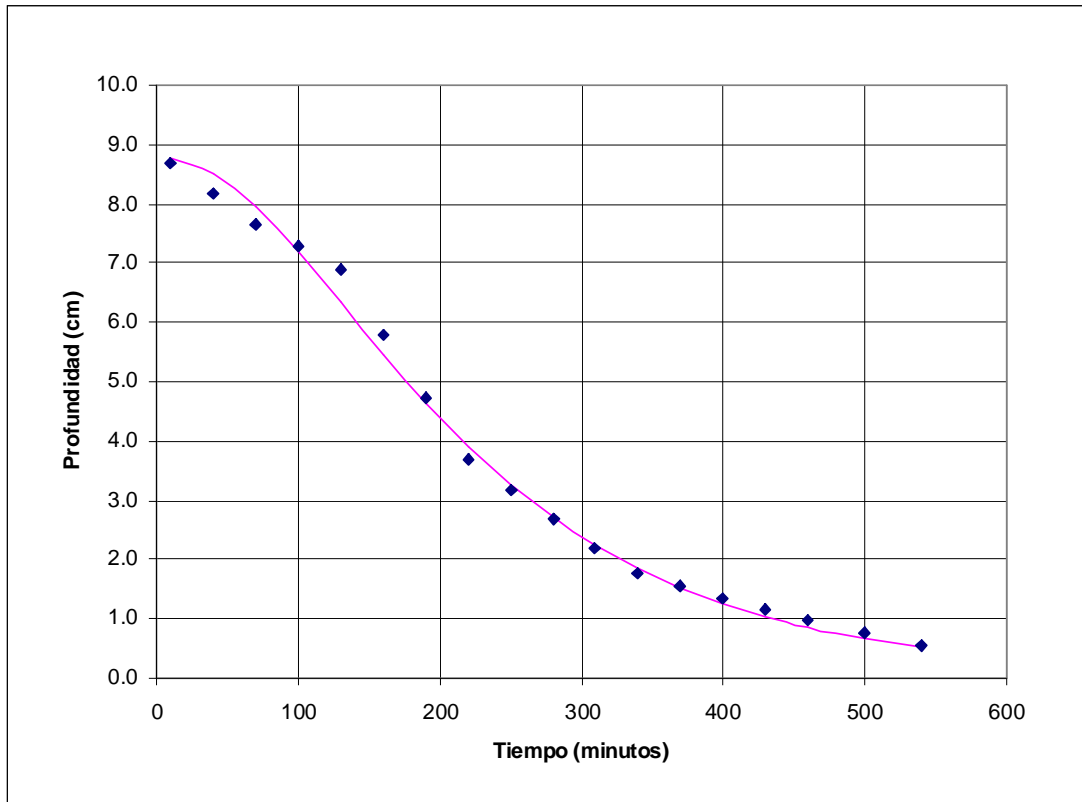


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 121.4 minutos
 Profundidad en ese instante: 8.8 cm

Humedad 75%

Temperatura hormigón	14.5°C
Temperatura ambiente	14.5°C
Cono de Abrahams	9cm
kg/m ³ cemento	555kg/m ³
Cemento	22.92kg
Arena Caliza	18.33kg
Arena Silicea	13.11kg
Gravilla	21.83kg
Grava	16.93kg
Agua	11.00litros
Agua/Cemento	0.48
y(0)	8.807
β	0.007
r	0.001

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	8.6	8.7	8.7	8.7
2	30	40	7.7	8.5	8.3	8.2
3	30	70	6.8	8.3	7.9	7.7
4	30	100	7.2	7.3	7.4	7.3
5	30	130	7.5	6.4	6.9	6.9
6	30	160	6.1	5.5	5.8	5.8
7	30	190	4.8	4.7	4.7	4.7
8	30	220	3.6	3.8	3.7	3.7
9	30	250	3.1	3.3	3.2	3.2
10	30	280	2.6	2.8	2.7	2.7
11	30	310	2.1	2.2	2.3	2.2
12	30	340	1.7	1.8	1.8	1.8
13	30	370	1.5	1.6	1.6	1.6
14	30	400	1.3	1.4	1.4	1.4
15	30	430	1.1	1.2	1.2	1.2
16	30	460	1.0	1.0	1.0	1.0
17	40	500	0.7	0.8	0.8	0.8
18	40	540	0.5	0.6	0.6	0.5



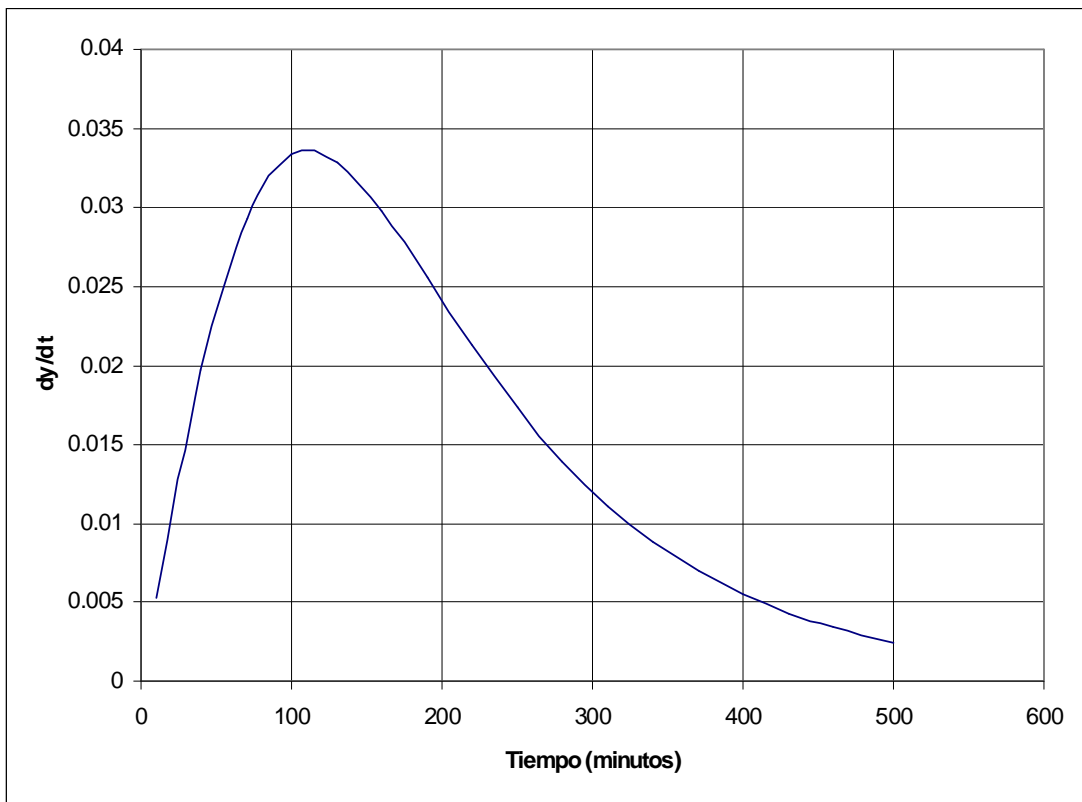
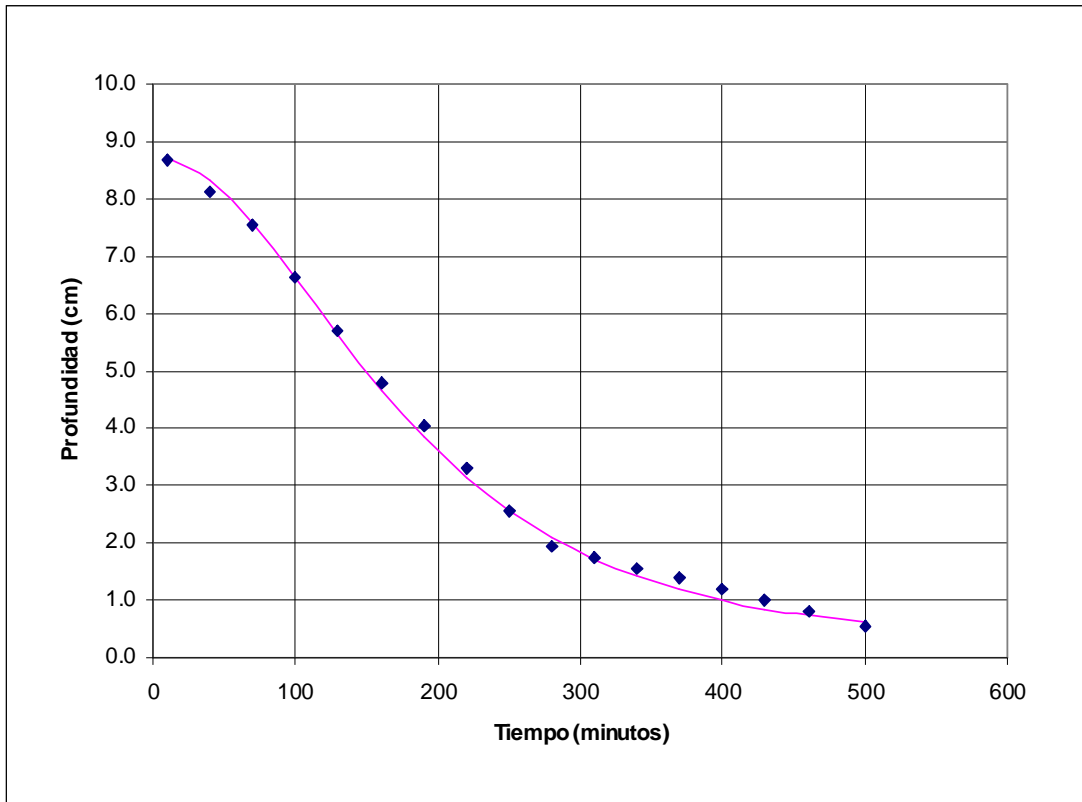
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 133.4 minutos

Profundidad en ese instante: 6.2 cm

Humedad	72%
---------	-----

Temperatura hormigón	14.5°C
Temperatura ambiente	14.5°C
Cono de Abrahams	6.5cm
kg/m ³ cemento	555kg/m ³
Cemento	22.92kg
Arena Caliza	18.33kg
Arena Silicea	13.11kg
Gravilla	21.83kg
Grava	16.93kg
Agua	10.00litros
Agua/Cemento	0.44
y(0)	8.733
β	0.008
r	0.035

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	8.8	8.5	8.7	8.7
2	30	40	8.3	7.9	8.1	8.1
3	30	70	7.8	7.3	7.4	7.5
4	30	100	6.8	6.5	6.6	6.6
5	30	130	5.7	5.6	5.7	5.7
6	30	160	4.7	4.8	4.9	4.8
7	30	190	4.0	4.0	4.1	4.1
8	30	220	3.3	3.2	3.3	3.3
9	30	250	2.6	2.5	2.6	2.6
10	30	280	2.0	1.9	2.0	1.9
11	30	310	1.8	1.7	1.8	1.8
12	30	340	1.6	1.5	1.6	1.6
13	30	370	1.4	1.3	1.4	1.4
14	30	400	1.2	1.2	1.2	1.2
15	30	430	1.0	1.0	1.0	1.0
16	30	460	0.8	0.8	0.8	0.8
17	40	500	0.6	0.6	0.6	0.6



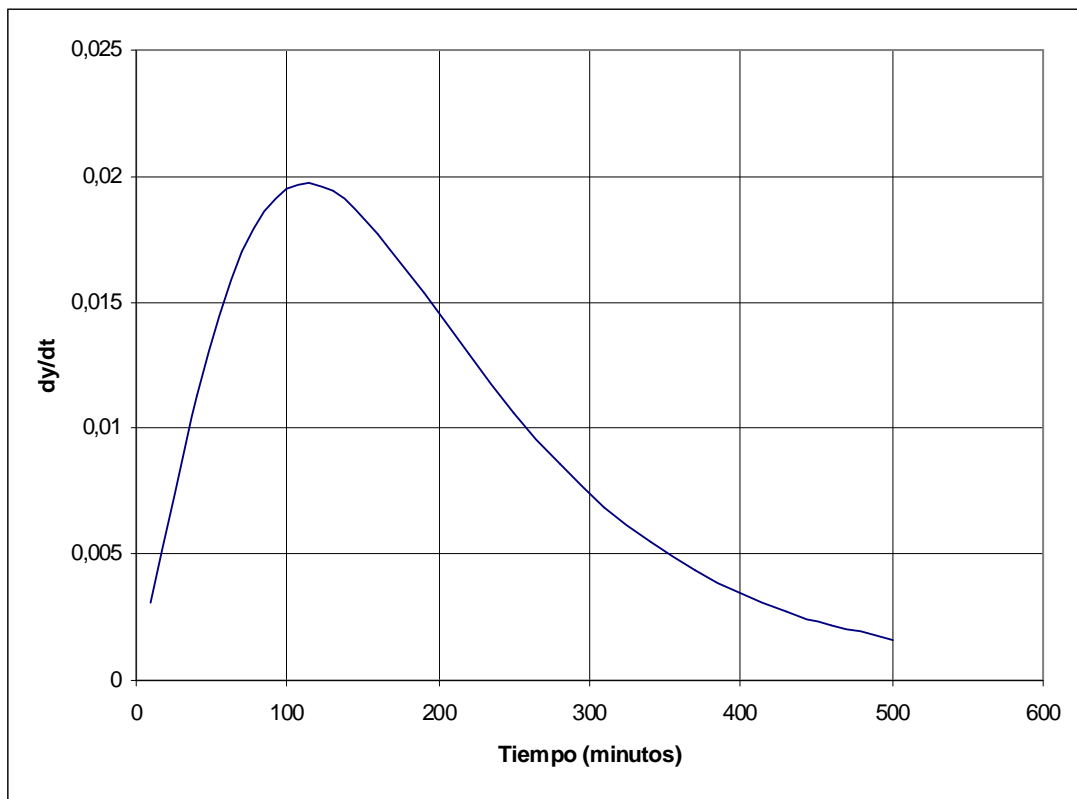
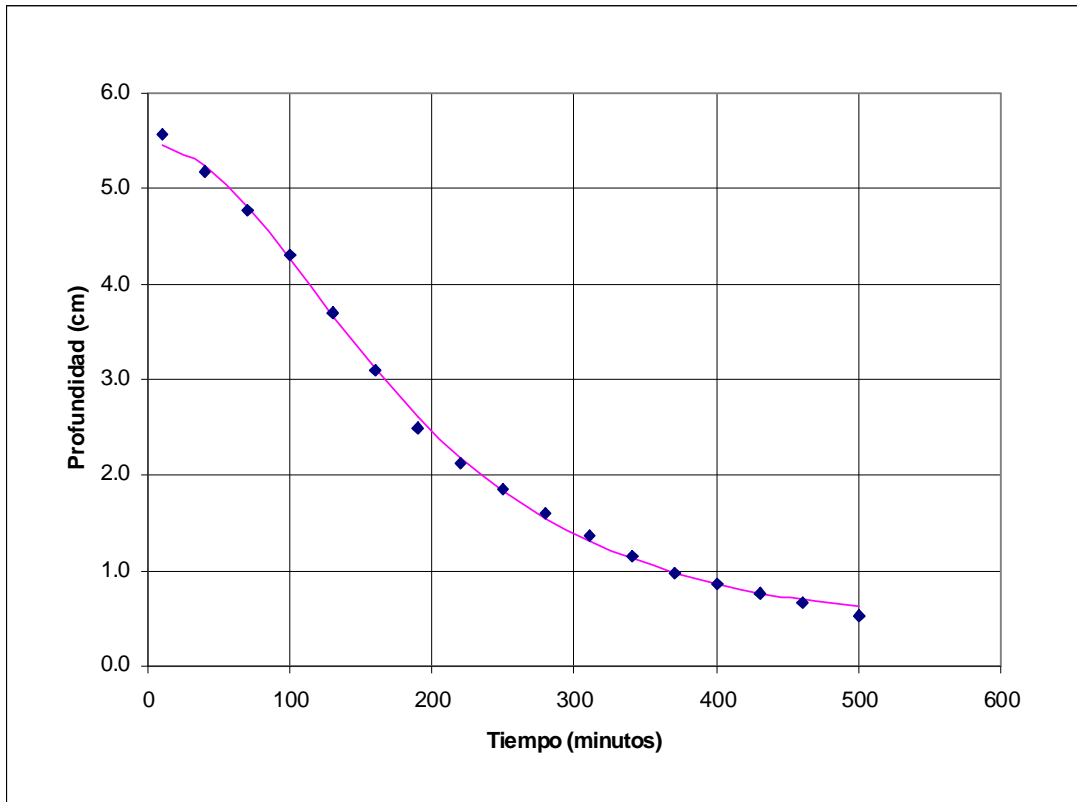
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 110.6 minutos

Profundidad en ese instante: 6.3 cm

Humedad	72%
---------	-----

Temperatura hormigón	14.5°C
Temperatura ambiente	14.5°C
Cono de Abrahams	6.5cm
kg/m ³ cemento	666kg/m ³
Cemento	27.51kg
Arena Caliza	17.28kg
Arena Silicea	12.36kg
Gravilla	20.58kg
Grava	15.96kg
Agua	10.00litros
Agua/Cemento	0.36
y(0)	5.479
β	0.008
r	0.075

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	5.7	5.6	5.5	5.6
2	30	40	5.2	5.2	5.2	5.2
3	30	70	4.7	4.8	4.8	4.8
4	30	100	4.2	4.3	4.4	4.3
5	30	130	3.7	3.7	3.7	3.7
6	30	160	3.3	3.0	3.0	3.1
7	30	190	2.8	2.4	2.3	2.5
8	30	220	2.3	2.0	2.0	2.1
9	30	250	1.9	1.8	1.9	1.9
10	30	280	1.4	1.5	1.8	1.6
11	30	310	1.2	1.3	1.6	1.4
12	30	340	0.9	1.1	1.4	1.1
13	30	370	0.8	1.0	1.1	1.0
14	30	400	0.7	0.9	1.0	0.9
15	30	430	0.6	0.8	0.8	0.8
16	30	460	0.6	0.8	0.6	0.7
17	40	500	0.5	0.7	0.4	0.5

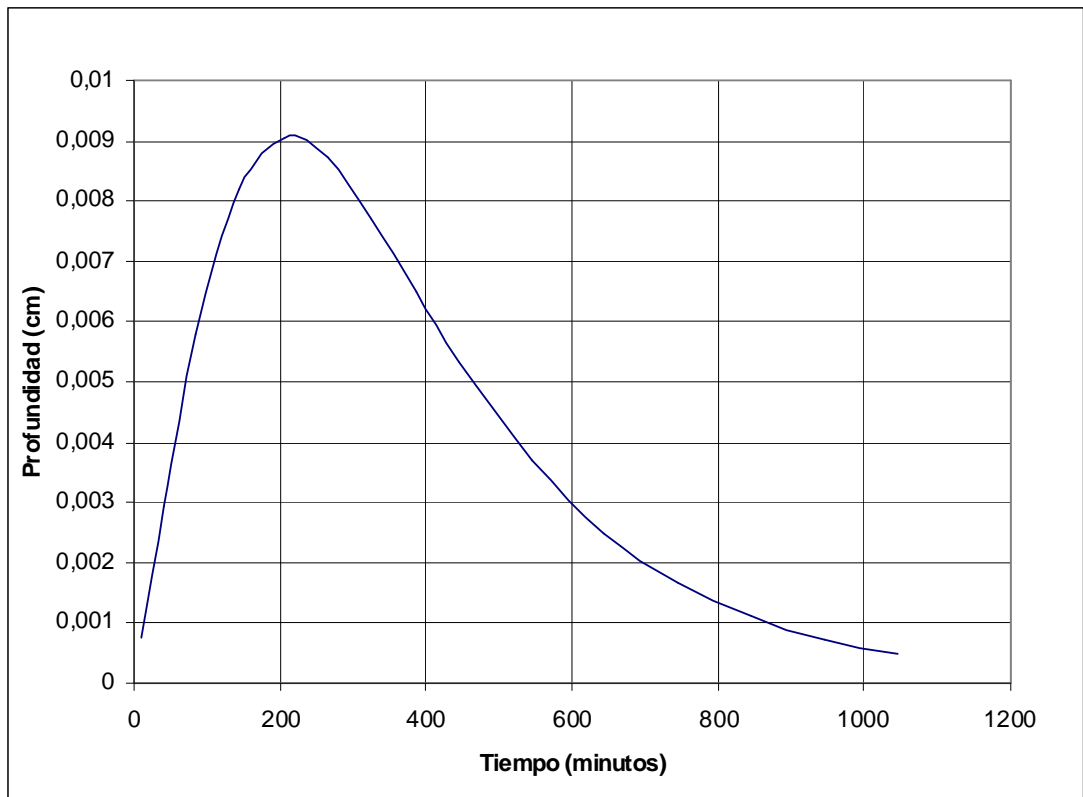
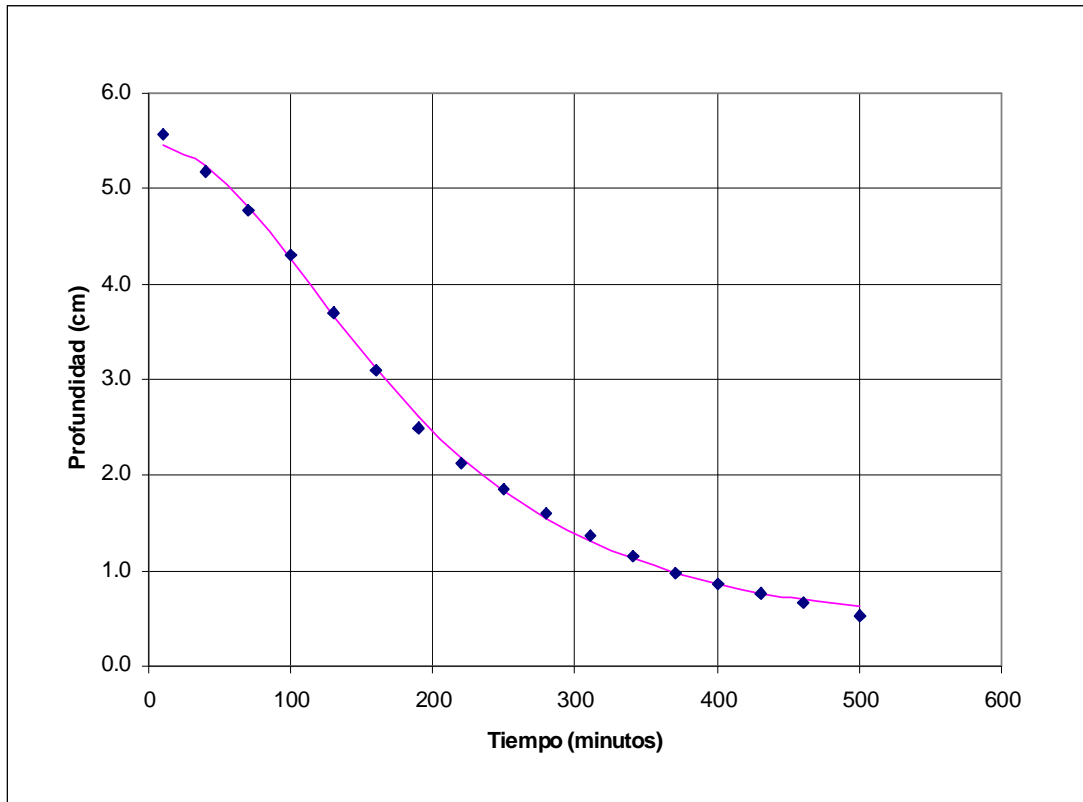


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 113.4 minutos
 Profundidad en ese instante: 6.3 cm

CEM II/B-M (V-LL) 32.5 R (UNE EN 197-1)

Humedad	75%
Temperatura hormigón	11°C
Temperatura ambiente	10,4°C
Cono de Abrahams	5cm
kg/m ³ cemento	260kg/m ³
Cemento	10,74kg
Arena Caliza	19,77kg
Arena Silicea	15,41kg
Gravilla	25,96kg
Grava	19,67kg
Agua	7,50litros
Agua/Cemento	0,70
y(0)	4,990
β	0,004
r	0,122

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	4,9	5,2	5,0	5,0
2	30	40	4,8	5,0	4,9	4,9
3	45	85	4,8	4,8	4,5	4,7
4	60	145	4,2	4,3	4,0	4,2
5	60	205	3,7	3,8	3,5	3,7
6	60	265	2,7	3,7	3,1	3,2
7	60	325	2,5	3,3	2,8	2,9
8	60	385	2,4	2,7	2,4	2,5
9	60	445	2,1	2,3	2,0	2,1
10	100	545	1,6	1,7	1,4	1,6
11	100	645	1,2	1,3	1,2	1,2
12	100	745	1,0	1,1	1,1	1,1
13	100	845	0,9	0,8	0,8	0,8
14	100	945	0,6	0,8	0,8	0,7
15	100	1045	0,5	0,7	0,7	0,6



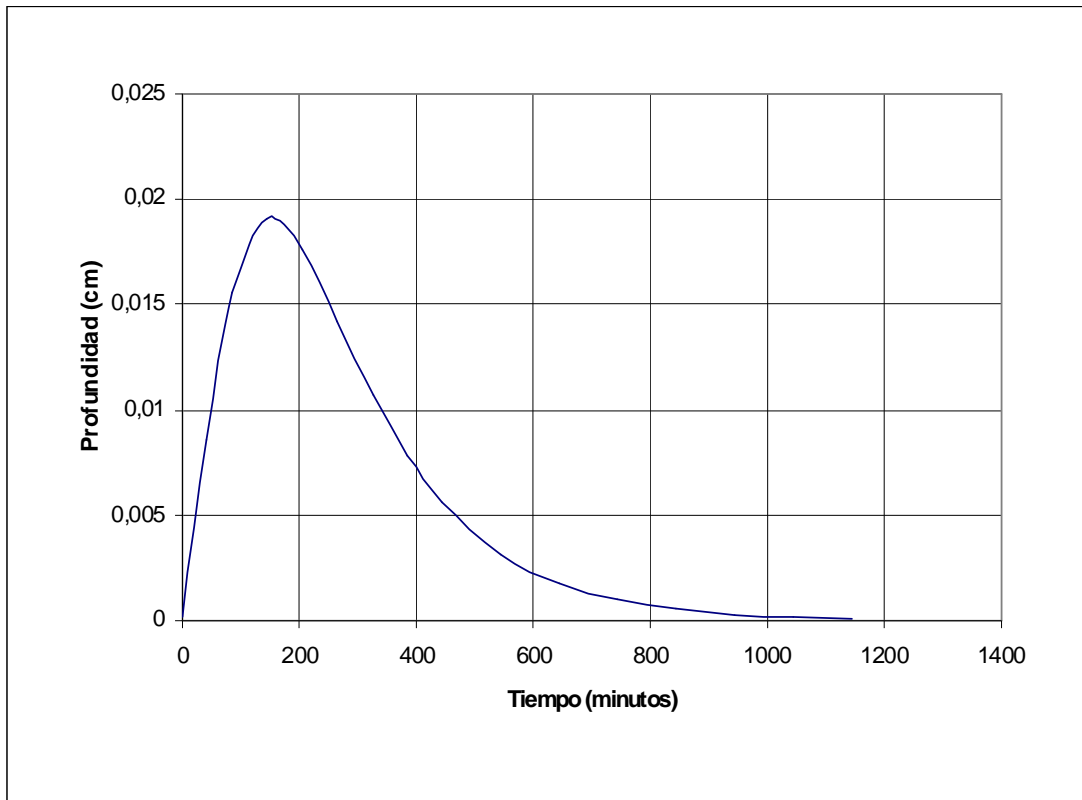
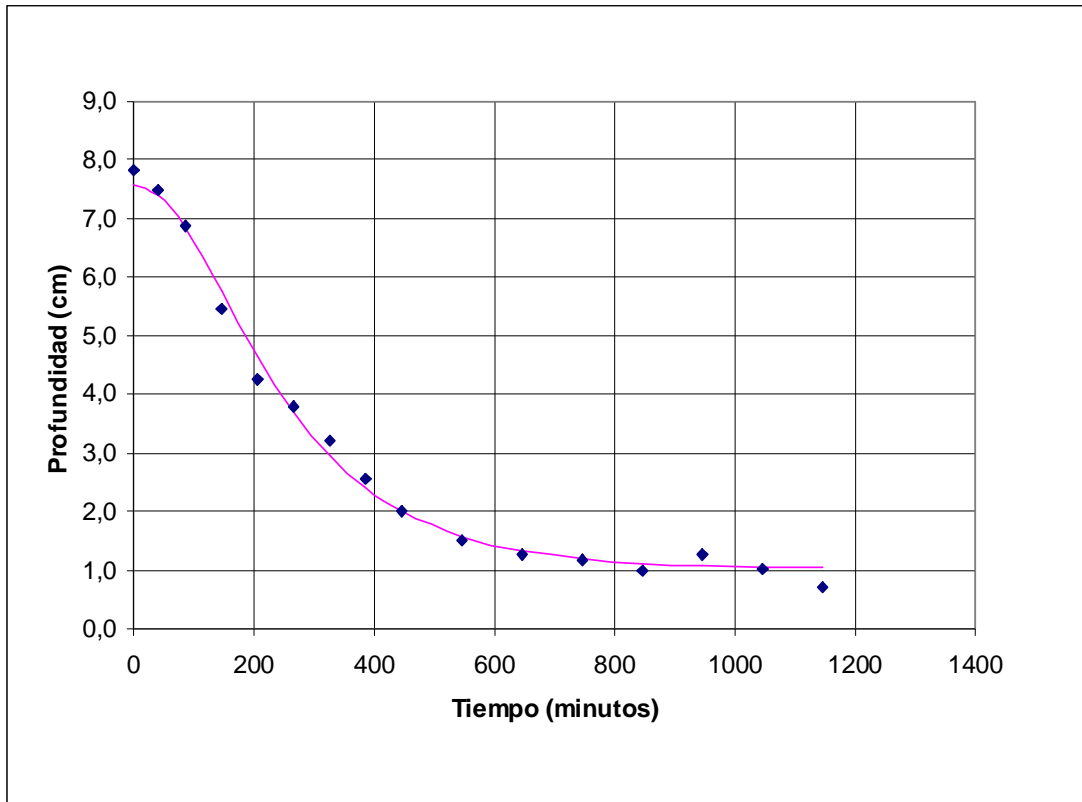
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 213 minutos

Profundidad en ese instante: 3.7 cm

Humedad	75%
---------	-----

Temperatura hormigón	10°C
Temperatura ambiente	10,4°C
Cono de Abrahams	10cm
kg/m ³ cemento	260kg/m ³
Cemento	10,74kg
Arena Caliza	19,77kg
Arena Silicea	15,41kg
Gravilla	25,96kg
Grava	19,67kg
Agua	10,74litros
Agua/Cemento	0,75
y(0)	7,581
β	0,006
r	0,136

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	1	7,8	7,9	7,8	7,8
2	30	40	7,2	7,7	7,5	7,5
3	45	85	6,4	7,3	6,9	6,9
4	60	145	5,4	5,7	5,3	5,5
5	60	205	4,6	4,3	3,9	4,3
6	60	265	4,0	3,7	3,7	3,8
7	60	325	3,0	3,1	3,4	3,2
8	60	385	2,5	2,6	2,6	2,6
9	60	445	2,1	1,9	2,0	2,0
10	100	545	1,6	1,5	1,4	1,5
11	100	645	1,3	1,2	1,3	1,3
12	100	745	1,1	1,2	1,2	1,2
13	100	845	1,0	0,9	1,1	1,0
14	100	945	1,3	1,2	1,3	1,3
15	100	1045	1,1	1,0	1,0	1,0
16	100	1145	0,7	0,7	0,7	0,7

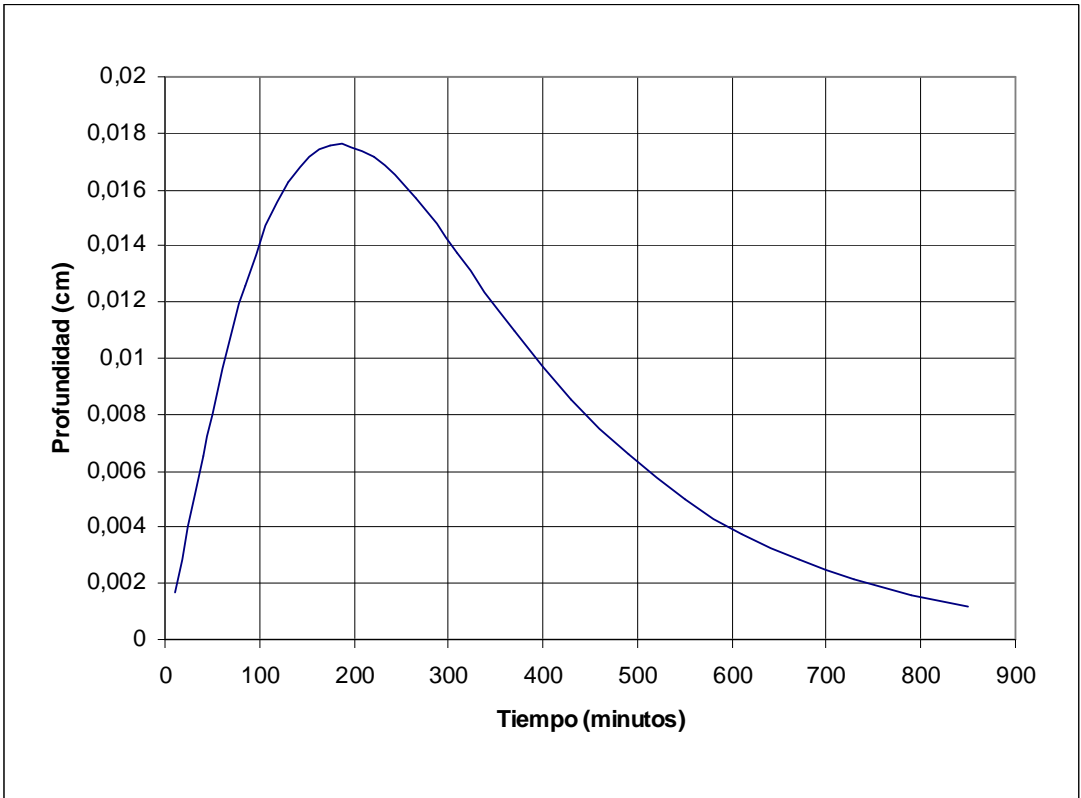
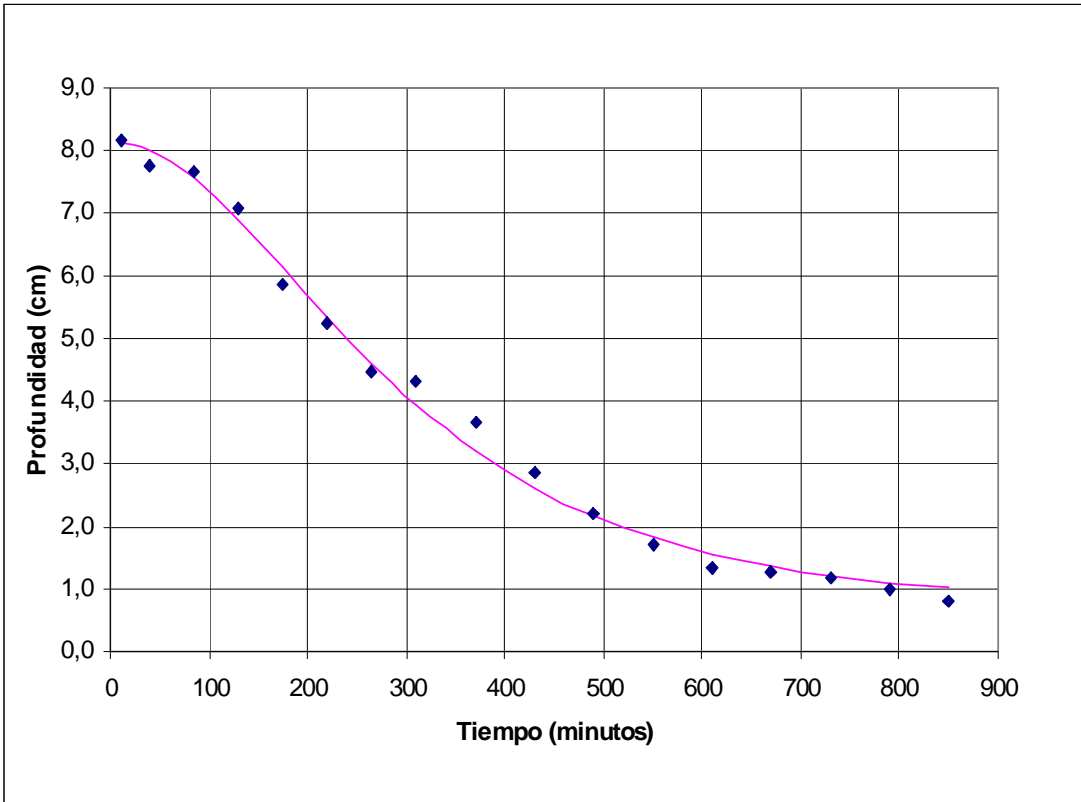


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 245.5 minutos
 Profundidad en ese instante: 4.1 cm

Humedad	65%
---------	-----

Temperatura hormigón	14,3°C
Temperatura ambiente	14,4°C
Cono de Abrahams	10cm
kg/m ³ cemento	286kg/m ³
Cemento	11,8kg
Arena Caliza	20,0kg
Arena Silicea	14,9kg
Gravilla	25,7kg
Grava	19,3kg
Agua	9,96litros
Agua/Cemento	0,84
y(0)	8,127
β	0,005
r	0,094

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	8,0	8,3	8,2	8,2
2	30	40	7,8	7,9	7,6	7,8
3	45	85	7,8	7,5	7,7	7,7
4	45	130	7,0	7,2	7,0	7,1
5	45	175	6,0	5,4	6,2	5,9
6	45	220	5,2	5,0	5,5	5,2
7	45	265	4,6	4,2	4,5	4,5
8	45	310	4,5	4,3	4,2	4,3
9	60	370	3,7	3,7	3,5	3,7
10	60	430	2,9	3,0	2,7	2,9
11	60	490	2,2	2,3	2,1	2,2
12	60	550	1,6	1,7	1,8	1,7
13	60	610	1,3	1,3	1,5	1,3
14	60	670	1,3	1,2	1,4	1,3
15	60	730	1,2	1,1	1,2	1,2
16	60	790	0,9	1,0	1,0	1,0
17	60	850	0,7	0,9	0,8	0,8



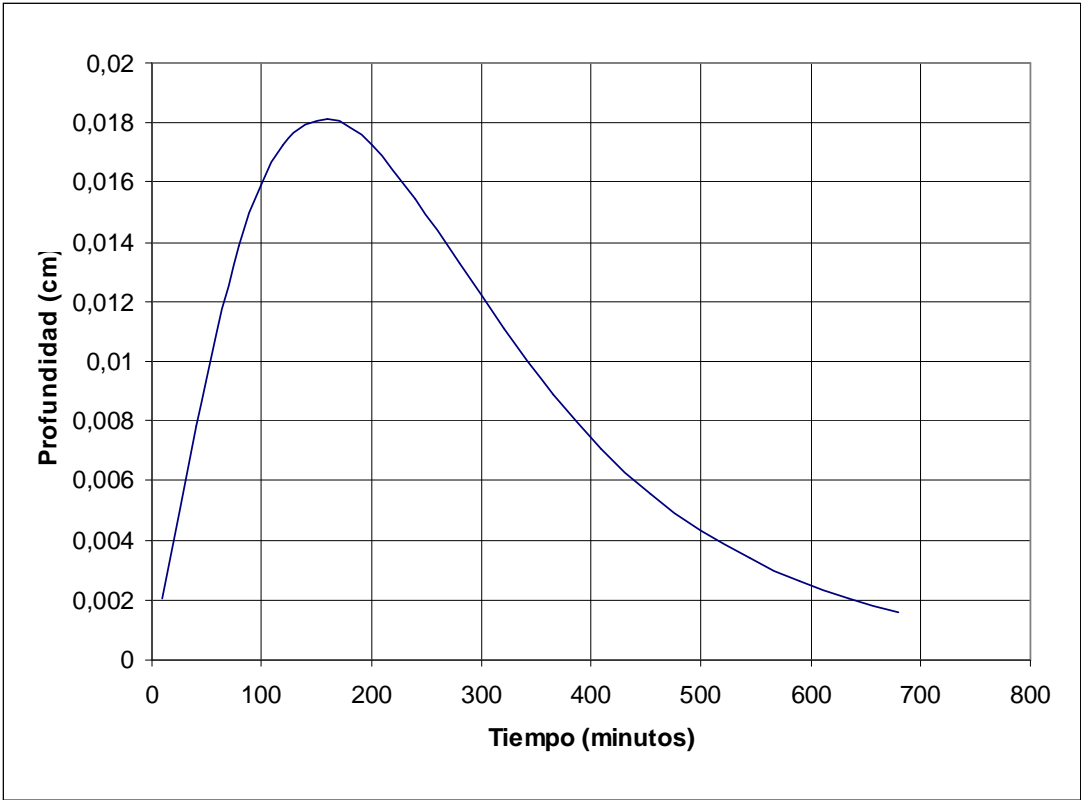
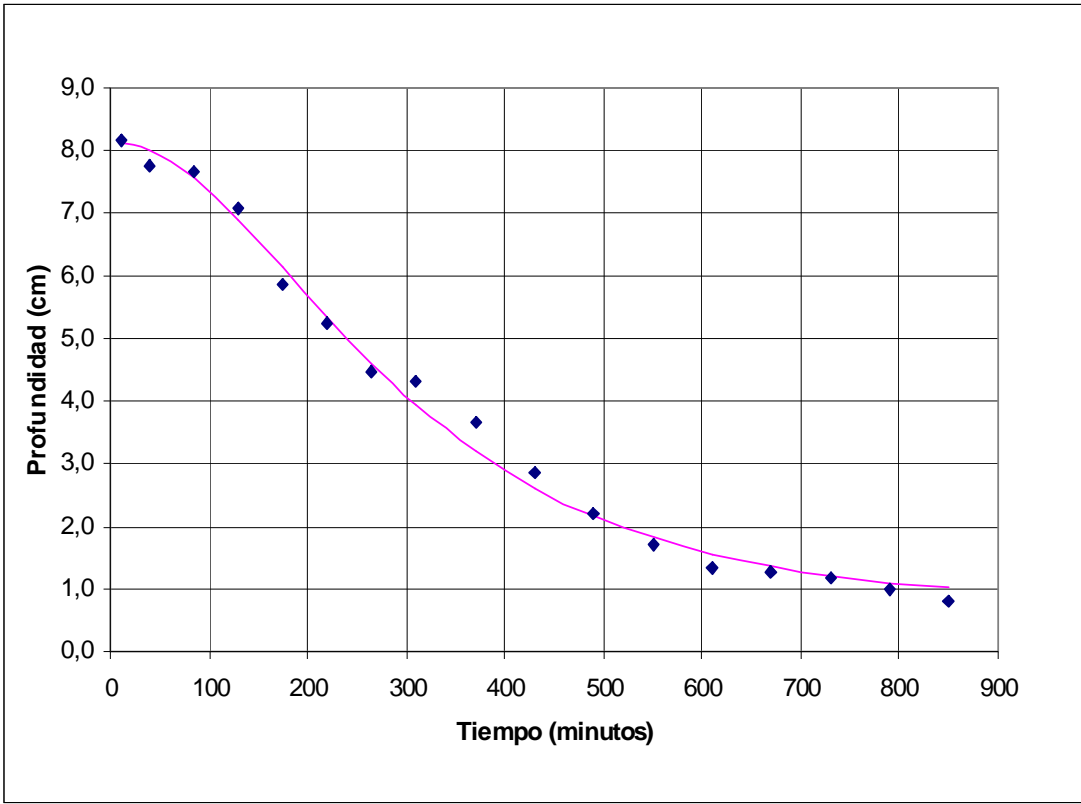
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 184.1 minutos

Profundidad en ese instante: 6.0 cm

Humedad	66 %
---------	------

Temperatura hormigón	14,9 °C
Temperatura ambiente	14,5 °C
Cono de Abrahams	5 cm
kg/m ³ cemento	286 kg/m ³
Cemento	11,8 kg
Arena Caliza	20,0 kg
Arena Silicea	14,9 kg
Gravilla	25,7 kg
Grava	19,3 kg
Agua	8,96 litros
Agua/Cemento	0,76
y(0)	7,130
β	0,006
r	0,093

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	7,1	7,3	7,0	7,1
2	30	40	6,6	7,2	6,7	6,8
3	40	80	6,2	6,9	6,2	6,4
4	40	120	6,3	6,5	5,4	6,1
5	40	160	6,2	6,0	4,7	5,6
6	40	200	4,6	5,0	4,0	4,5
7	40	240	3,0	3,9	3,3	3,4
8	40	280	2,5	3,2	2,9	2,9
9	40	320	2,5	2,8	2,7	2,7
10	45	365	2,6	2,4	2,5	2,5
11	45	410	2,5	2,0	2,2	2,2
12	45	455	2,1	1,8	1,8	1,9
13	45	500	1,7	1,5	1,4	1,5
14	45	545	1,4	1,3	1,1	1,3
15	45	590	1,2	1,2	1,0	1,1
16	45	635	0,9	1,0	0,9	1,0
17	45	680	0,9	1,0	0,9	1,0

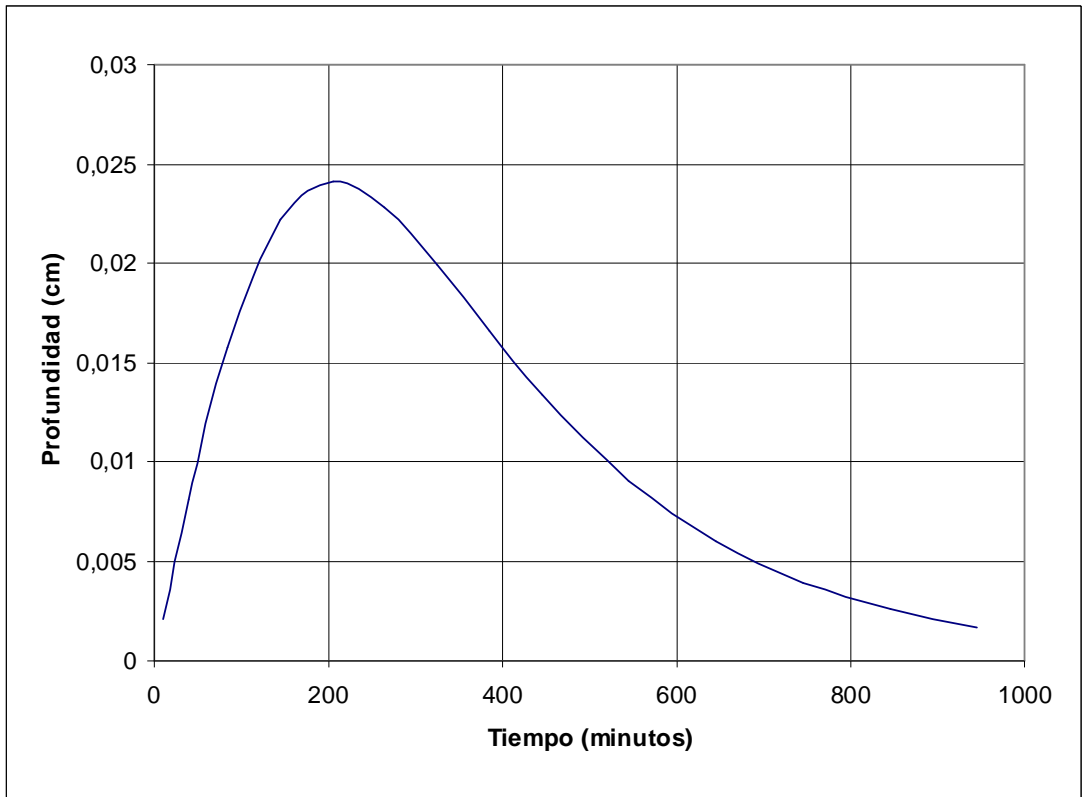
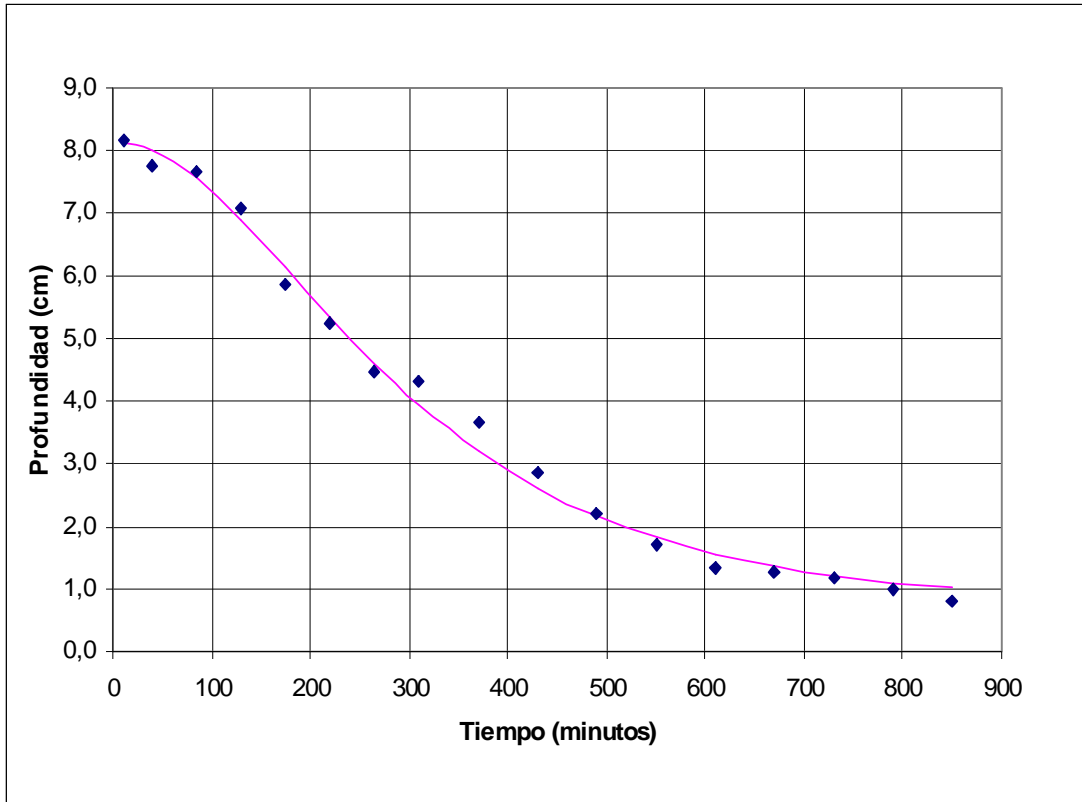


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 157.1 minutos
 Profundidad en ese instante: 5.2 cm

Humedad	82 %
---------	------

Temperatura hormigón	14,5 °C
Temperatura ambiente	14 °C
Cono de Abrahams	24 cm
kg/m ³ cemento	346 kg/m ³
Cemento	14,3 kg
Arena Caliza	19,5 kg
Arena Silicea	14,5 kg
Gravilla	25,0 kg
Grava	18,8 kg
Agua	10,50 litros
Agua/Cemento	0,73
y(0)	11,496
β	0,004
r	0,021

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	11,6	11,5	11,4	11,5
2	30	40	11,5	11,3	11,4	11,4
3	45	85	10,6	10,3	10,5	10,5
4	60	145	9,3	9,1	9,3	9,2
5	60	205	8,8	8,6	7,6	8,3
6	60	265	8,3	8,2	5,9	7,5
7	60	325	6,7	6,3	4,8	5,9
8	60	385	5,2	4,4	3,8	4,5
9	60	445	3,8	3,4	3,1	3,4
10	100	545	1,6	1,8	2,0	1,8
11	100	645	1,4	1,5	1,5	1,5
12	100	745	1,2	1,2	1,3	1,2
13	100	845	1,0	0,9	1,1	1,0
14	100	945	0,8	0,7	0,8	0,8

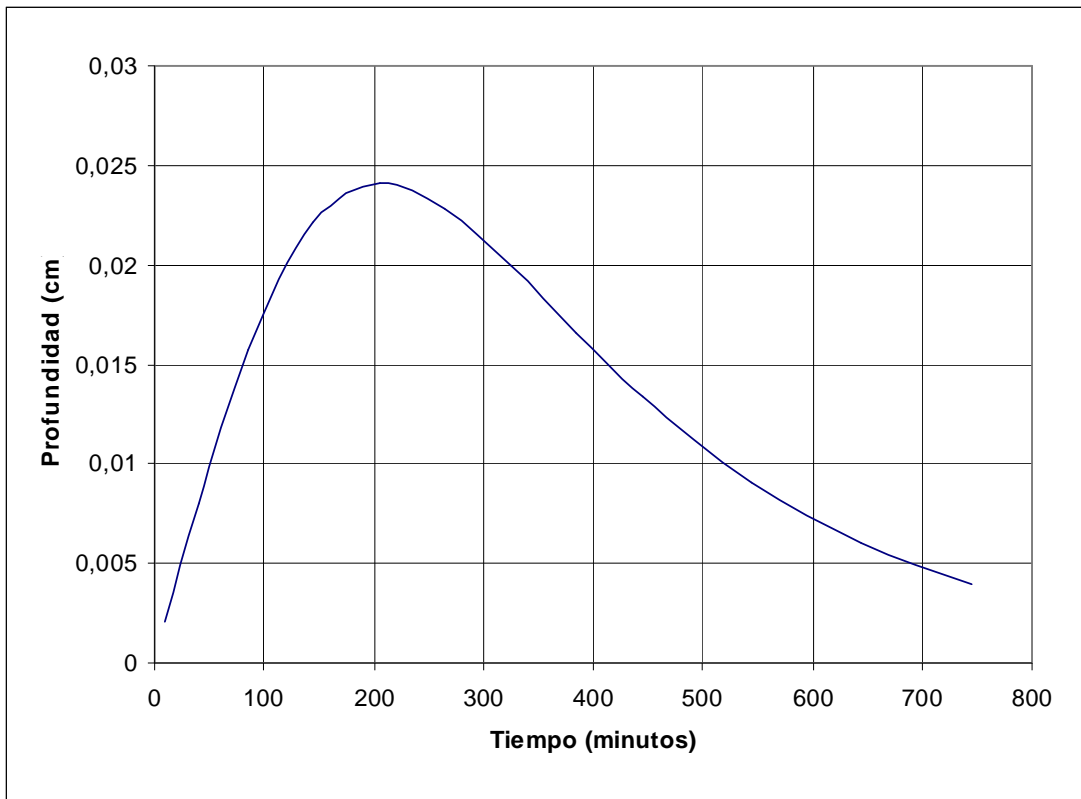
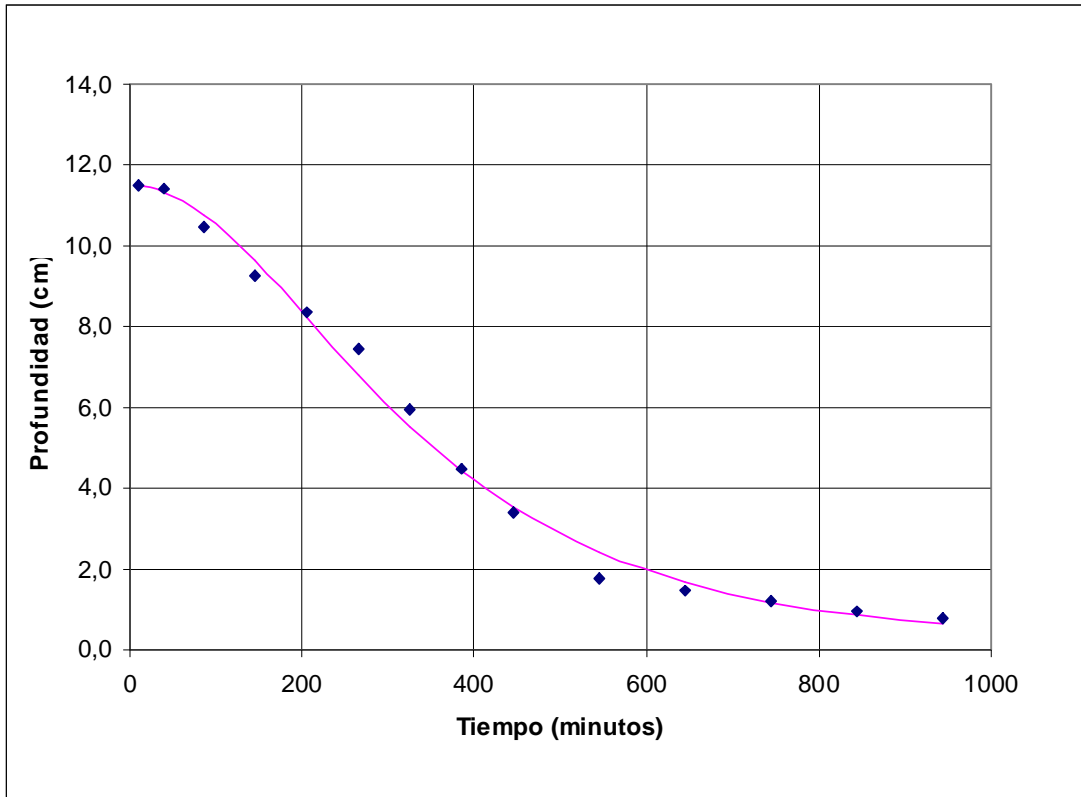


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 205.8 minutos
 Profundidad en ese instante: 8.2 cm

Humedad	82 %
---------	------

Temperatura hormigón	14,5 °C
Temperatura ambiente	14 °C
Cono de Abrahams	18 cm
kg/m ³ cemento	346 kg/m ³
Cemento	14,3 kg
Arena Caliza	19,5 kg
Arena Silicea	14,5 kg
Gravilla	25,0 kg
Grava	18,8 kg
Agua	9,00 litros
Agua/Cemento	0,62
y(0)	9,482
β	0,006
r	0,075

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	9,5	9,3	9,4	9,4
2	30	40	9,0	9,1	9,0	9,0
3	45	85	8,4	8,7	8,3	8,5
4	60	145	7,0	7,6	7,0	7,2
5	60	205	5,1	5,7	5,1	5,3
6	60	265	4,1	4,6	4,2	4,3
7	60	325	3,2	3,6	3,4	3,4
8	60	385	2,7	3,0	2,9	2,9
9	60	445	2,2	2,4	2,4	2,3
10	100	545	1,6	1,7	1,7	1,6
11	100	645	1,1	1,2	1,1	1,1
12	100	745	0,7	0,8	0,7	0,7



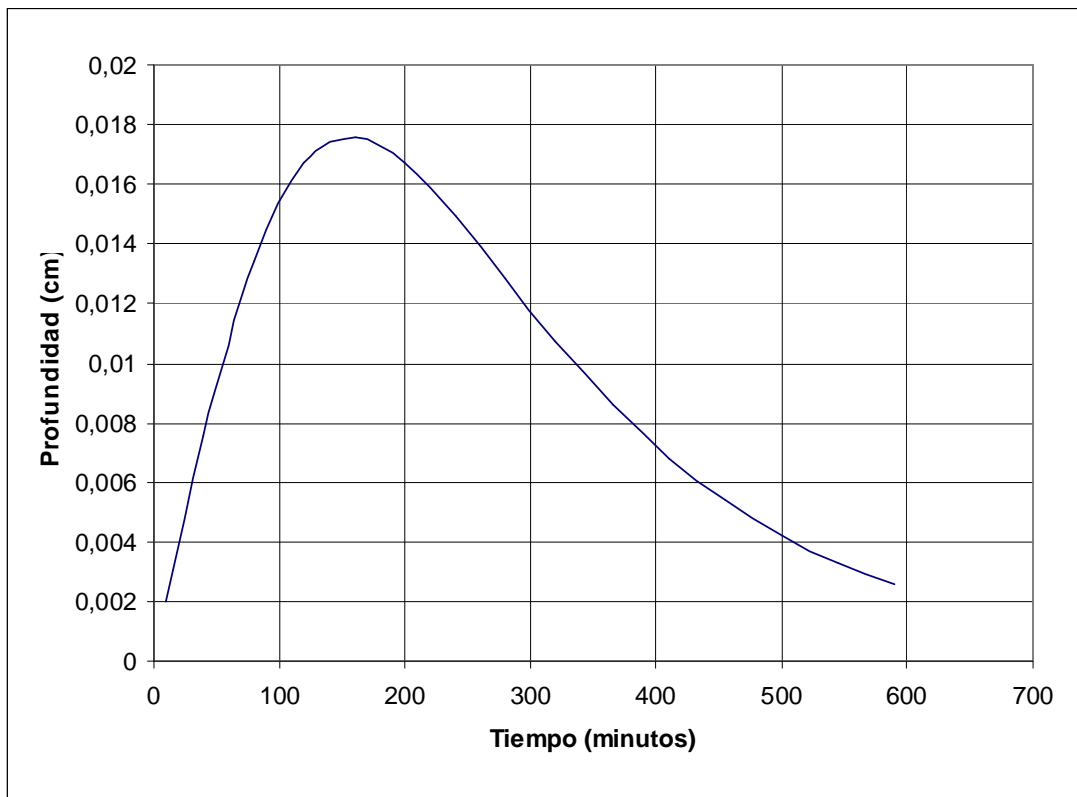
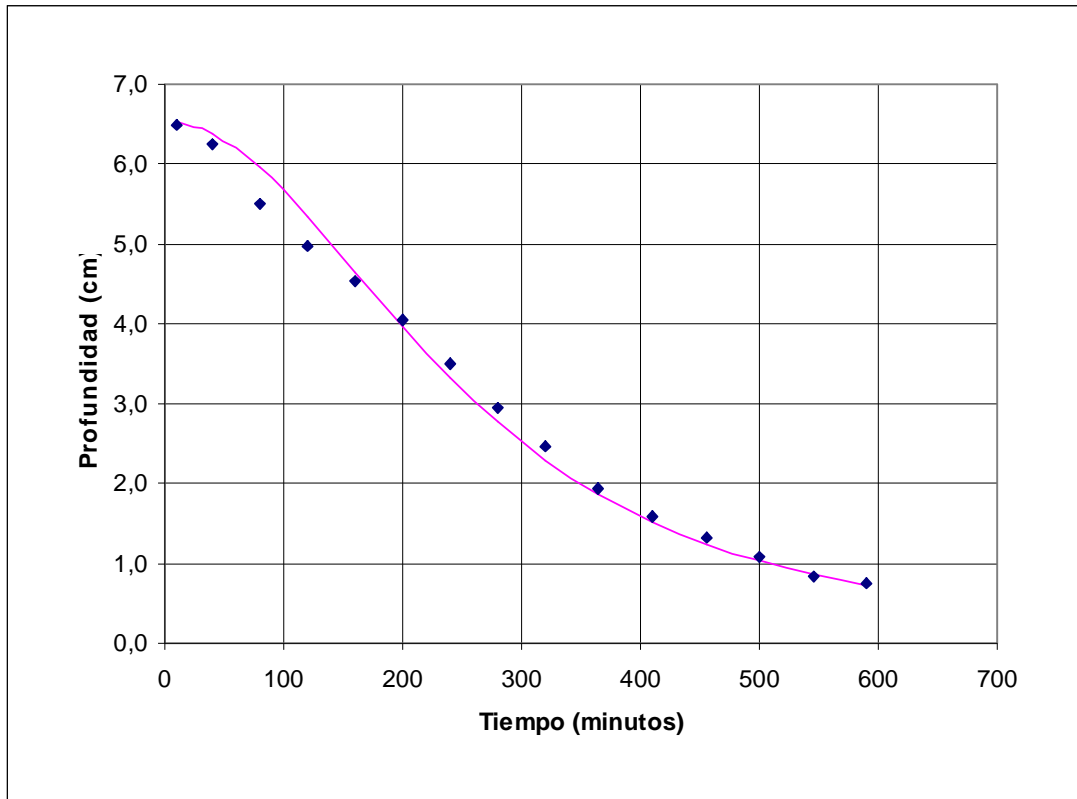
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 202.2 minutos

Profundidad en ese instante: 5.6 cm

Humedad	68 %
---------	------

Temperatura hormigón	14,9 °C
Temperatura ambiente	13,9 °C
Cono de Abrahams	4,5 cm
kg/m ³ cemento	555 kg/m ³
Cemento	22,92 kg
Arena Caliza	18,33 kg
Arena Silicea	13,11 kg
Gravilla	21,83 kg
Grava	16,93 kg
Agua	10,00 litros
Agua/Cemento	0,44
y(0)	6,538
β	0,006
r	0,042

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	6,5	6,4	6,6	6,5
2	30	40	6,3	6,2	6,3	6,3
3	40	80	5,5	5,5	5,5	5,5
4	40	120	5,0	5,0	4,9	5,0
5	40	160	4,5	4,6	4,6	4,5
6	40	200	4,0	4,1	4,0	4,1
7	40	240	3,5	3,6	3,3	3,5
8	40	280	3,1	3,1	2,7	3,0
9	40	320	2,6	2,5	2,3	2,5
10	45	365	2,1	1,9	1,8	1,9
11	45	410	1,7	1,5	1,5	1,6
12	45	455	1,5	1,3	1,2	1,3
13	45	500	1,2	1,1	1,0	1,1
14	45	545	0,9	0,8	0,8	0,8
15	45	590	0,8	0,7	0,8	0,8



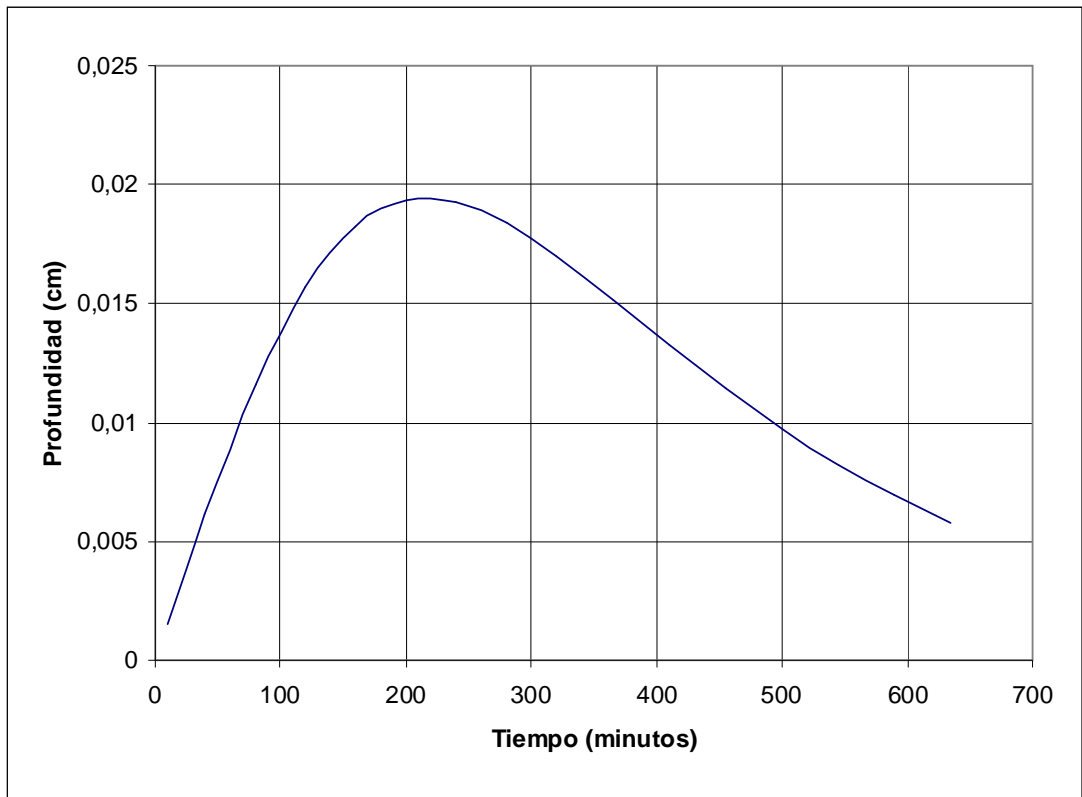
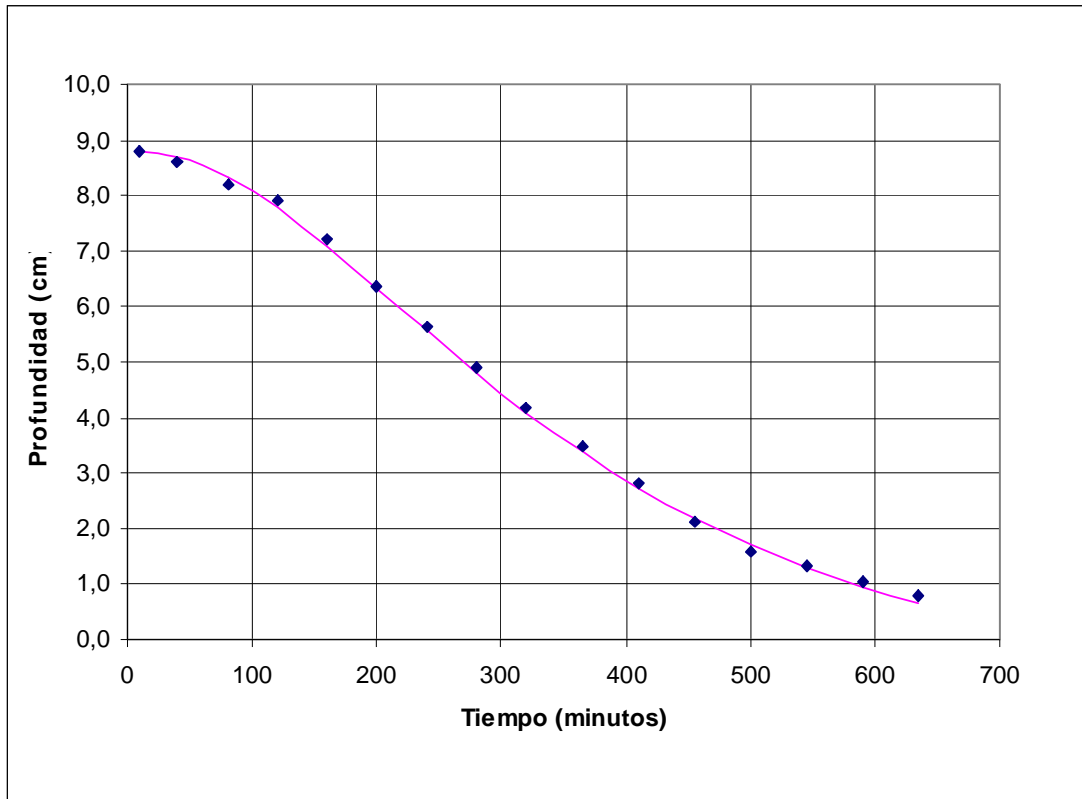
Instante de cambio de cóncavo a convexo: 157.0 minutos

Profundidad en ese instante: 4.7 cm

Humedad	68 %
---------	------

Temperatura hormigón	14,9 °C
Temperatura ambiente	13,4 °C
Cono de Abrahams	12,5 cm
kg/m ³ cemento	555 kg/m ³
Cemento	22,92 kg
Arena Caliza	18,33 kg
Arena Silicea	13,11 kg
Gravilla	21,83 kg
Grava	16,93 kg
Agua	11,00 litros
Agua/Cemento	0,48
y(0)	8,813
β	0,004
r	-0,088

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	8,9	8,8	8,7	8,8
2	30	40	8,4	8,9	8,5	8,6
3	40	80	8,0	8,9	8,5	8,2
4	40	120	8,2	7,6	8,0	7,9
5	40	160	7,8	6,6	7,2	7,2
6	40	200	7,2	5,7	6,2	6,4
7	40	240	6,3	5,2	5,4	5,6
8	40	280	5,3	4,7	4,6	4,9
9	40	320	4,4	4,3	3,9	4,2
10	45	365	3,6	3,6	3,3	3,5
11	45	410	2,8	2,9	2,8	2,8
12	45	455	2,0	2,1	2,2	2,1
13	45	500	1,4	1,6	1,8	1,6
14	45	545	1,2	1,3	1,5	1,3
15	45	590	1,0	1,0	1,1	1,1
16	45	635	0,8	0,7	0,8	0,8

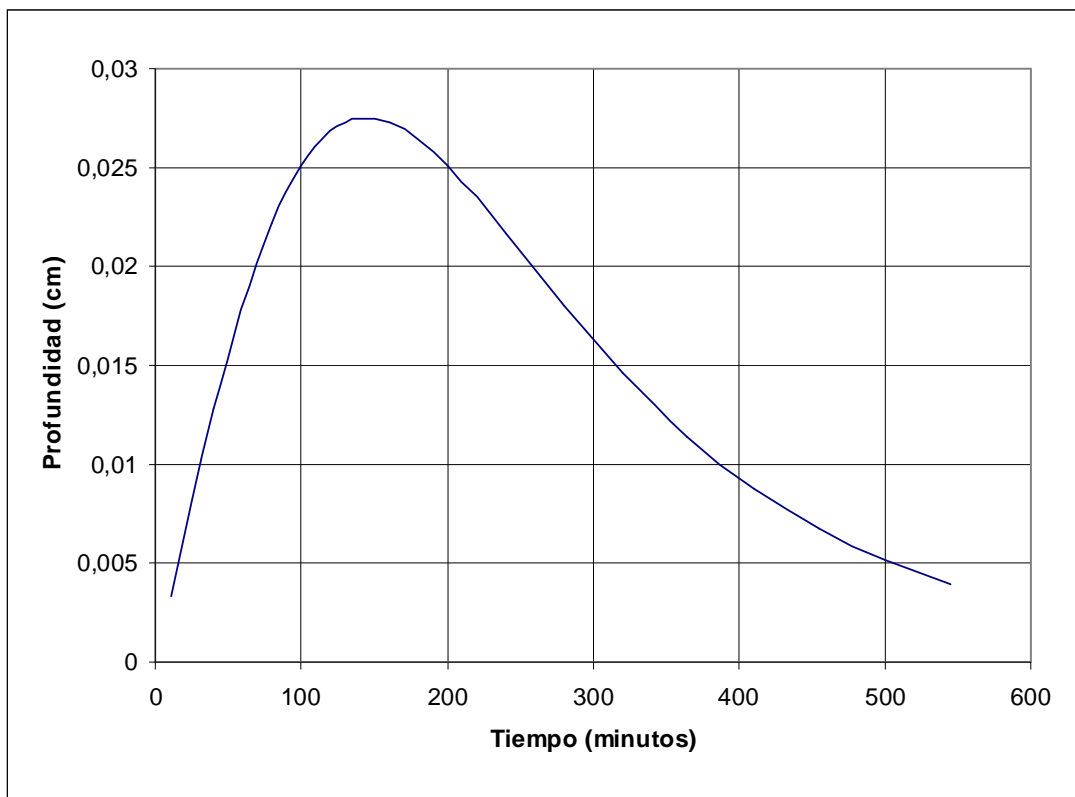
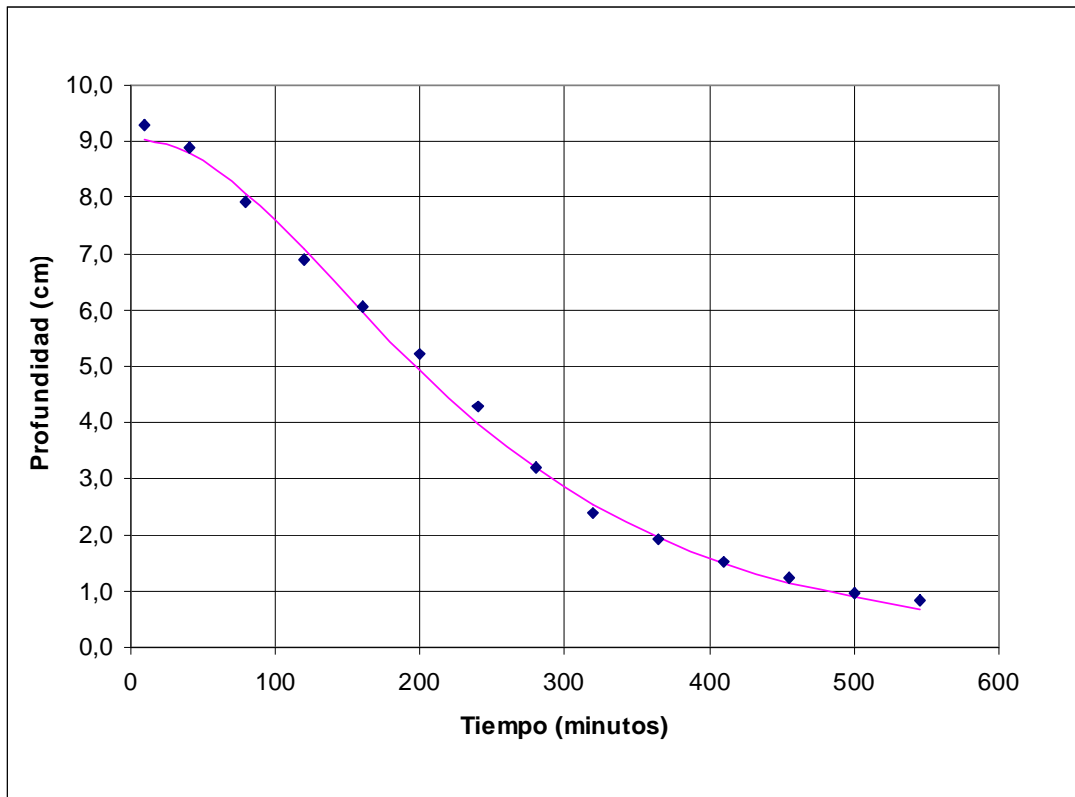


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 217.2 minutos
 Profundidad en ese instante: 6.0 cm

Humedad	64 %
---------	------

Temperatura hormigón	15,3 °C
Temperatura ambiente	13,1 °C
Cono de Abrahams	9 cm
kg/m ³ cemento	666 kg/m ³
Cemento	27,51 kg
Arena Caliza	17,28 kg
Arena Silicea	12,36 kg
Gravilla	20,58 kg
Grava	15,96 kg
Agua	11,00 litros
Agua/Cemento	0,40
y(0)	9,043
β	0,006
r	0,005

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	9,4	9,2	9,2	9,3
2	30	40	9,5	8,1	9,0	8,9
3	40	80	8,1	6,9	8,6	7,9
4	40	120	6,7	5,9	8,1	6,9
5	40	160	6,0	5,5	6,6	6,1
6	40	200	5,4	5,2	5,1	5,2
7	40	240	4,5	4,4	3,9	4,3
8	40	280	3,4	3,2	3,0	3,2
9	40	320	2,5	2,3	2,3	2,4
10	45	365	2,1	1,9	1,9	1,9
11	45	410	1,6	1,5	1,4	1,5
12	45	455	1,3	1,3	1,2	1,2
13	45	500	0,9	1,0	1,0	1,0
14	45	545	0,8	0,9	0,9	0,8

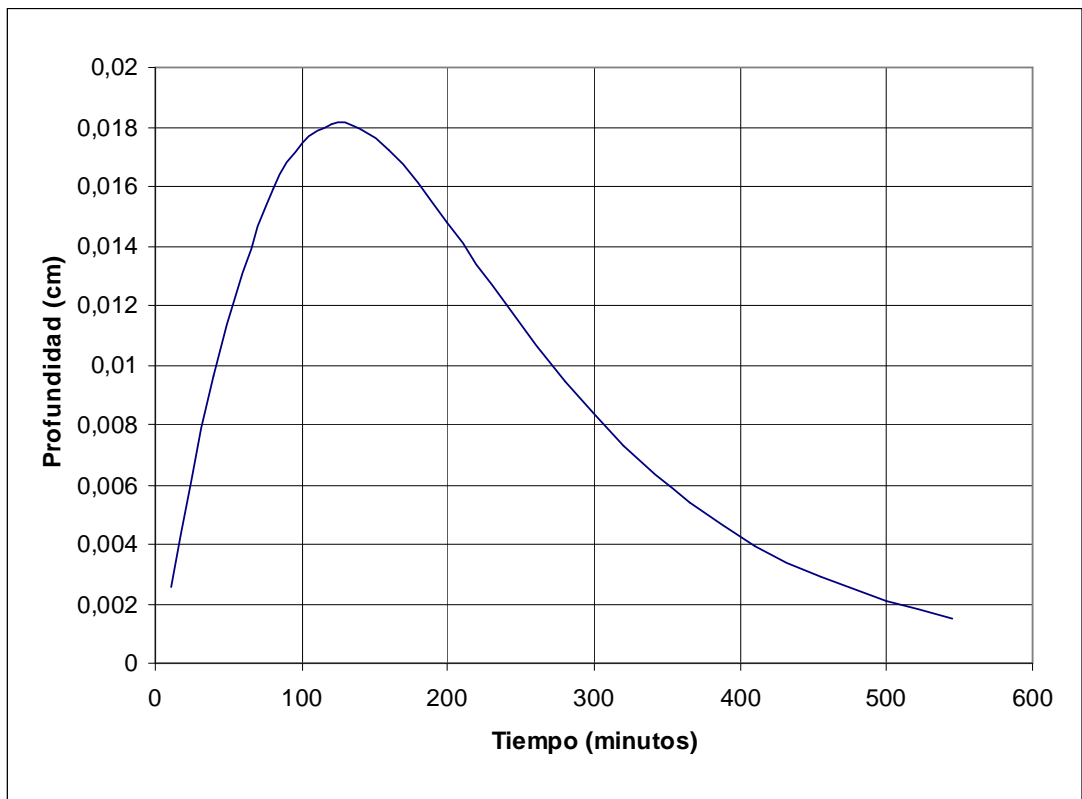
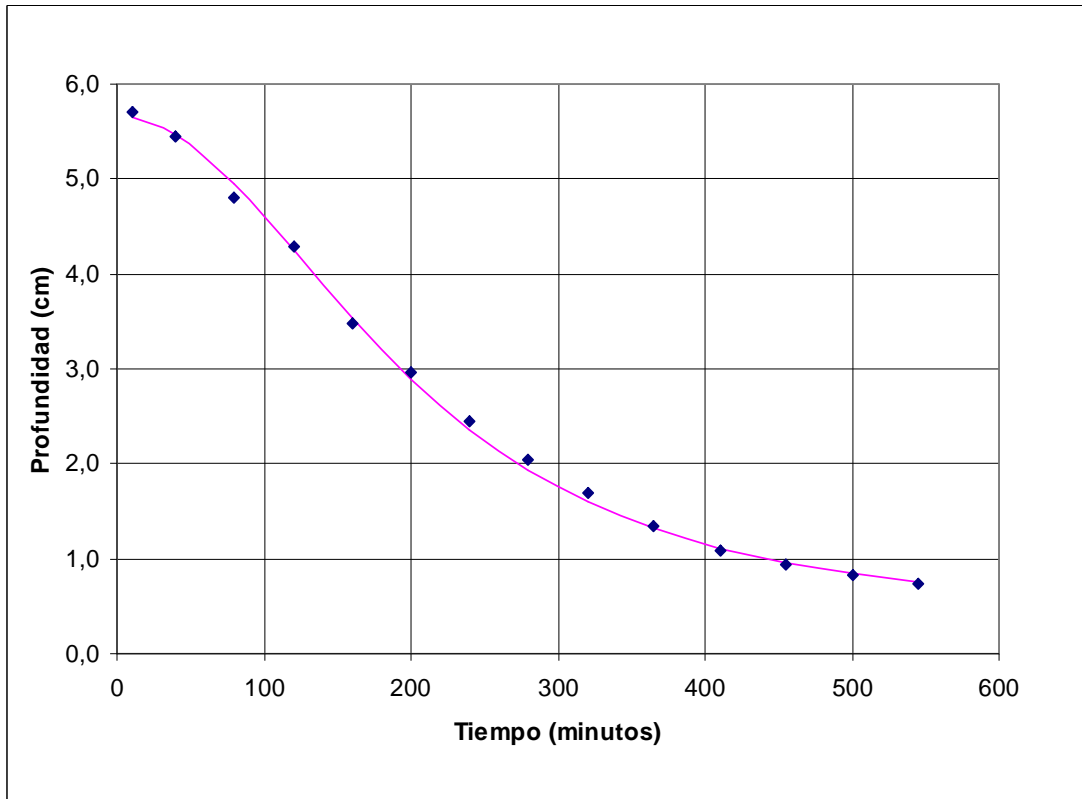


Instante de cambio de cóncavo a convexo: 122.3 minutos
 Profundidad en ese instante: 7.0 cm

Humedad	64 %
---------	------

Temperatura hormigón	14,9 °C
Temperatura ambiente	13,5 °C
Cono de Abrahams	3,5 cm
kg/m ³ cemento	666 kg/m ³
Cemento	27,51 kg
Arena Caliza	17,28 kg
Arena Silicea	12,36 kg
Gravilla	20,58 kg
Grava	15,96 kg
Agua	10,00 litros
Agua/Cemento	0,36
y(0)	5,671
β	0,007
r	0,096

N.	Intervalo (minutos)	Tiempo(minutos)	Probeta 1 (cm)	Probeta 2 (cm)	Probeta 3 (cm)	Media (cm)
1	10	10	5,8	5,7	5,6	5,7
2	30	40	5,4	5,3	5,5	5,4
3	40	80	4,7	4,7	4,9	4,8
4	40	120	4,2	4,1	4,5	4,3
5	40	160	3,7	3,1	3,6	3,5
6	40	200	3,2	2,8	2,9	3,0
7	40	240	2,7	2,6	2,1	2,5
8	40	280	2,2	2,2	1,7	2,0
9	40	320	1,7	1,8	1,6	1,7
10	45	365	1,2	1,4	1,4	1,3
11	45	410	1,0	1,2	1,1	1,1
12	45	455	0,9	0,9	1,0	0,9
13	45	500	0,8	0,7	0,9	0,8
14	45	545	0,7	0,7	0,8	0,7



Instante de cambio de cóncavo a convexo: 124.5 minutos
 Profundidad en ese instante: 4.2 cm

ANEXO III

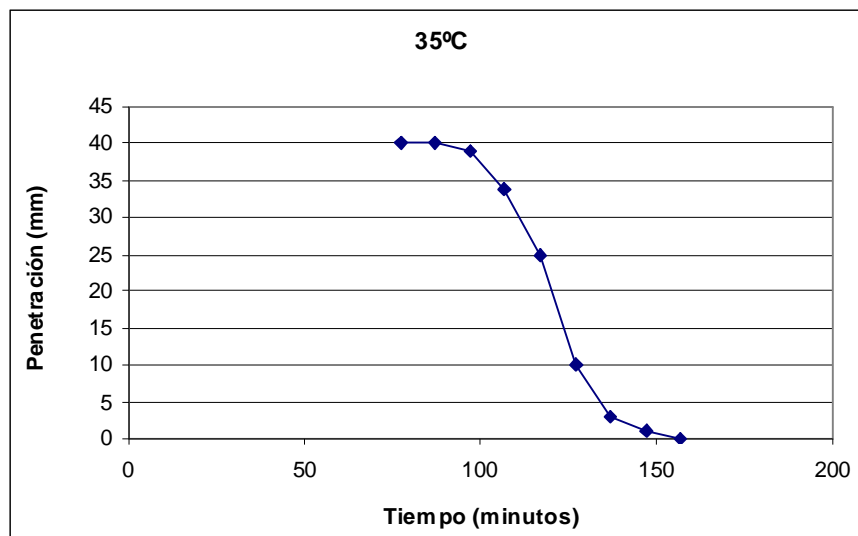
DATOS DE ENSAYOS DE VICAT TOMADOS A DIFERENTES TEMPERATURAS PARA LOS CEMENTOS ESTUDIADOS.



CEM I 52.5R (UNE EN 197-1)

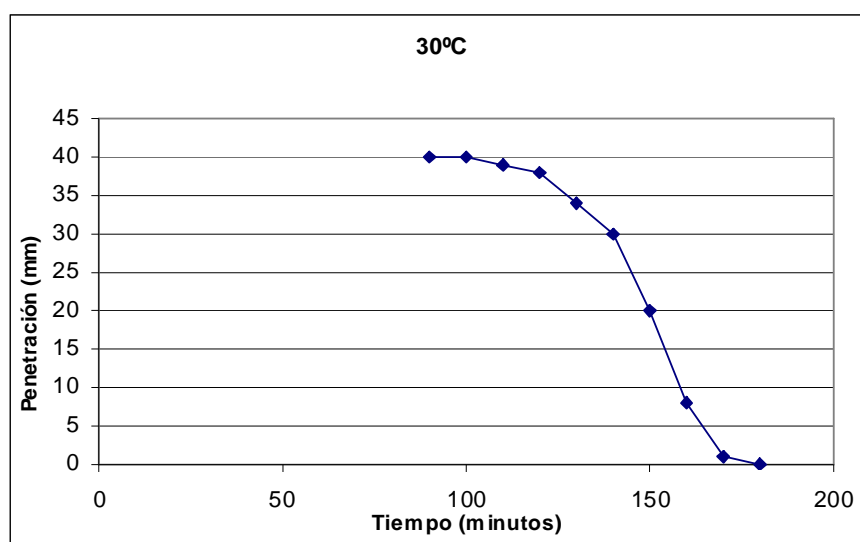
35°C de temperatura

35 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
1	17	77	40
1	27	87	40
1	37	97	39
1	47	107	34
1	57	117	25
2	7	127	10
2	17	137	3
2	27	147	1
2	37	157	0



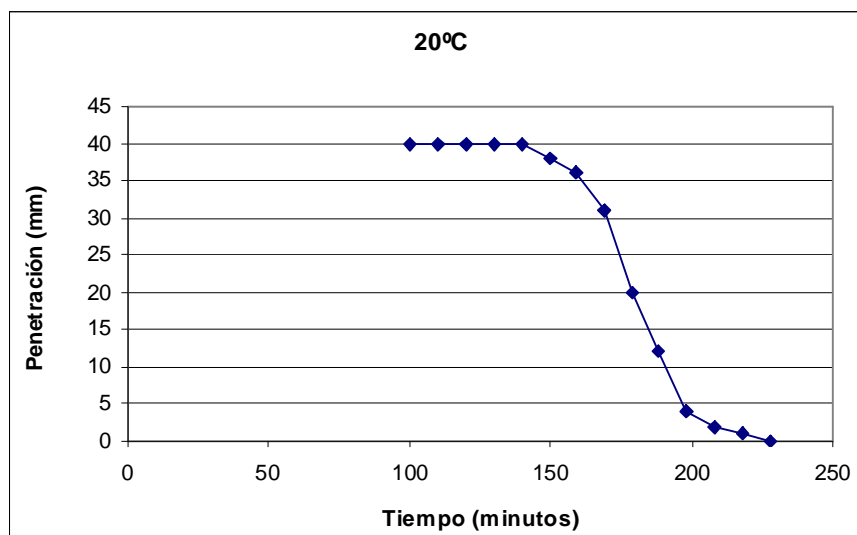
30°C de temperatura

30 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
1	30	90	40
1	40	100	40
1	50	110	39
2	0	120	38
2	10	130	34
2	20	140	30
2	30	150	20
2	40	160	8
2	50	170	1
3	0	180	0



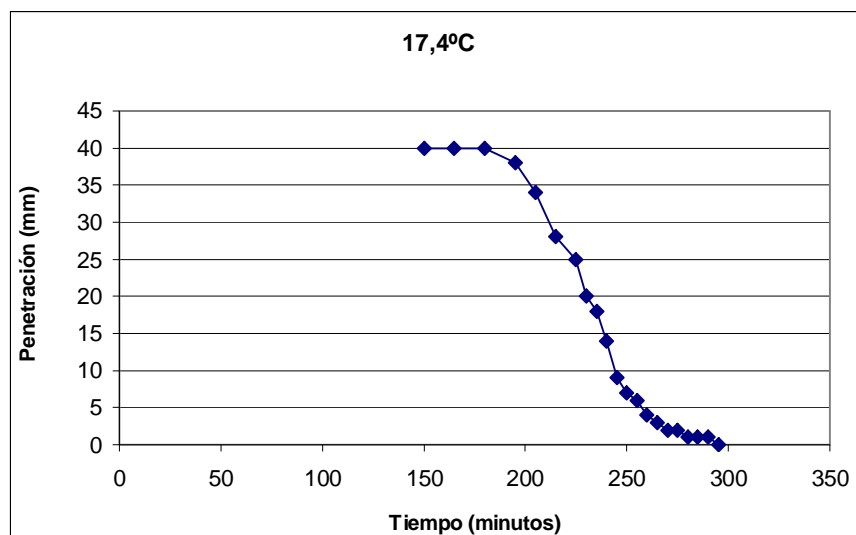
20°C de temperatura

20 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
1	40	100	40
1	50	110	40
2	0	120	40
2	10	130	40
2	20	140	40
2	30	150	38
2	39	159	36
2	49	169	31
2	59	179	20
3	8	188	12
3	18	198	4
3	28	208	2
3	38	218	1
3	48	228	0



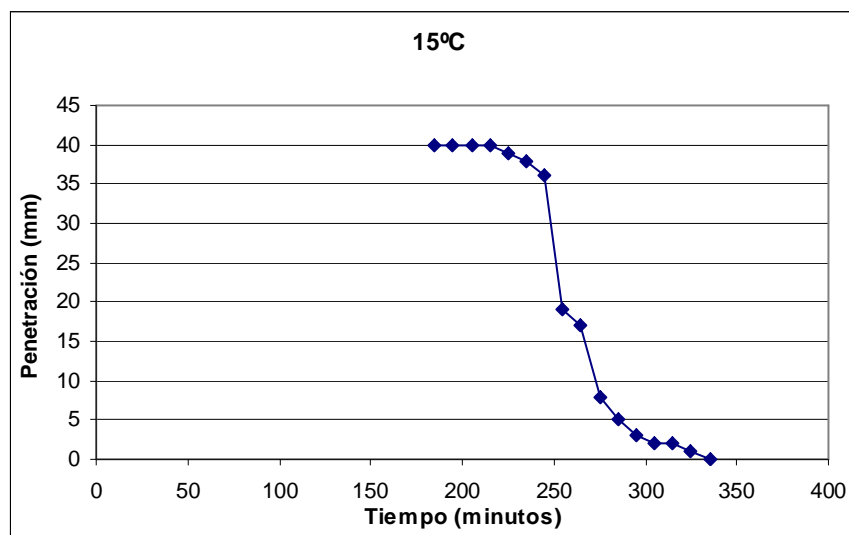
17.4°C de temperatura

17.4 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
2	30	150	40
2	45	165	40
3	0	180	40
3	15	195	38
3	25	205	34
3	35	215	28
3	45	225	25
3	50	230	20
3	55	235	18
4	0	240	14
4	5	245	9
4	10	250	7
4	15	255	6
4	20	260	4
4	25	265	3
4	30	270	2
4	35	275	2
4	40	280	1
4	45	285	1
4	50	290	1
4	55	295	0



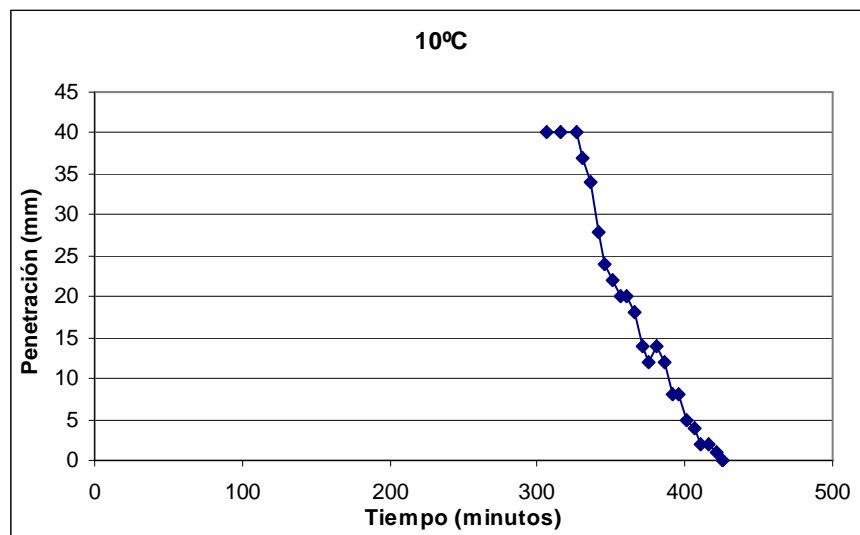
15°C de temperatura

15 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
3	5	185	40
3	15	195	40
3	25	205	40
3	35	215	40
3	45	225	39
3	55	235	38
4	5	245	36
4	15	255	19
4	25	265	17
4	35	275	8
4	45	285	5
4	55	295	3
5	5	305	2
5	15	315	2
5	25	325	1
5	35	335	0



10°C de temperatura

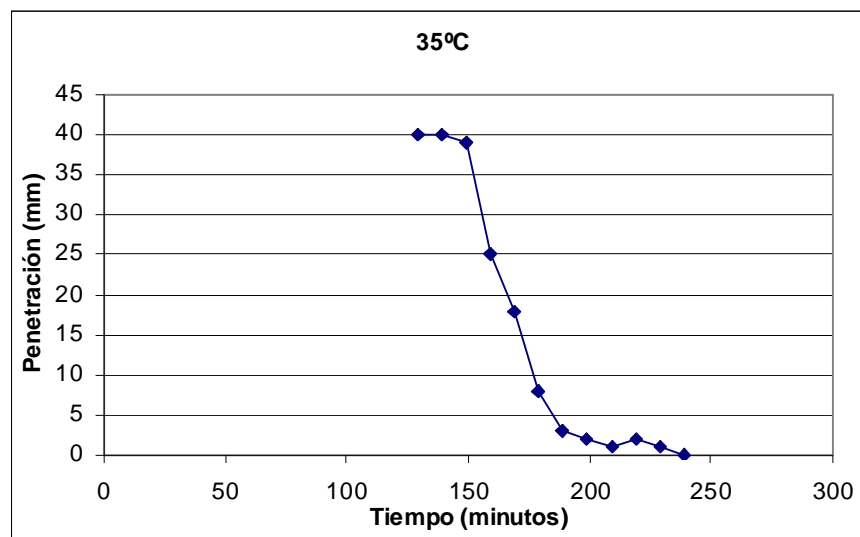
10 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
5	6	306	40
5	16	316	40
5	26	326	40
5	31	331	37
5	36	336	34
5	41	341	28
5	46	346	24
5	51	351	22
5	56	356	20
6	1	361	20
6	6	366	18
6	11	371	14
6	16	376	12
6	21	381	14
6	26	386	12
6	31	391	8
6	36	396	8
6	41	401	5
6	46	406	4
6	51	411	2
6	56	416	2
7	1	421	1
7	6	426	0



CEM II/A-V 42.5 R (UNE EN 197-1)

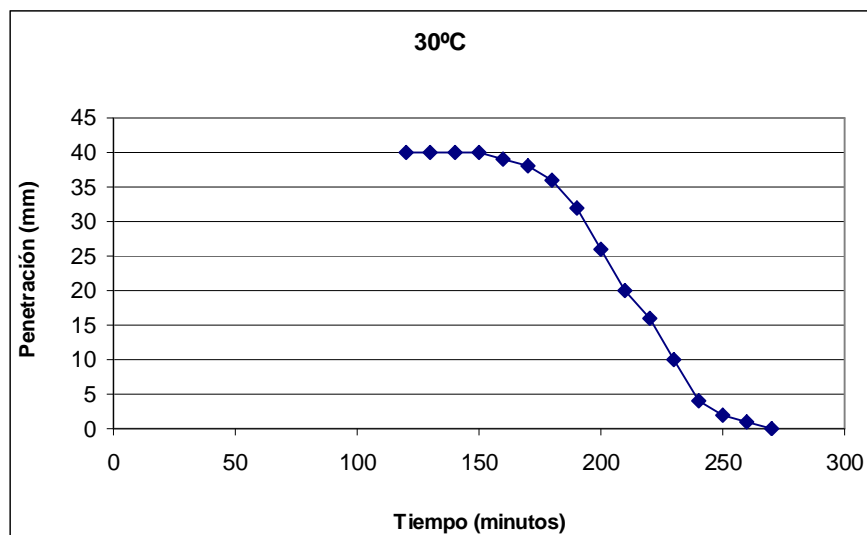
35°C de temperatura

35 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
2	9	129	40
2	19	139	40
2	29	149	39
2	39	159	25
2	49	169	18
2	59	179	8
3	9	189	3
3	19	199	2
3	29	209	1
3	39	219	2
3	49	229	1
3	59	239	0



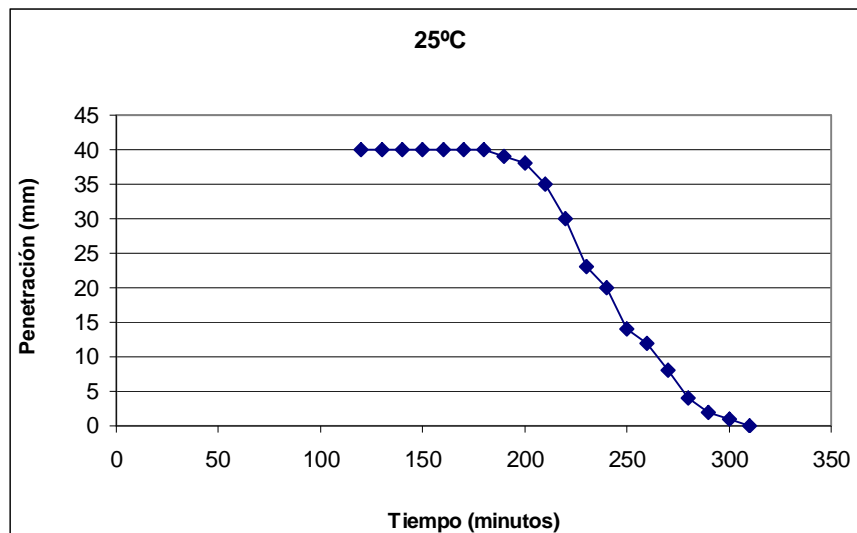
30°C de temperatura

30 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
2	0	120	40
2	10	130	40
2	20	140	40
2	30	150	40
2	40	160	39
2	50	170	38
3	0	180	36
3	10	190	32
3	20	200	26
3	30	210	20
3	40	220	16
3	50	230	10
4	0	240	4
4	10	250	2
4	20	260	1
4	30	270	0



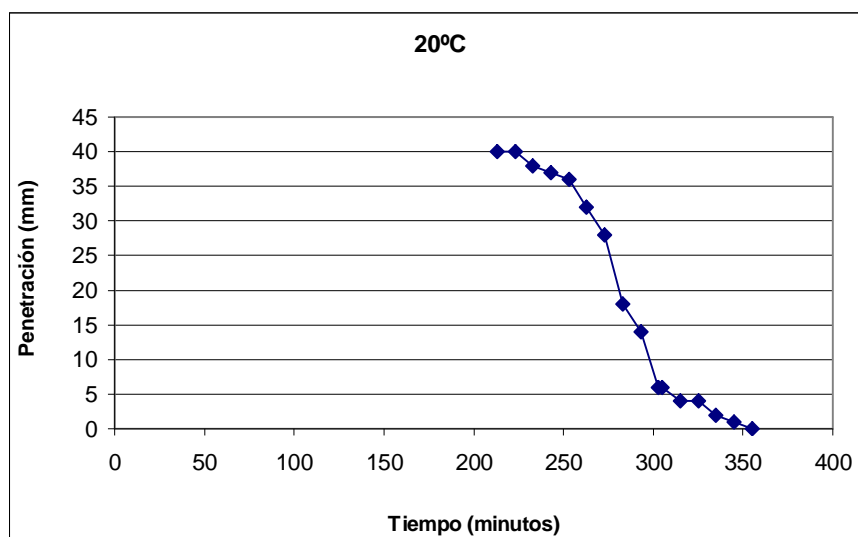
25°C de temperatura

25 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
2	0	120	40
2	10	130	40
2	20	140	40
2	30	150	40
2	40	160	40
2	50	170	40
3	0	180	40
3	10	190	39
3	20	200	38
3	30	210	35
3	40	220	30
3	50	230	23
4	0	240	20
4	10	250	14
4	20	260	12
4	30	270	8
4	40	280	4
4	50	290	2
5	0	300	1
5	10	310	0



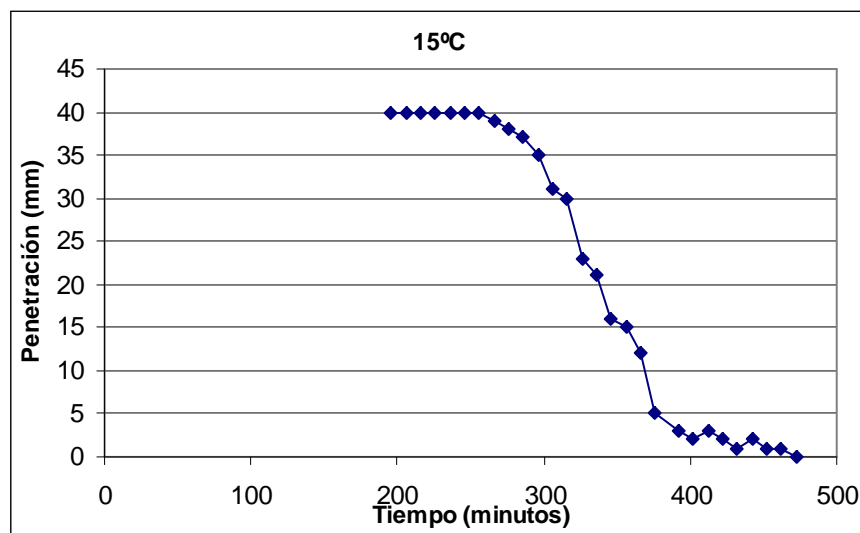
20°C de temperatura

20 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
3	33	213	40
3	43	223	40
3	53	233	38
4	3	243	37
4	13	253	36
4	23	263	32
4	33	273	28
4	43	283	18
4	53	293	14
5	3	303	6
5	5	305	6
5	15	315	4
5	25	325	4
5	35	335	2
5	45	345	1
5	55	355	0



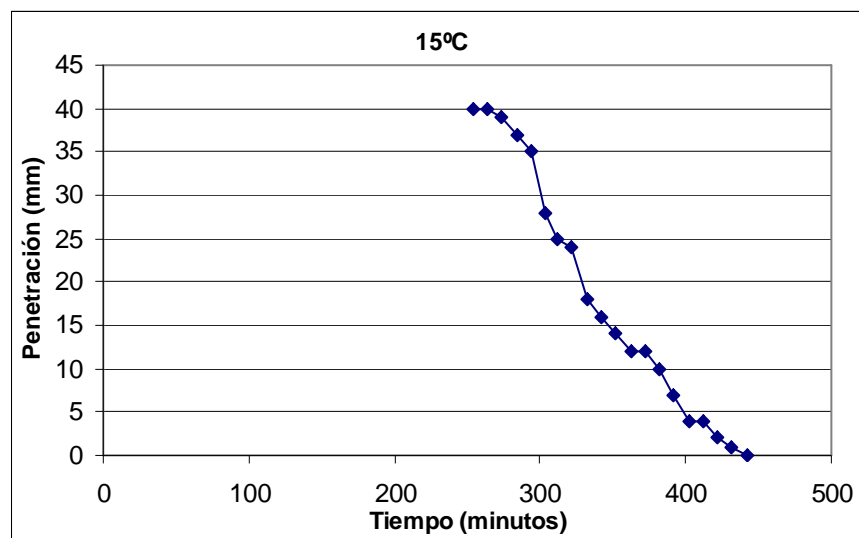
15°C de temperatura

15 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
3	16	196	40
3	26	206	40
3	36	216	40
3	46	226	40
3	56	236	40
4	6	246	40
4	16	256	40
4	26	266	39
4	36	276	38
4	46	286	37
4	56	296	35
5	6	306	31
5	16	316	30
5	26	326	23
5	36	336	21
5	46	346	16
5	56	356	15
6	6	366	12
6	16	376	5
6	32	392	3
6	42	402	2
6	52	412	3
7	2	422	2
7	12	432	1
7	22	442	2
7	32	452	1
7	42	462	1
7	52	472	0



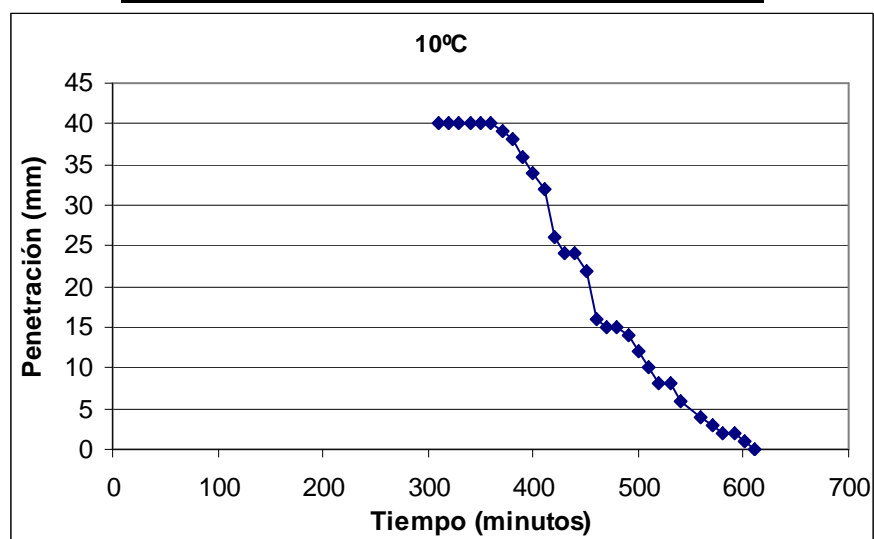
15°C de temperatura

15 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
4	14	254	40
4	24	264	40
4	34	274	39
4	44	284	37
4	54	294	35
5	4	304	28
5	12	312	25
5	22	322	24
5	32	332	18
5	42	342	16
5	52	352	14
6	2	362	12
6	12	372	12
6	22	382	10
6	32	392	7
6	42	402	4
6	52	412	4
7	2	422	2
7	12	432	1
7	22	442	0



10°C de temperatura

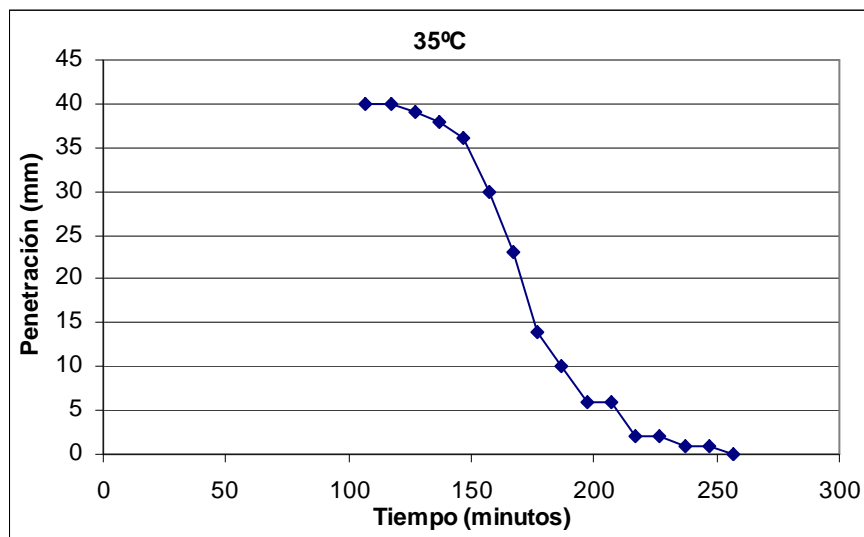
10 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
5	10	310	40
5	20	320	40
5	30	330	40
5	40	340	40
5	50	350	40
6	0	360	40
6	10	370	39
6	20	380	38
6	30	390	36
6	40	400	34
6	50	410	32
7	0	420	26
7	10	430	24
7	20	440	24
7	30	450	22
7	40	460	16
7	50	470	15
8	0	480	15
8	10	490	14
8	20	500	12
8	30	510	10
8	40	520	8
8	50	530	8
9	0	540	6
9	20	560	4
9	30	570	3
9	40	580	2
9	51	591	2
10	1	601	1
10	11	611	0



CEM II/B-M (V-LL) 32.5 R (UNE EN 197-1)

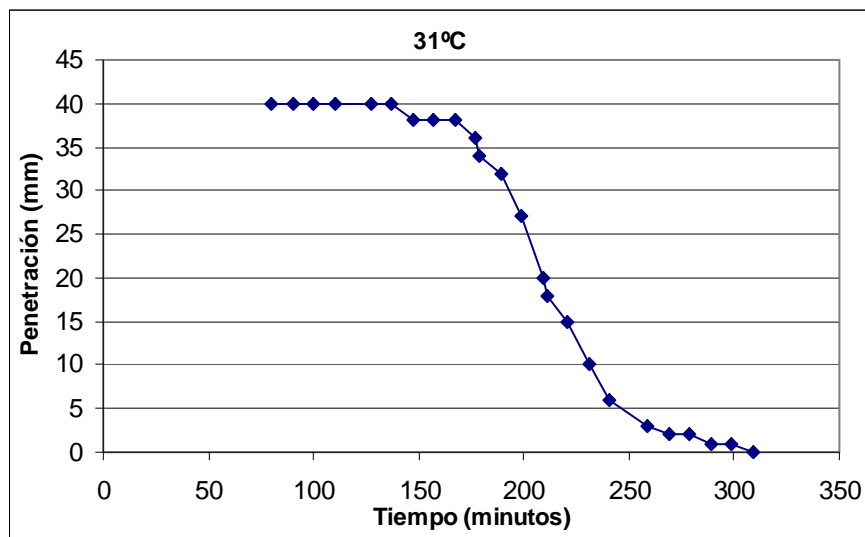
35°C de temperatura

35 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
1	47	107	40
1	57	117	40
2	7	127	39
2	17	137	38
2	27	147	36
2	37	157	30
2	47	167	23
2	57	177	14
3	7	187	10
3	17	197	6
3	27	207	6
3	37	217	2
3	47	227	2
3	57	237	1
4	7	247	1
4	17	257	0



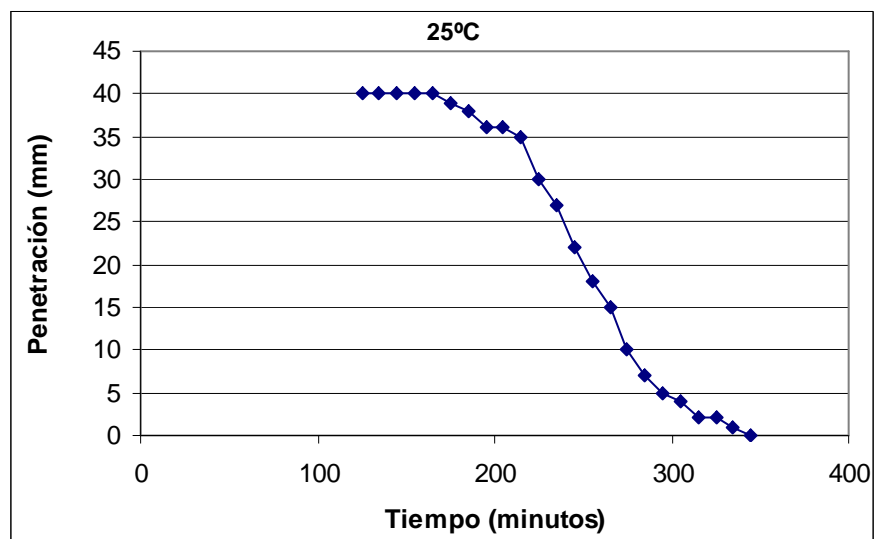
31°C de temperatura

31°C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
1	20	80	40
1	30	90	40
1	40	100	40
1	50	110	40
2	7	127	40
2	17	137	40
2	27	147	38
2	37	157	38
2	47	167	38
2	57	177	36
2	59	179	34
3	9	189	32
3	19	199	27
3	29	209	20
3	31	211	18
3	41	221	15
3	51	231	10
4	1	241	6
4	19	259	3
4	29	269	2
4	39	279	2
4	49	289	1
4	59	299	1
5	9	309	0



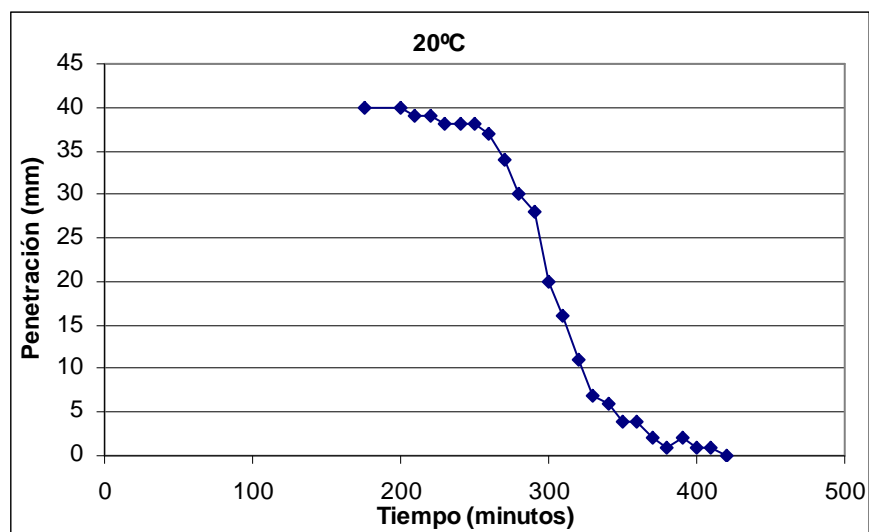
25°C de temperatura

25 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
2	5	125	40
2	15	135	40
2	25	145	40
2	35	155	40
2	45	165	40
2	55	175	39
3	5	185	38
3	15	195	36
3	25	205	36
3	35	215	35
3	45	225	30
3	55	235	27
4	5	245	22
4	15	255	18
4	25	265	15
4	35	275	10
4	45	285	7
4	55	295	5
5	5	305	4
5	15	315	2
5	25	325	2
5	35	335	1
5	45	345	0



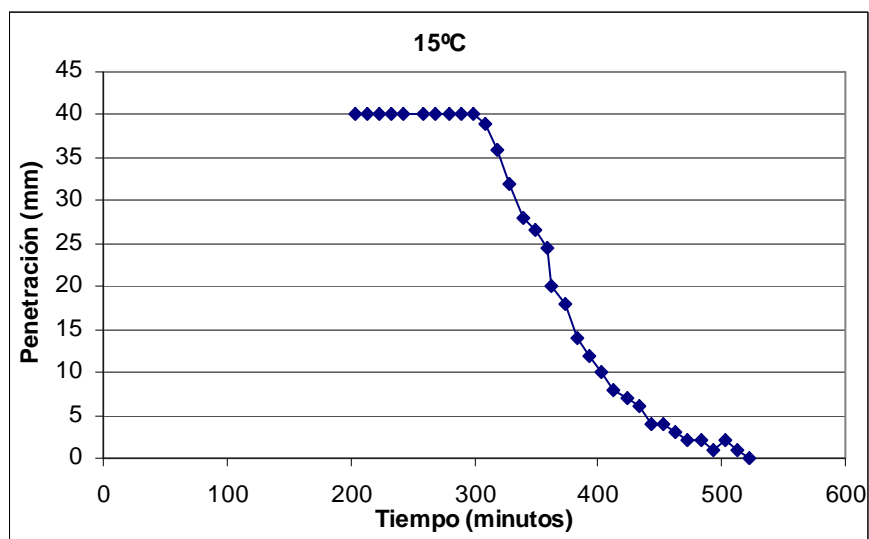
20°C de temperatura

20 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
2	55	175	40
3	20	200	40
3	30	210	39
3	40	220	39
3	50	230	38
4	0	240	38
4	10	250	38
4	20	260	37
4	30	270	34
4	40	280	30
4	50	290	28
5	0	300	20
5	10	310	16
5	20	320	11
5	30	330	7
5	40	340	6
5	50	350	4
6	0	360	4
6	10	370	2
6	20	380	1
6	30	390	2
6	40	400	1
6	50	410	1
7	0	420	0



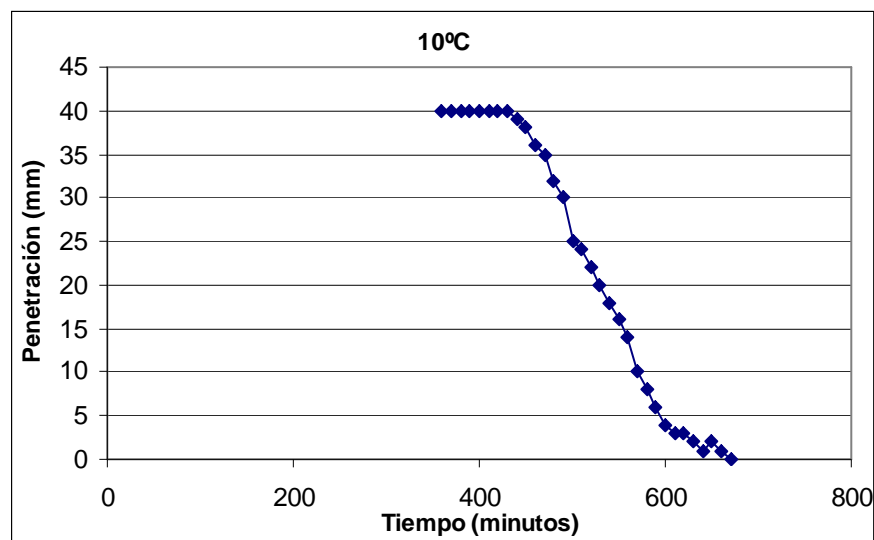
15°C de temperatura

15 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
3	23	203	40
3	33	213	40
3	43	223	40
3	53	233	40
4	3	243	40
4	19	259	40
4	29	269	40
4	39	279	40
4	49	289	40
4	59	299	40
5	9	309	39
5	19	319	36
5	29	329	32
5	39	339	28
5	49	349	26.5
5	59	359	24.5
6	3	363	20
6	13	373	18
6	23	383	14
6	33	393	12
6	43	403	10
6	53	413	8
7	3	423	7
7	13	433	6
7	23	443	4
7	33	453	4
7	43	463	3
7	53	473	2
8	3	483	2
8	13	493	1
8	23	503	2
8	33	513	1
8	43	523	0



10°C de temperatura

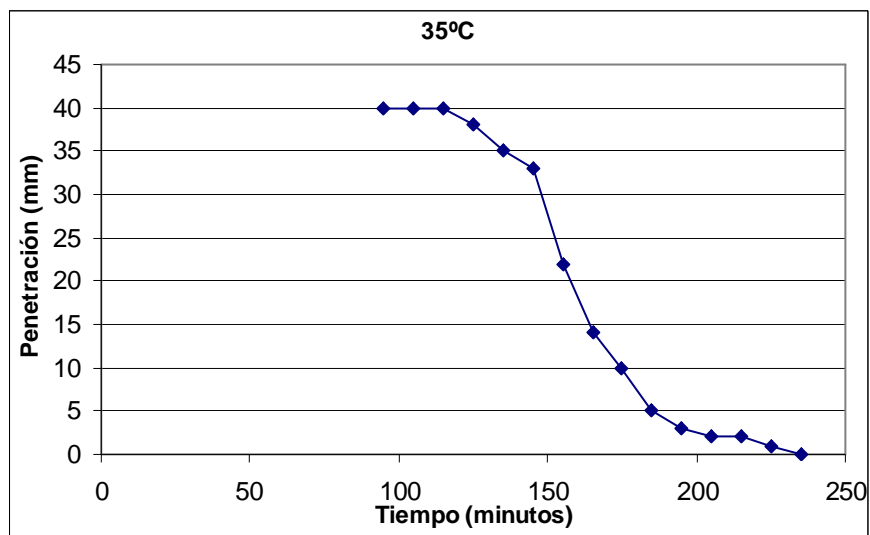
10 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
6	0	360	40
6	10	370	40
6	20	380	40
6	30	390	40
6	40	400	40
6	50	410	40
7	0	420	40
7	10	430	40
7	20	440	39
7	30	450	38
7	40	460	36
7	50	470	35
8	0	480	32
8	10	490	30
8	20	500	25
8	30	510	24
8	40	520	22
8	50	530	20
9	0	540	18
9	10	550	16
9	20	560	14
9	30	570	10
9	40	580	8
9	50	590	6
10	0	600	4
10	10	610	3
10	20	620	3
10	30	630	2
10	40	640	1
10	50	650	2
11	0	660	1
11	10	670	0



CEM IV/A (V) 32.5 N/SR (UNE EN 80 303-1)

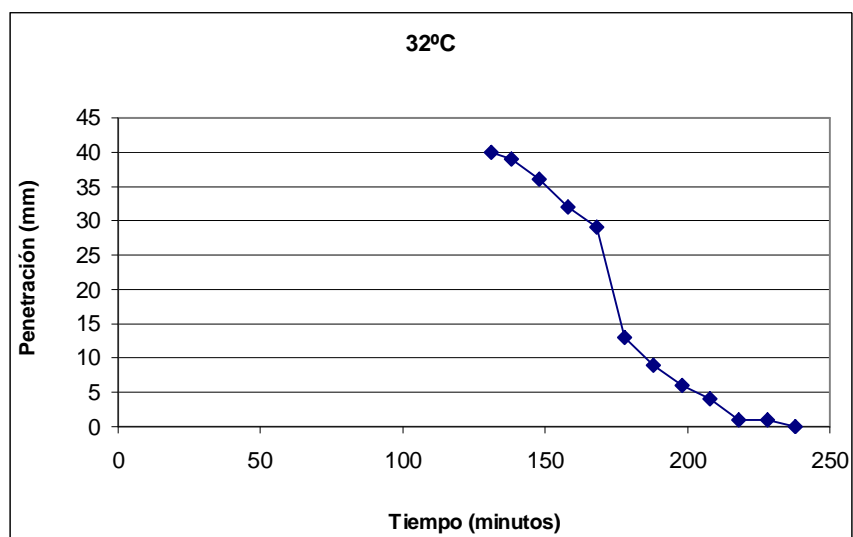
35°C de temperatura

35 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
1	35	95	40
1	45	105	40
1	55	115	40
2	5	125	38
2	15	135	35
2	25	145	33
2	35	155	22
2	45	165	14
2	55	175	10
3	5	185	5
3	15	195	3
3	25	205	2
3	35	215	2
3	45	225	1
3	55	235	0



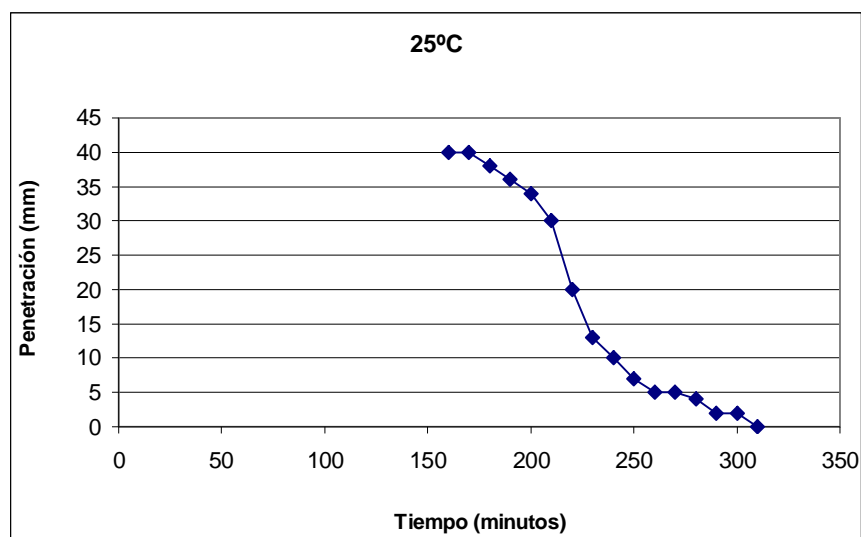
32°C de temperatura

32 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
2	11	131	40
2	18	138	39
2	28	148	36
2	38	158	32
2	48	168	29
2	58	178	13
3	8	188	9
3	18	198	6
3	28	208	4
3	38	218	1
3	48	228	1
3	58	238	0



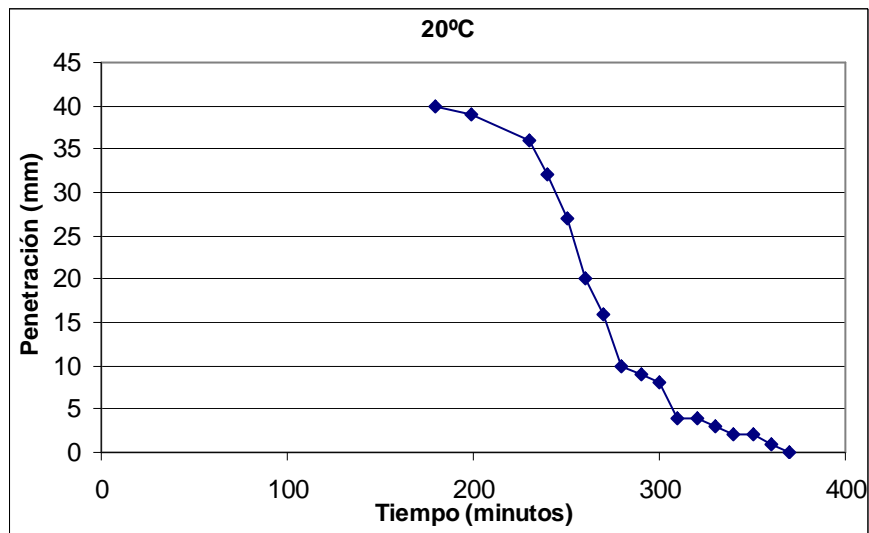
25°C de temperatura

25 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
2	40	160	40
2	50	170	40
3	0	180	38
3	10	190	36
3	20	200	34
3	30	210	30
3	40	220	20
3	50	230	13
4	0	240	10
4	10	250	7
4	20	260	5
4	30	270	5
4	40	280	4
4	50	290	2
5	0	300	2
5	10	310	0



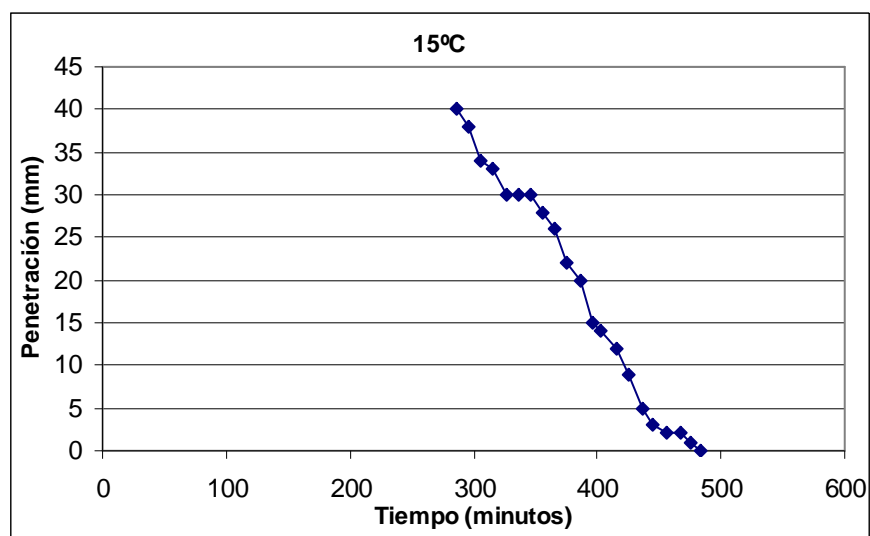
20°C de temperatura

20 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
3	0	180	40
3	19	199	39
3	50	230	36
4	0	240	32
4	10	250	27
4	20	260	20
4	30	270	16
4	40	280	10
4	50	290	9
5	0	300	8
5	10	310	4
5	20	320	4
5	30	330	3
5	40	340	2
5	50	350	2
6	0	360	1
6	10	370	0



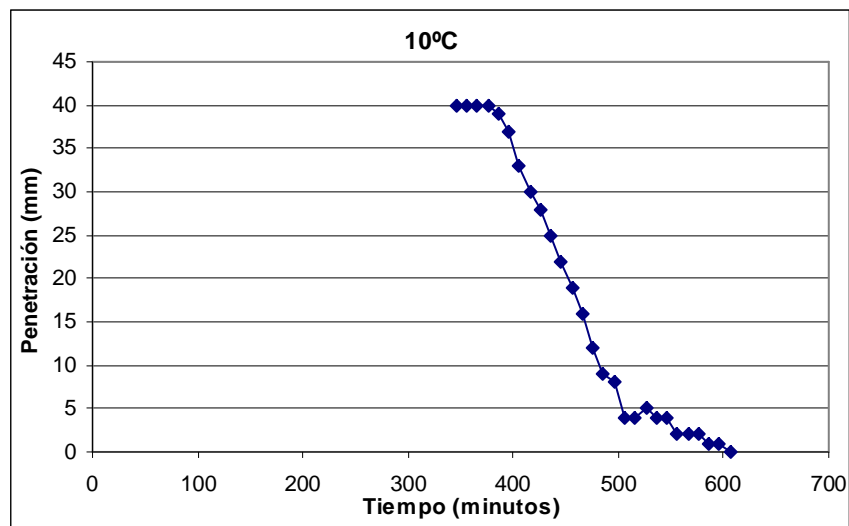
15°C de temperatura

15 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
4	46	286	40
4	56	296	38
5	6	306	34
5	16	316	33
5	26	326	30
5	36	336	30
5	46	346	30
5	56	356	28
6	6	366	26
6	16	376	22
6	26	386	20
6	36	396	15
6	42	402	14
6	56	416	12
7	6	426	9
7	16	436	5
7	24	444	3
7	36	456	2
7	48	468	2
7	56	476	1
7	64	484	0



10°C de temperatura

10 °C			
Horas	Minutos	minutos	Profundidad
5	46	346	40
5	56	356	40
6	6	366	40
6	16	376	40
6	26	386	39
6	36	396	37
6	46	406	33
6	56	416	30
7	6	426	28
7	16	436	25
7	26	446	22
7	36	456	19
7	46	466	16
7	56	476	12
8	6	486	9
8	16	496	8
8	26	506	4
8	36	516	4
8	46	526	5
8	56	536	4
9	6	546	4
9	16	556	2
9	26	566	2
9	36	576	2
9	46	586	1
9	56	596	1
10	6	606	0



ANEXO IV

APUNTES SOBRE LOS ATAQUES QUÍMICOS EN LAS PROBETAS DE HORMIGÓN.

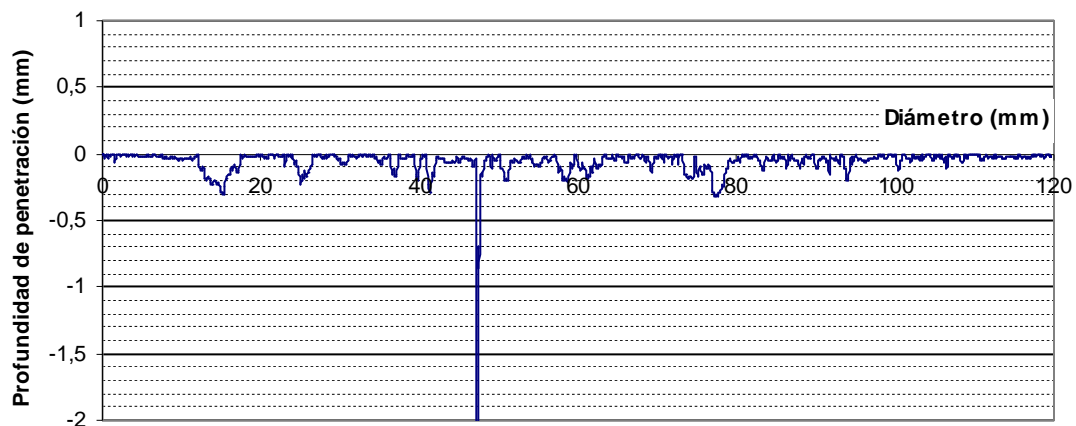


Tipo de acabado HIERRO

Agente Químico ÁCIDO FLUORHÍDRICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,1848	0,4481	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro de la superficie, dejando expuesto el hierro • Oscurecimiento del hormigón • Aparición de una cierta rugosidad en la superficie
7 Días	0,114	0,9378	<ul style="list-style-type: none"> • El hierro se ha oxidado de forma masiva en la superficie. • Los endurecedores superficiales se desprenden fácilmente • Aparición de una sustancia cristalina en la superficie
14 Días	0,0473	0,1221	<ul style="list-style-type: none"> • Idem
28 Días	0,1846	0,3495	<ul style="list-style-type: none"> • Idem

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



Fotografía del espécimen a los 14 días:

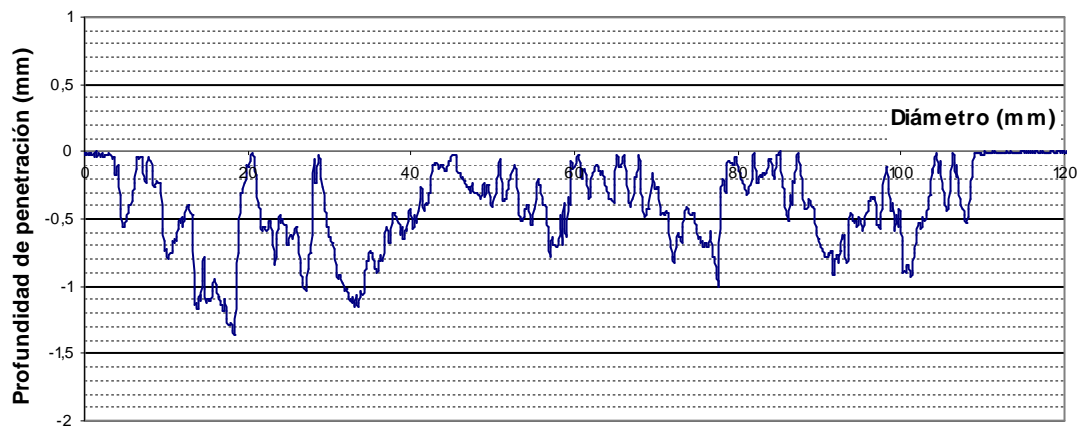


Tipo de acabado HIERRO

Agente Químico ÁCIDO PROPIÓNICO+ÁCIDO ACÉTICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,4908	1,7971	<ul style="list-style-type: none"> • Se produce la exposición de los agregados metálicos. • Nivel de rugosidad alto en la superficie • El hierro no parece oxidado
7 Días	0,3916	1,1354	<ul style="list-style-type: none"> • Alto deterioro de la superficie • Se produce una gran oxidación del hierro, tornándose rojo el hormigón • Se observan huecos por la desaparición del cuarzo
14 Días	0,4545	1,3613	<ul style="list-style-type: none"> • Los endurecedores superficiales se desprenden fácilmente de la superficie
28 Días	0,3779	1,3085	<ul style="list-style-type: none"> • Idem

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



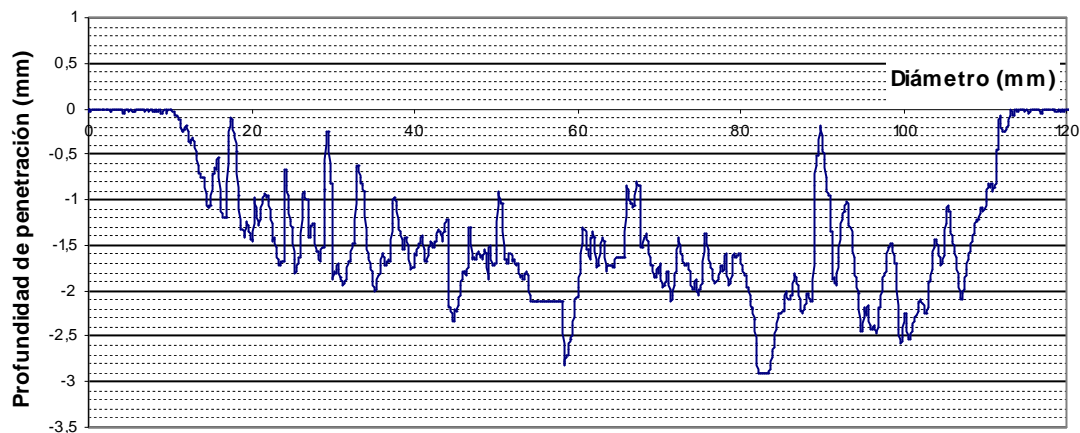
Fotografía del espécimen a los 14 días:



Tipo de acabado HIERRO
 Agente Químico ÁCIDO SULFÚRICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,095	0,4475	<ul style="list-style-type: none"> • Cristalización de sulfato de calcio en la superficie • Exposición de los agregados superficiales con un nivel de rugosidad alto
7 Días	0,7298	1,8506	<ul style="list-style-type: none"> • Ha desaparecido la mayor parte del hierro en la superficie. • Los agregados de hierro que quedan se encuentran muy oxidados • Hay numerosos agujeros dejados por la desaparición del cuarzo y del hierro
14 Días	1,5248	2,9084	<ul style="list-style-type: none"> • Se produce una penetración muy profunda, con una decoloración de la misma. • El hierro y el cuarzo han desaparecido casi completamente
28 Días	1,6807	3,1299	<ul style="list-style-type: none"> • Se observan grandes huecos en el hormigón • El cuarzo y el hierro han desaparecido • Se observa una decoloración del hormigón

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



Fotografía del espécimen a los 14 días:

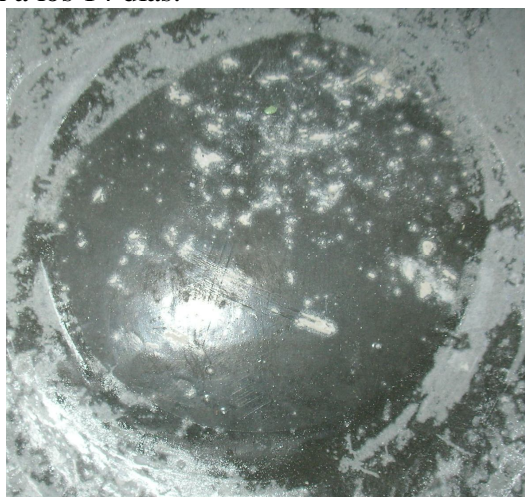


Tipo de acabado HIERRO

Agente Químico HIDRÓXIDO DE SODIO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
14 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
28 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie

Fotografía del espécimen a los 14 días:



Tipo de acabado HIERRO

Agente Químico CLORURO DE SODIO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• Se observa la oxidación del hierro en la superficie
7 Días	-	-	• Se observa la oxidación del hierro en la superficie
14 Días	-	-	• Se observa la oxidación del hierro en la superficie
28 Días	-	-	• Se observa la oxidación del hierro en la superficie

Fotografía del espécimen a los 14 días:



Tipo de acabado HIERRO

Agente Químico LEJÍA

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Aparecen manchas rojizas en la superficie por la oxidación del hierro
7 Días	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • El hierro presenta un nivel de oxidación medio • La capa superficial del hormigón ha desaparecido por el aumento de volumen de las virutas de hierro, que quedan expuestas
14 Días	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Aparece un mayor nivel de deterioro del hormigón • El hierro se desprende con facilidad
28 Días	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • El hierro presenta un gran nivel de oxidación o desaparece. Sin embargo, en los lugares donde no hay virutas de hierro el pavimento no presenta daño.

Fotografía del espécimen a los 14 días:

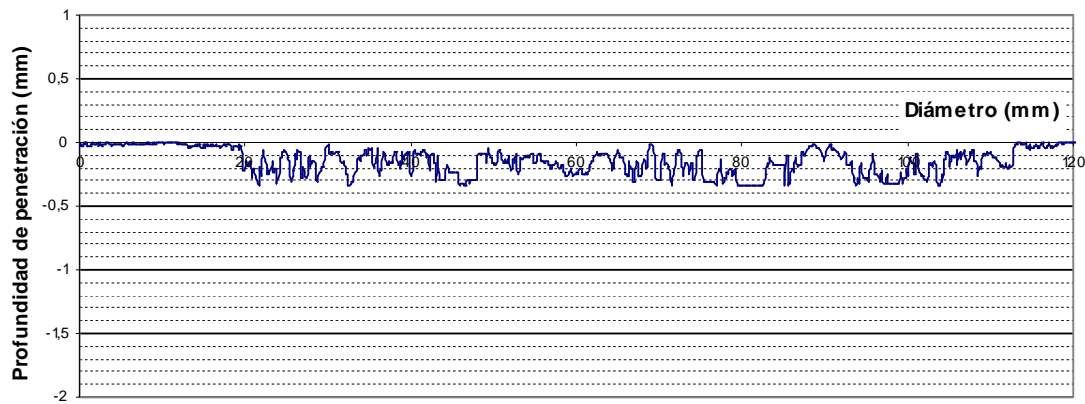


Tipo de acabado CORINDÓN

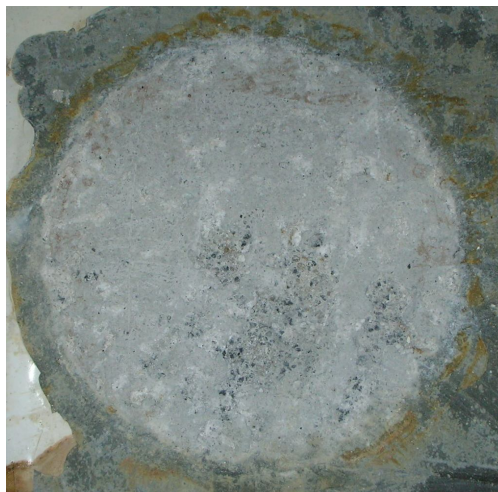
Agente Químico ÁCIDO FLUORHÍDRICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,0619	0,1263	• El cuarzo y el corindón se encuentran expuestos en la superficie
7 Días	0,0573	0,1442	• El cuarzo y el corindón se encuentran expuestos en la superficie y se desprenden fácilmente
14 Días	0,1745	0,3387	• Idem
28 Días	0,1233	0,3801	• Idem

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



Fotografía del espécimen a los 14 días:

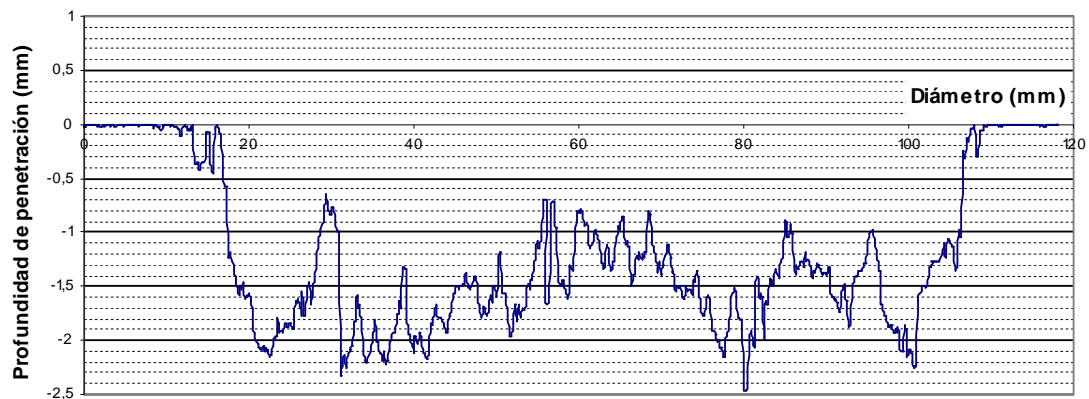


Tipo de acabado CORINDÓN

Agente Químico ÁCIDO PROPIONICO+ÁCIDO ACÉTICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,4357	1,0505	<ul style="list-style-type: none"> • Formación de una pasta rojiza • Exposición de los agregados superficiales
7 Días	0,2652	0,8123	<ul style="list-style-type: none"> • La pasta de cemento ha desaparecido en la superficie • Los agregados se desprenden fácilmente • Se observa una gran rugosidad de la superficie
14 Días	1,3932	2,4696	<ul style="list-style-type: none"> • El hierro y el cuarzo se desprenden con facilidad
28 Días	1,1472	3,3075	<ul style="list-style-type: none"> • La mayor parte de los endurecedores superficiales han desaparecido • Se observa la aparición de una costra alrededor de las partículas de corindón

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



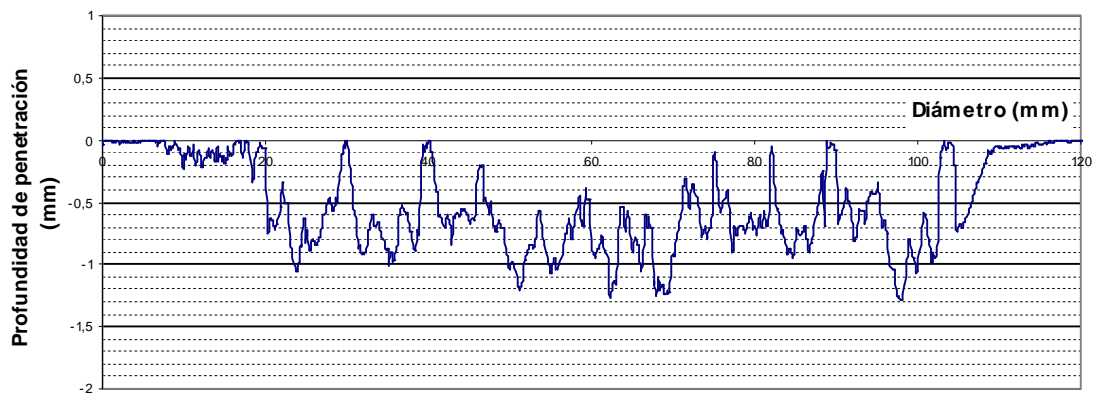
Fotografía del espécimen a los 14 días:



Tipo de acabado	<u>CORINDÓN</u>
Agente Químico	<u>ÁCIDO SULFÚRICO</u>

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,1914	0,3222	<ul style="list-style-type: none"> • Cristalización de sulfato de calcio en la superficie • Se produce la exposición de los agregados en la superficie
7 Días	0,3207	1,1221	<ul style="list-style-type: none"> • Cristalización de sulfato de calcio en la superficie • Se produce una mayor exposición de los agregados en la superficie
14 Días	0,5508	1,2844	<ul style="list-style-type: none"> • Se ha producido la desaparición del mortero superficial • Los agregados superficiales se encuentran claramente expuestos y se desprenden fácilmente • Se produce la decoloración de la superficie
28 Días	1,708	3,3891	<ul style="list-style-type: none"> • Los agregados superficiales se encuentran claramente expuestos y se desprenden fácilmente

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



Fotografía del espécimen a los 14 días:



Tipo de
acabado CORINDÓN

Agente
Químico HIDRÓXIDO DE SODIO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
14 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
28 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie

Fotografía del espécimen a los 14 días:

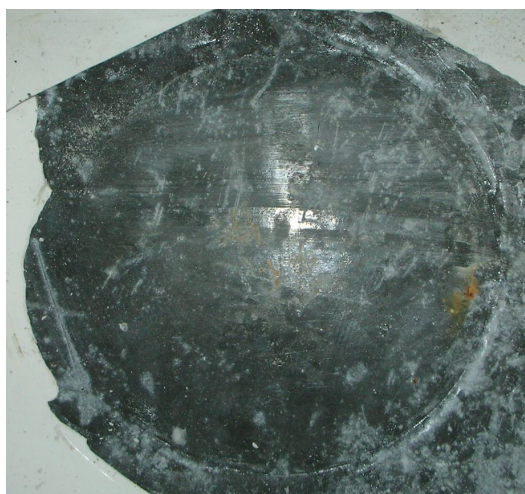


Tipo de acabado CORINDÓN

Agente Químico CLORURO DE SODIO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
14 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
28 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie

Fotografía del espécimen a los 14 días:



Tipo de acabado CORINDÓN

Agente Químico LEJÍA

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
14 Días	-	-	• Algunos agregados de corindón quedan descubiertos en la superficie
28 Días	-	-	• Algunos agregados de corindón quedan descubiertos en la superficie

Fotografía del espécimen a los 14 días:

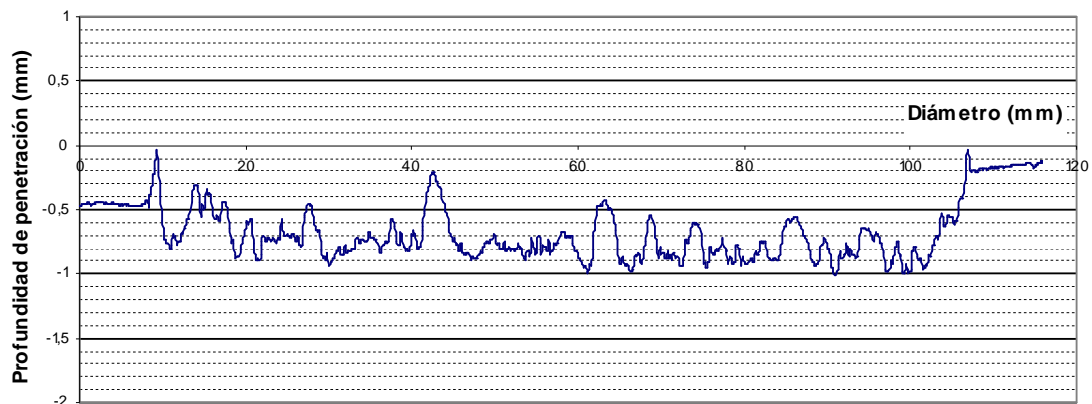


Tipo de acabado CEMENTO

Agente Químico ÁCIDO FLUORHÍDRICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,0926	0,1624	<ul style="list-style-type: none"> Deterioro de la superficie sin exposición de los agregados. Se ha producido una reacción expansiva con el aumento de volumen de la misma.
7 Días	0,474	0,9551	<ul style="list-style-type: none"> Se ha producido un desprendimiento del mortero superficial con la exposición de los áridos superficiales; sin embargo, no se desprenden fácilmente.
14 Días	0,684	0,9365	<ul style="list-style-type: none"> Idem
28 Días	1,0171	1,4925	<ul style="list-style-type: none"> Los agregados superficiales comienzan a desprenderse fácilmente.

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



Fotografía del espécimen a los 14 días:

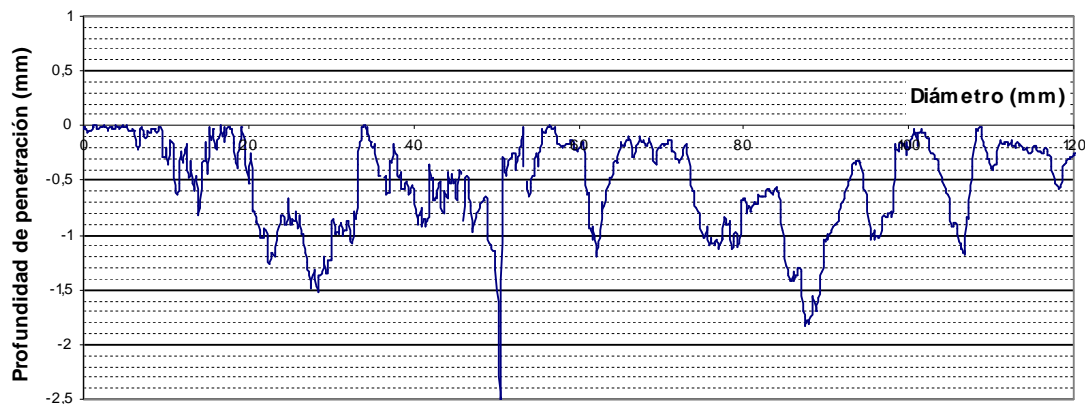


Tipo de acabado CEMENTO

Agente Químico ÁCIDO PROPIONICO+ÁCIDO ACÉTICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,6977	1,6964	<ul style="list-style-type: none"> • Se produce un gran deterioro de la superficie • Exposición de los agregados y aparición de agujeros • Alta rugosidad de la superficie
7 Días	1,4766	2,5644	<ul style="list-style-type: none"> • Alto deterioro de la superficie • Desaparición de la capa superficial del pavimento y exposición de los agregados • Aparición de huecos en el hormigón
14 Días	0,5432	2,4896	<ul style="list-style-type: none"> • Gran exposición de los agregados de hormigón, que se desprenden fácilmente. • Grandes agujeros
28 Días	1,2041	4,8814	<ul style="list-style-type: none"> • Coloración roja del hormigón • Desprendimiento o desaparición de los agregados • Agujeros

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



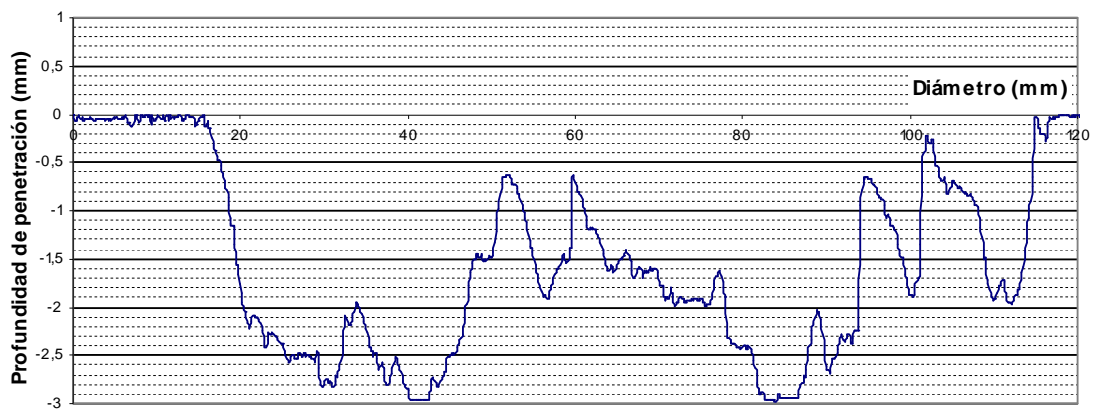
Fotografía del espécimen a los 14 días:



Tipo de acabado	CEMENTO
Agente Químico	ÁCIDO SULFÚRICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,3171	1,6648	<ul style="list-style-type: none"> Desaparición de la pasta de cemento, dejando los agregados al descubierto, con la aparición de huecos. Por otra parte, se observa la decoloración del hormigón
7 Días	1,4264	2,8512	<ul style="list-style-type: none"> La pasta de cemento en la superficie ha desaparecido casi por completo, dejando los agregados al descubierto, con lo que se desprenden fácilmente. Se observa también una gran rugosidad de la superficie del hormigón
14 Días	1,7529	2,9738	<ul style="list-style-type: none"> Idem
28 Días	1,9837	3,193	<ul style="list-style-type: none"> Idem

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



Fotografía del espécimen a los 14 días:

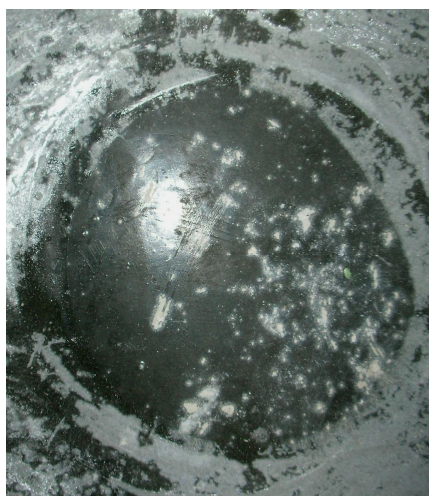


Tipo de acabado CEMENTO

Agente Químico HIDRÓXIDO DE SODIO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
14 Días	-	-	• Se observa una ligera decoloración de la superficie
28 Días	-	-	• Se observa una ligera decoloración de la superficie

Fotografía del espécimen a los 14 días:

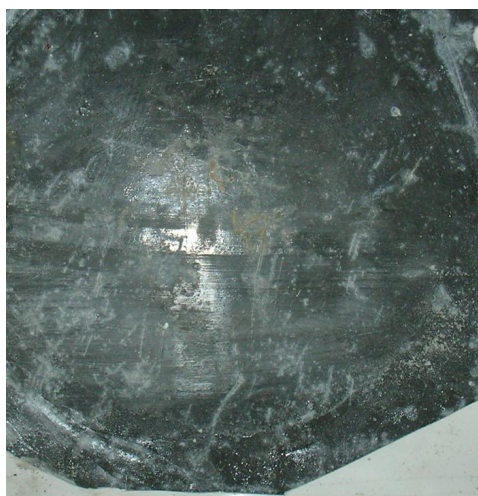


Tipo de acabado CEMENTO

Agente Químico CLORURO DE SODIO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
14 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
28 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie

Fotografía del espécimen a los 14 días:



Tipo de acabado CEMENTO

Agente Químico LEJÍA

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
14 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
28 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie

Fotografía del espécimen a los 14 días:

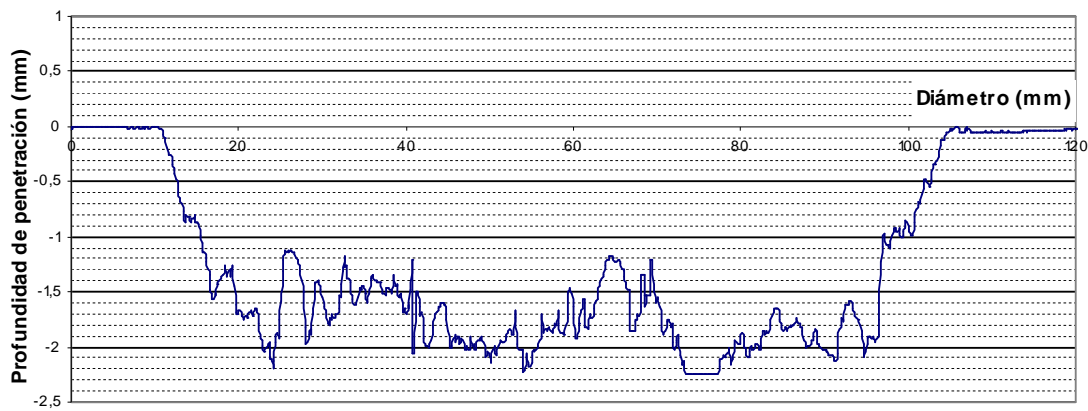


Tipo de acabado PULIDO

Agente Químico ÁCIDO FLUORHÍDRICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,3497	0,5866	<ul style="list-style-type: none"> Se produce la aparición de cristales en la superficie, con la aparición de un ligero deterioro de la superficie El hormigón se torna oscuro
7 Días	0,4628	1,0852	<ul style="list-style-type: none"> Se produce un aumento de volumen de la superficie del pavimento, con su desprendimiento parcial
14 Días	1,023	1,5983	<ul style="list-style-type: none"> Desprendimiento de la superficie con exposición de los áridos del hormigón Aparición de agujeros en el hormigón
28 Días	1,5224	2,2387	<ul style="list-style-type: none"> Idem

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



Fotografía del espécimen a los 14 días:

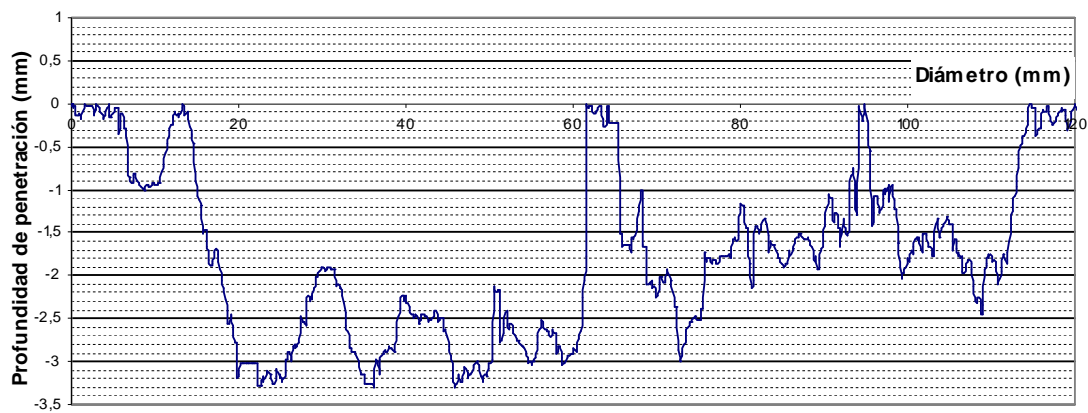


Tipo de acabado CEMENTO

Agente Químico ÁCIDO PROPIÓNICO+ÁCIDO ACÉTICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,5972	1,1188	<ul style="list-style-type: none"> • Coloración roja del hormigón • Deterioro de la superficie, dejando los agregados expuestos, aunque no se desprenden con facilidad
7 Días	2,0571	3,3502	<ul style="list-style-type: none"> • Idem
14 Días	1,8979	3,3108	<ul style="list-style-type: none"> • Idem
28 Días	1,7769	3,3191	<ul style="list-style-type: none"> • Coloración roja del hormigón • Deterioro de la superficie, dejando los agregados expuestos, que se desprenden fácilmente

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



Fotografía del espécimen a los 14 días:

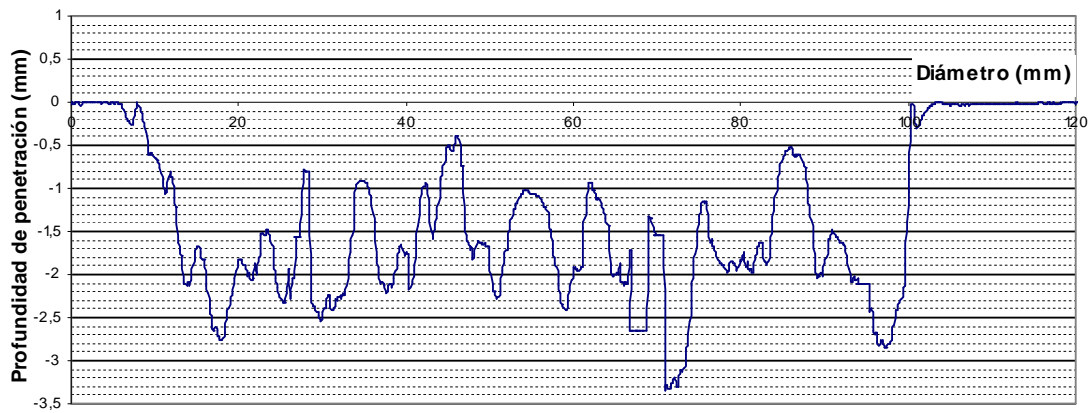


Tipo de acabado PULIDO

Agente Químico ÁCIDO SULFÚRICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,5877	0,966	<ul style="list-style-type: none"> • Se produce un gran deterioro de la superficie, con destrucción de la pasta de cemento y exposición de los agregados. • Se observa también la aparición de agujeros. • Aparece una cierta decoloración del hormigón
7 Días	1,5038	3,0049	• Idem
14 Días	1,6223	3,3511	• Idem
28 Días	2,0082	3,1581	• Idem

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



Fotografía del espécimen a los 14 días:



Tipo de acabado PULIDO

Agente Químico HIDRÓXIDO DE SODIO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No aparecen grandes cambios en la superficie, tan sólo aparecen pequeños descascarillamientos en la superficie.
14 Días	-	-	• Idem.
28 Días	-	-	• Idem.

Fotografía del espécimen a los 14 días:

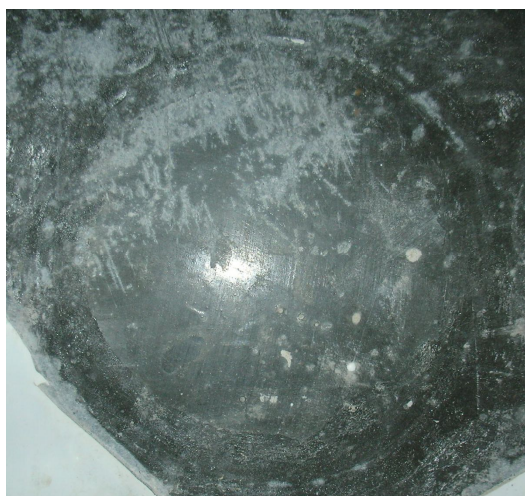


Tipo de
acabado PULIDO

Agente
Químico CLORURO DE SODIO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
14 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
28 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie

Fotografía del espécimen a los 14 días:



Tipo de acabado PULIDO

Agente Químico LEJÍA

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
14 Días	-	-	• Aparición de un ligero descascarillado superficial
28 Días	-	-	• Idem.

Fotografía del espécimen a los 14 días:

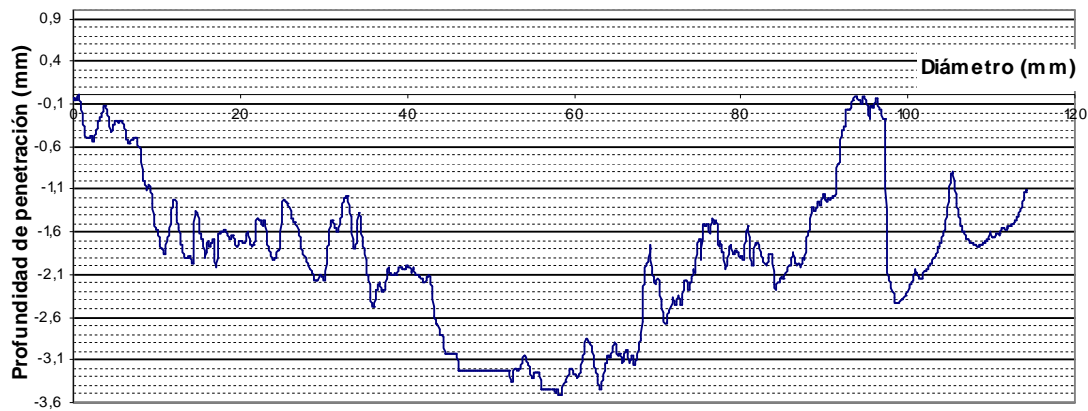


Tipo de acabado FLOTADO

Agente Químico ÁCIDO FLUORHÍDRICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,9789	1,9083	• Se produce un oscurecimiento de la superficie, que aumenta de volumen y se desprende fácilmente
7 Días	1,2186	2,5872	• Decoloración del hormigón y desaparición de la superficie en costras
14 Días	1,6349	3,0477	• Idem
28 Días	1,9802	3,5103	• Desaparición total de la superficie

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



Fotografía del espécimen a los 14 días:



Tipo de acabado FLOTADO

Agente Químico ÁCIDO PROPIÓNICO+ÁCIDO ACÉTICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días			Debido al daño causado por el ácido a la probeta y al recipiente, no fue posible medir el daño ya que se produjo una destrucción muy profunda de la superficie, desprendiéndose los agregados, no sólo en la zona deseada sino también en los alrededores a los tres días.
7 Días			
14 Días			
28 Días			

Fotografía del espécimen a los 14 días:

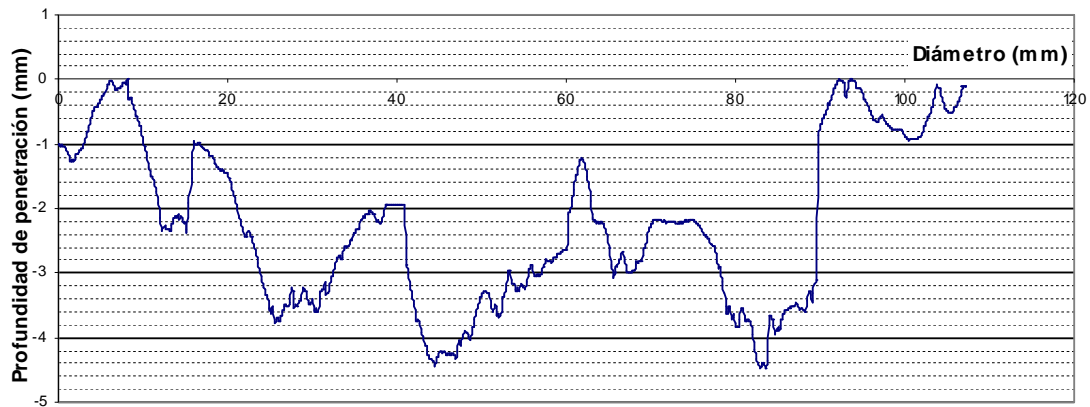


Tipo de acabado FLOTADO

Agente Químico ÁCIDO SULFÚRICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	1,4764	3,0546	• Los áridos del hormigón quedan expuestos, dejando una superficie de textura arenosa que se desprende fácilmente
7 Días	1,4256	6,7252	• Se observa una decoloración del hormigón. Se produce la total destrucción del área en contacto con el ácido y la desaparición de los áridos de la losa.
14 Días	2,5204	4,4824	• Idem
28 Días	2,9457	5,2495	• Idem

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



Fotografía del espécimen a los 14 días:



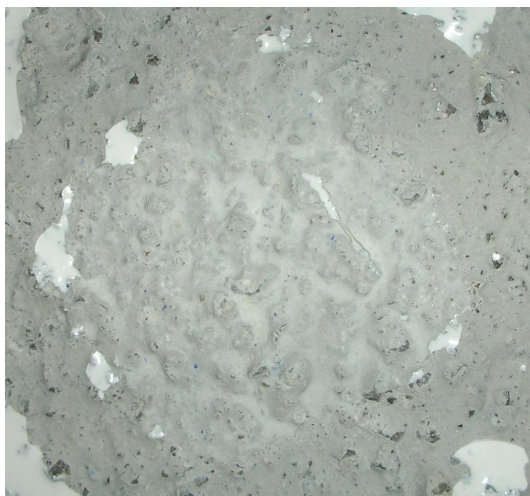
Tipo de FLOTADO

acabado _____

Agente
Químico HIDRÓXIDO DE SODIO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• Aparecen una ligera decoloración de la superficie y pequeños descascarillamientos
14 Días	-	-	• Idem
28 Días	-	-	• Idem.

Fotografía del espécimen a los 14 días:

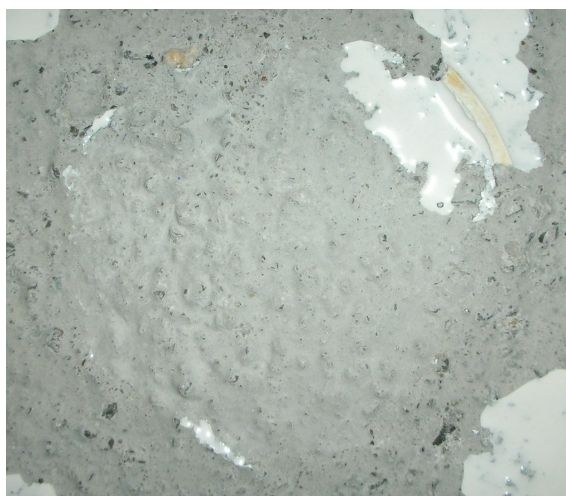


Tipo de acabado FLOTADO

Agente Químico CLORURO DE SODIO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
14 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
28 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie

Fotografía del espécimen a los 14 días:

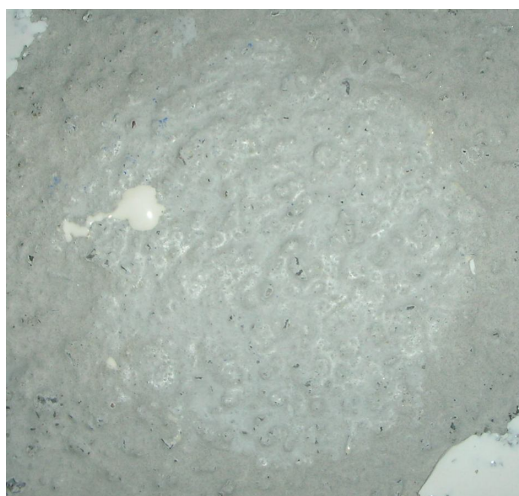


Tipo de acabado FLOTADO

Agente Químico LEJÍA

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
14 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
28 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie

Fotografía del espécimen a los 14 días:

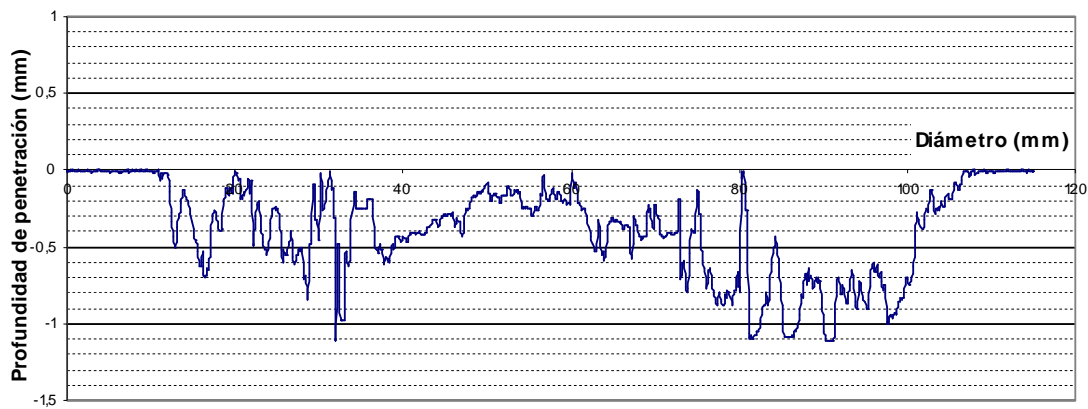


Tipo de acabado CUARZO

Agente Químico ÁCIDO FLUORHÍDRICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,0696	0,1715	<ul style="list-style-type: none"> El cuarzo se ha hecho visible por la desaparición de la pasta de cemento, que ha aumentado de volumen.
7 Días	0,0446	0,1161	<ul style="list-style-type: none"> Idem
14 Días	0,4435	1,1096	<ul style="list-style-type: none"> Los áridos se desprenden fácilmente. El hormigón aparece oscurecido en la superficie
28 Días	0,6865	1,5541	<ul style="list-style-type: none"> La pasta de cemento desaparece por completo en la superficie. Los áridos se desprenden con facilidad

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



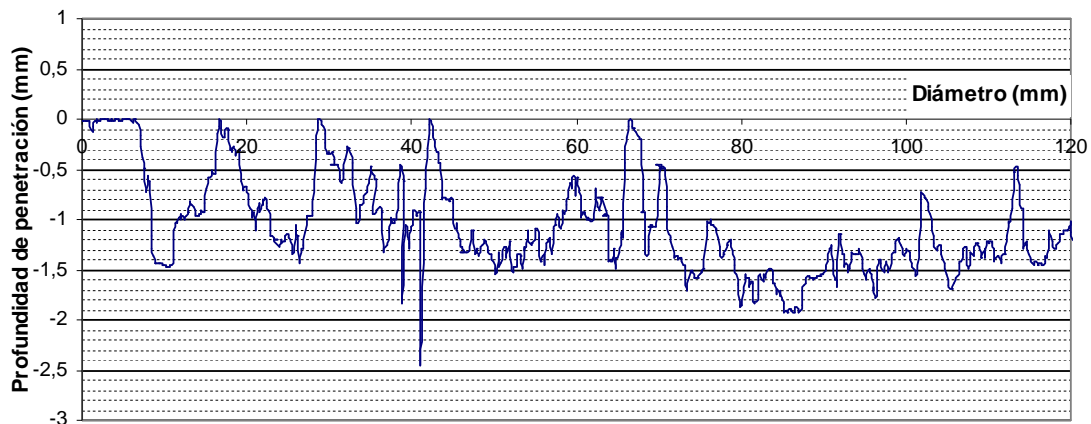
Fotografía del espécimen a los 14 días:



Tipo de acabado	<u>CUARZO</u>
Agente Químico	<u>ÁCIDO PROPIÓNICO+ÁCIDO ACÉTICO</u>

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	-	-	<ul style="list-style-type: none"> El cuarzo aparece expuesto, aunque no se desprende fácilmente
7 Días	1,2603	2,5221	<ul style="list-style-type: none"> El hormigón adquiere una coloración rojiza El cuarzo empleado como endurecedor superficial se desprende con facilidad debido a la desaparición de la pasta de cemento.
14 Días	1,0562	2,4517	<ul style="list-style-type: none"> Idem
28 Días	0,5958	2,0289	<ul style="list-style-type: none"> Idem

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



Fotografía del espécimen a los 14 días:

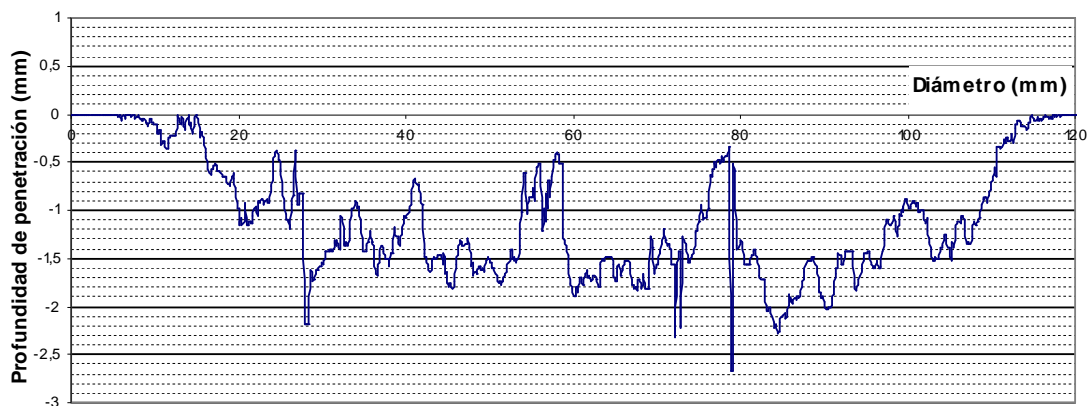


Tipo de acabado CUARZO

Agente Químico ÁCIDO SULFÚRICO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		Observaciones
	Med.	Max.	
3 Días	0,0948	0,2073	<ul style="list-style-type: none"> • El hormigón sufre una decoloración • El cuarzo aparece expuesto.
7 Días	0,8412	2,8766	<ul style="list-style-type: none"> • Se observa la aparición de agujeros • El cuarzo se desprende fácilmente a causa de la desaparición de la pasta
14 Días	1,1478	2,6723	<ul style="list-style-type: none"> • Aparecen huecos dejados por el cuarzo desaparecido por la acción del ácido
28 Días	2,4846	4,9315	<ul style="list-style-type: none"> • Idem

Gráfico. Penetración del producto químico en el hormigón a los 14 días:



Fotografía del espécimen a los 14 días:



Tipo de acabado CUARZO

Agente Químico HIDRÓXIDO DE SODIO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie. Aparecen pequeños abultamientos en la superficie y pequeñas roturas.
14 Días	-	-	• Idem
28 Días	-	-	• Idem

Fotografía del espécimen a los 14 días:

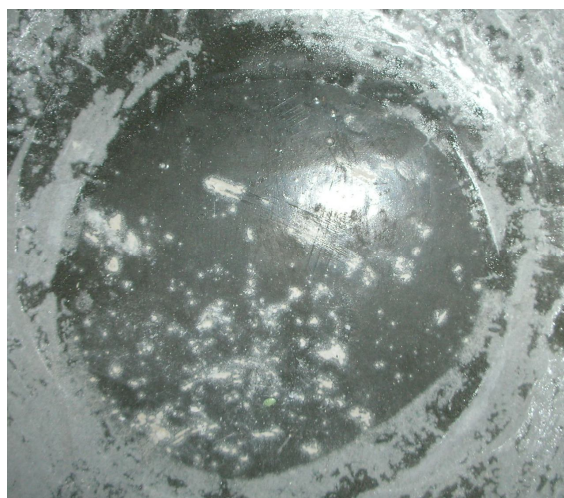


Tipo de acabado CUARZO

Agente Químico CLORURO DE SODIO

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
14 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
28 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie

Fotografía del espécimen a los 14 días:



Tipo de acabado CUARZO

Agente Químico LEJÍA

Nº. Días	Daño en la superficie (penetración= mm)		
	Med.	Max.	Observaciones
3 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
7 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
14 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie
28 Días	-	-	• No se producen cambios visibles en la superficie

Fotografía del espécimen a los 14 días:



ANEXO V

CLASIFICACIÓN DE LOS ACABADOS SUPERFICIALES DE PAVIMENTOS Y USOS MÁS RECOMENDABLES PARA LA INDUSTRIA.



CLASIFICACIÓN DE LOS ACABADOS SUPERFICIALES DE PAVIMENTOS Y USOS MÁS RECOMENDABLES PARA LA INDUSTRIA		
Tipo de acabado	Penetración de agua	Resistencia a la abrasión
Hierro	*****	*****
Usos recomendados	En lugares con un tipo de exposición elevado al agua. Almacenes, zonas al exterior, aparcamientos, autopistas y carreteras en general, instalaciones deportivas, tanques de agua, conductos de agua, muelles. Es importante tratar estos pavimentos con algún tipo de impermeabilizante para evitar la oxidación del hierro, especialmente en el caso en que vayan a quedar expuesto a algún tipo de vertidos químicos o de productos orgánicos en el pavimento.	Este tipo de suelo puede ser usado en lugares como industrias donde se usen (almacenes, mercados, etc...), tiendas mecanizadas, industrias o áreas en las que se transporten o arrastren pesos móviles e industria pesada. Estos endurecedores superficiales podrían servir de mucha ayuda para los esfuerzos de impacto y abrasión en los pavimentos aeroportuarios.
Corindón	*****	*****
Usos recomendados	En lugares o zonas con una gran exposición al agua o elementos líquidos. Este tipo de pavimentos tienen una buena resistencia a la penetración de agua. Útiles en comercios, almacenes, zonas exteriores, aparcamientos, autopistas y autovías, instalaciones deportivas, tanques de agua, conductos de agua y muelles.	Este tipo de suelos pueden ser usados tanto en lugares donde se usen carretillas elevadoras (mercados, almacenes, etc...), como en industrias pesada o áreas donde tenga lugar el movimiento de grandes pesos o su arrastre. Este tipo de pavimentos serían de mucha ayuda para resistir os grandes impactos y esfuerzos de abrasión que tienen lugar en los aeropuertos.
Cuarzo	*****	*****
Usos recomendados	En lugares o zonas con una gran exposición al agua o elementos líquidos. Este tipo de pavimentos tienen una buena resistencia a la penetración de agua. Útiles en comercios, almacenes, zonas exteriores, aparcamientos, autopistas y autovías, instalaciones deportivas, tanques de agua, conductos de agua y muelles.	Este tipo de suelos pueden ser usados tanto en lugares donde se usen carretillas elevadoras (mercados, almacenes, etc...), como en industrias pesada o áreas donde tenga lugar el movimiento de grandes pesos o su arrastre. Este tipo de pavimentos serían de mucha ayuda para resistir os grandes impactos y esfuerzos de abrasión que tienen lugar en los aeropuertos.
Cemento	**	*****
Usos recomendados	El uso de este tipo de pavimentos debería estar limitado a zonas con baja humedad o en zonas donde no se vaya a trabajar con fluidos. Este acabado es apropiado para almacenes o espacios comerciales donde no haya grandes humedades, pavimentos en el interior de los edificios, viviendas.	Este tipo de pavimento puede ser usado en los mismos lugares que en los anteriores, pero teniendo en cuenta que debe tener un tipo de curado de más calidad que estos. Si el tiempo y las condiciones de curado son suficientes, este acabado es uno de los que mejores características a abrasión presentan.
Pulido sólo	****	***
Usos recomendados	Puede ser usado en las mismas ocasiones que los pavimentos acabados con cuarzo, hierro y corindón. Sin embargo, tiene una mayor permeabilidad que estos, con lo que no debería ser usado en lugares donde exista riesgo de contaminación del suelo por fluidos peligrosos, ni en zonas con fuertes ataques químicos.	La resistencia a abrasión de los pavimentos pulidos no es muy alta, así que su uso debería estar limitado a zonas donde no vaya a haber una importante actividad abrasiva, como almacenes con maquinaria ligera, almacenes, viviendas, oficinas, supermercados. Debido a la ausencia de endurecedores, este tipo de pavimentos será más económico.
Flotado	*	*
Usos recomendados	Este pavimento no debería ser usado en zonas donde haya riesgo de contaminación del suelo por líquidos debido a su alta permeabilidad. Es apropiado para zonas secas, donde no haya grandes humedades del terreno, que podrían filtrarse fácilmente a la superficie, o en zonas donde esto no tenga mucha importancia.	Su baja resistencia a la abrasión le hace muy inapropiado para cualquier tipo de tráfico medio o pesado. Sin embargo sí que es apropiado en zonas de baja intensidad de tráfico o en parkines.

- ***** Muy Bueno
 **** Bueno
 *** Regular
 ** Malo
 * Muy Malo

CLASIFICACIÓN DE LOS ACABADOS SUPERFICIALES DE PAVIMENTOS Y USOS MÁS RECOMENDABLES PARA LA INDUSTRIA		
Tipo de acabado	Resistencia a impacto	Resistencia a ataque químico
Hierro	****	****
Usos recomendados	Para la protección de los pavimentos de: fábricas, almacenes, mercados, pistas de aeropuertos, autopistas y carreteras, laboratorios y lugares donde se trabaje con maquinaria pesada, ya que este tipo de acabado combina una buena resistencia a impacto con una buena resistencia a abrasión, que en todas estas actividades se encuentran unidas.	El uso de este tipo de pavimento es uno de los más apropiados cuando el suelo se encuentre expuesto a ningún tipo de ataque químico por ácidos. Sin embargo, debe tenerse precaución en el caso en que se usen productos de limpieza con lejía debido al aumento de volumen que sufre el endurecedor con este tipo de fluidos y en ambientes salinos. Deben emplearse en lugares como escuelas, almacenes, viviendas, parques o zonas donde se sepa que no va a haber grandes ataques.
Corindón	****	****
Usos recomendados	Para la protección de pavimentos de: Fábricas, almacenes, mercados, pavimentos de aeropuertos, autopistas y carreteras, laboratorios, e industrias pesadas. Este tipo de acabado superficial combina una buena resistencia a impacto con una buena resistencia a abrasión.	Como en el caso de los pavimentos de hierro aunque en menor grado, el corindón rese descompone con su exposición a medios ácidos. Su uso es recomendable en lugares con poco o ningún tipo de exposición al ataque químico.
Cuarzo	***	****
Usos recomendados	Los mismos usos que en el caso de los pavimentos acabados con corindón, excepto en el caso de los pavimentos para aeropuertos y autopistas, donde la resistencia puede verse comprometida, ya que este tipo de acabado tiene una resistencia a impacto menor aunque la resistencia a abrasión es muy parecida.	El cuarzo ha demostrado ser uno de los mejores endurecedores superficiales para pavimentos en el caso de ataques químicos. Puede ser empleado en lugares como laboratorios, hospitales, industria química, plantas de energía, plantas de manufactura que emplee productos químicos en sus procesos, almacenes, tanques de hormigón o contenedores, industria alimentaria, supermercados, etc.
Cemento	*	***
Usos recomendados	Este pavimento no debería usarse en suelos donde puede haber grandes impactos en el pavimento. De este modo, los usos más apropiados son almacenes, viviendas, garajes, escuelas, oficinas, etc. Es decir, cualquier tipo de actividad que no comprometa las características físicas o superficiales del pavimento.	Este tipo de acabado no tiene apenas resistencia a fuertes ataques químicos, pero resiste bastante bien productos de limpieza como la lejía o el agua salada. Es apropiado para laboratorios escolares, centros comerciales, viviendas, espacios abiertos, y en general todos aquellos lugares que no tengan usos industriales muy agresivos o se encuentren muy expuestos.
Pulido sólo	***	***
Usos recomendados	Este tipo de pavimentos tiene una resistencia a impacto algo más elevada que los pavimentos en los que se emplean endurecedores a base de cemento. De este modo, podrá ser usados para los mismos que los pavimentos terminados con cuarzo, hierro o corindón, excepto en el caso de pavimentos de aeropuertos o autopistas, donde su resistencia puede verse comprometida. Por otra parte, hay que tener en cuenta que las agresiones por abrasión de un pavimento van unidas normalmente a las agresiones por impacto.	Este tipo de acabado no tiene apenas resistencia a fuertes ataques químicos, pero resiste bastante bien productos de limpieza como la lejía o el agua salada. Es apropiado para laboratorios escolares, centros comerciales, viviendas, espacios abiertos, y en general todos aquellos lugares que no tengan usos industriales muy agresivos o se encuentren muy expuestos.
Flotado	*****	*
Usos recomendados	Este tipo de pavimento tiene una alta resistencia a impacto, sin embargo, esta característica no representa una buena elección, ya que su capa superficial es muy frágil y se descascarilla fácilmente. Además, en numerosas ocasiones van unidas resistencia a abrasión e impacto. Se recomienda en zonas con tráfico ligero, como caminos rurales, p�arkines, almacenes sin mucho volumen de tráfico o zonas peatonales.	Por su alta porosidad, este pavimento presenta una resistencia especialmente baja al ataque de todos los productos qu�emicos que agreden al hormigón, como ácidos. De este modo, no debe ser usado en zonas donde vayan a producirse este tipo de ataques, como en industrias alimentarias o de manufacturas donde se usen productos qu�emicos agresivos.

- ***** Muy Bueno
- **** Bueno
- *** Regular
- ** Malo
- * Muy Malo

ANEXO VI

CÓDIGOS DE LAS SIMULACIONES REALIZADAS EN LOS PROGRAMAS DE ELEMENTOS FINITOS.



Álvaro García Hernández

**Tema: CÓDIGO DE LS-DYNA PARA LA SIMULACIÓN DE PROBETAS DE
HORMIGÓN SOMETIDAS A IMPACTO**

```

*KEYWORD
$CODIGO LS-DYNA PARA LA SIMULACION DE PROBETAS DE HORMIGON
SOMETIDAS A IMPACTO
$ALVARO GARCIA_DANIEL CASTRO
*CONTROL_TERMINATION
$ ENDTIM  ENDCYC  DTMIN  ENDNEG  ENDMAS
  0.30E-00   0   .000   .000   .000
*CONTROL_TIMESTEP
$ DTINIT  SCFT  ISDO  TSLIMIT  DTMS  LCTM  ERODE  MS1ST
  .000  0.900   0
*CONTROL_SHELL
$ WRPANG  ITRIST  IRNXX  ISTUPD  THEORY  BWC  MITER
  20.000   2   -1   0   2   2   1
*CONTROL_CONTACT
$ SLSFAC  RWPNAL  ISLCHK  SHLTHK  PENOPT  THKCHG  ORIEN
  .100
$ USRSTR  USRFAC  NSBCS  INTERM  XPENE
  0   0   10   0  4.000
*CONTROL_ENERGY
$ HGEN  RWEN  SLNTEN  RYLEN
  1   2   1   1
*CONTROL_DAMPING
$ NRCYCK  DRTOL  DRFCTR  DRTERM  TSSFDR  IRELAL  EDTTL
IDRFLG
  250  .001  .995
*CONTROL_OUTPUT
$ NPOPT  NEECHO  NREFUP  IACCOP  OPIFS  IPNINT  IKEDIT
  0   0   0   0  .000   0  100
$*DATABASE_HISTORY_OPTION
$  ID1  ID2  ID3  ID4  ID5  ID6  ID7  ID8
$
$OPTION : BEAM  BEAM_SET  NODE  NODE_SET
$  SHELL  SHELL_SET  SOLID  SOLID_SET
$  TSHELL  TSHELL_SET
$*DATABASE_OPTION
$  DT
$
$OPTION : SECFORC  RWFORC  NODOUT  ELOUT  GLSTAT
$  DEFORC  MATSUM  NCFORC  RCFORC  DEFGeo
$  SPCFORC  SWFORC  ABSTAT  NODFOR  BNDOUT
$  RBDOUT  GCEOUT  SLEOUT  MPGS  SBTOUT
$  JNTFORC  AVSFLT  MOVIE
*DATABASE_BINARY_D3PLOT

```

```

$ DT/CYCL  LCDT  NOBEAM
.500E-03
*DATABASE_BINARY_D3THDT
$ DT/CYCL  LCDT  NOBEAM
.500E-03
$*DATABASE_BINARY_OPTION
$ DT/CYCL  LCDT  NOBEAM
*CONTACT_AUTOMATIC_SINGLE_SURFACE
$  ssid  msid  sstyp  mstyp  sboxid  mboxid  spr  mpr
      0
$  fs    fd    dc    vc    vdc  penchk  bt    dt

$  sfs  sfm  sst  mst  sfst  sfmt  fsf  vsf
*SET_PART_LIST
$  sid  da1  da2  da3  da4
    4
$
$  pid1  pid2  pid3  pid4  pid5  pid6  pid7  pid8
    4    5    6
$
*LOAD_BODY_Z
$  lcid  sf  lciddr  xc  yc  zc
    6  981.1
$
*DEFINE_CURVE
$  lcid  sidr  scla  sclo  offa  offo
    6
$  abscissa  ordinate
$
      0.00      1.000
     10000.00      1.000
$
*PART
$HEADING
CONCRETE BEAM
$  PID  SID  MID  EOSID  HGID  GRAV  ADPOPT  TMID
    3   3   3
*PART
$HEADING
PART PID = 4 PART NAME :TOP
$  PID  SID  MID  EOSID  HGID  GRAV  ADPOPT  TMID
    4   4   4
*PART
$HEADING
PART PID = 5 PART NAME :PLACA
$  PID  SID  MID  EOSID  HGID  GRAV  ADPOPT  TMID
    5   5   5

```

```

*PART
$HEADING
PART PID = 6 PART NAME :IMPACTOR
$ PID SID MID EOSID HGID GRAV ADPOPT TMID
  6 6 6
*PART
sphere
$ pid sid mid eosid hgid adpopt
  7 7 7 0 0 0
$
$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
$ (7) MATERIAL CARDS
*MAT_PSEUDO_TENSOR
$ Mode II Concrete Model Option with automatic EOS
3,2.777E-03,,0.20
25.4E+4,-1.45E-04
0,0,0,0,0
*MAT_PSEUDO_TENSOR
4,2.477E-03,,0.25
42.4E+4,-1.45E-04
0,0,0,0,0
*MAT_PLASTIC_KINEMATIC
$ mid ro e pr sigy etan beta
  5 2.75e-3 7.000E+07 0.333 200.4E+4 68.9
$ src srp fs
*MAT_PLASTIC_KINEMATIC
$ mid ro e pr sigy etan beta
  6 7.00e-3 2.070E+08 0.300 222.4E+4 68.9
$ src srp fs
*MAT_RIGID
$ mid ro e pr n couple m alias
  7 7.00e-03 2.070E+08 0.300 4
$
$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
$ (7.1) SECTION CARDS
$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
*SECTION_SOLID
$PROPERTY NAME:SOL00003
$ SID ELFORM AET
  3 1 0
*SECTION_SOLID
$PROPERTY NAME:SOL00004
$ SID ELFORM AET
  4 1 0
*SECTION_SHELL
$PROPERTY NAME:SHL00005

```

```

$  SID  ELFORM  SHRF  NIP  PROPT  QR/IRID  ICOMP  SETYP
    5    2 .100E+01    2 .000E+00 .000E+00    0    1
$  T1    T2    T3    T4  NLOC
  0.20E+00 0.20E+00 0.20E+00 0.20E+00 .000E+00
*SECTION_SOLID
$PROPERTY NAME:SOL00006
$  SID  ELFORM  AET
    6    1    0
*SECTION_SOLID
$  sid  elform
    7

$
$
*BOUNDARY_PRESCRIBED_MOTION_RIGID
$  mid  dof  vad  lcid  sf  vid
    7    1    0    5 1.000E+00

$
*DEFINE_CURVE
$  lcid  sidr  scla  sclo  offa  offo
    5

$
$  abscissa  ordinate
    0.0      0.0
    0.1990   0.0
$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
$          (8) NODAL POINT CARDS
$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
*NODE
$  NODE      X      Y      Z  TC  RC
    1 -.662450000E+01 -.194920000E+01 .590000000E+01
    2 -.658021500E+01 -.275256900E+01 .590000000E+01
    3 -.645096300E+01 -.354661400E+01 .590000000E+01
    4 -.623812700E+01 -.432246100E+01 .590000000E+01
    5 -.594349000E+01 -.507115800E+01 .590000000E+01
    6 -.556897300E+01 -.578323000E+01 .590000000E+01
    7 -.512104500E+01 -.645148600E+01 .590000000E+01
    8 -.460471800E+01 -.706847300E+01 .590000100E+01
    9 -.402479000E+01 -.762618200E+01 .590000100E+01
   10 -.338800600E+01 -.811789300E+01 .590000100E+01
   11 -.270267100E+01 -.853922800E+01 .590000100E+01
   12 -.197640600E+01 -.888542600E+01 .590000100E+01
   13 -.121676500E+01 -.915057000E+01 .590000000E+01
   14 -.433144000E+00 -.933271700E+01 .589999900E+01
   15 .365361900E+00 -.943073400E+01 .590000000E+01
   16 .116985100E+01 -.944350200E+01 .590000000E+01
   17 -.658405700E+01 -.118490100E+01 .590000000E+01
   18 -.644097900E+01 -.198181900E+01 .590000000E+01

```

19 -.621899900E+01 -.277571500E+01 .590000000E+01
20 -.592000100E+01 -.355824100E+01 .589999900E+01
21 -.554624900E+01 -.432095100E+01 .590000000E+01
22 -.510017200E+01 -.505489300E+01 .590000000E+01
23 -.458830500E+01 -.575294300E+01 .590000000E+01
24 -.401583500E+01 -.640783400E+01 .590000100E+01
25 -.338779100E+01 -.701179300E+01 .590000000E+01
26 -.271092700E+01 -.755811200E+01 .590000100E+01
27 -.199330900E+01 -.804216700E+01 .590000100E+01
28 -.124238100E+01 -.845901200E+01 .590000100E+01
29 -.465628100E+00 -.880264700E+01 .590000000E+01
30 .328053000E+00 -.907062900E+01 .589999900E+01
31 .113005400E+01 -.926130100E+01 .590000000E+01
32 .193197600E+01 -.937303400E+01 .590000000E+01
33 -.646776200E+01 -.428482300E+00 .590000000E+01
34 -.623167300E+01 -.121339700E+01 .590000000E+01
35 -.592274500E+01 -.200159000E+01 .590000000E+01
36 -.554336200E+01 -.278524200E+01 .589999900E+01
37 -.509627600E+01 -.355641200E+01 .590000000E+01
38 -.458442000E+01 -.430667100E+01 .590000000E+01
39 -.401439400E+01 -.502896100E+01 .590000000E+01
40 -.339156200E+01 -.571620100E+01 .590000000E+01
41 -.272118100E+01 -.636086100E+01 .590000000E+01
42 -.201001500E+01 -.695623300E+01 .590000100E+01
43 -.126589600E+01 -.749745600E+01 .590000100E+01
44 -.496084800E+00 -.797939400E+01 .590000100E+01
45 .292000500E+00 -.839596900E+01 .590000000E+01
46 .108996200E+01 -.874423500E+01 .589999900E+01
47 .188968000E+01 -.902200800E+01 .590000000E+01
48 .268325400E+01 -.922715300E+01 .590000000E+01
49 -.627449100E+01 .312066400E+00 .590000100E+01
50 -.595178000E+01 -.454703600E+00 .590000000E+01
51 -.556229100E+01 -.123105300E+01 .590000000E+01
52 -.510891400E+01 -.200968900E+01 .589999900E+01
53 -.459488300E+01 -.278318000E+01 .590000000E+01
54 -.402363600E+01 -.354361200E+01 .590000000E+01
55 -.340184000E+01 -.428400200E+01 .590000000E+01
56 -.273503400E+01 -.499745500E+01 .590000000E+01
57 -.202870900E+01 -.567667100E+01 .590000000E+01
58 -.128963000E+01 -.631495900E+01 .590000100E+01
59 -.525397800E+00 -.690720200E+01 .590000100E+01
60 .256906900E+00 -.744809500E+01 .590000000E+01
61 .104993500E+01 -.793146800E+01 .590000000E+01
62 .184578700E+01 -.835387500E+01 .589999900E+01
63 .263683200E+01 -.871261300E+01 .590000000E+01
64 .341566900E+01 -.900502300E+01 .590000100E+01
65 -.600637800E+01 .102887200E+01 .590000100E+01

66 -.560381200E+01 .286762400E+00 .590000100E+01
67 -.514053400E+01 -.471229300E+00 .590000100E+01
68 -.461993200E+01 -.123833500E+01 .590000000E+01
69 -.404572700E+01 -.200762800E+01 .590000100E+01
70 -.342186000E+01 -.277172000E+01 .590000200E+01
71 -.275506400E+01 -.352369600E+01 .590000100E+01
72 -.205105500E+01 -.425684200E+01 .590000100E+01
73 -.131555300E+01 -.496410200E+01 .590000100E+01
74 -.555332800E+00 -.563878700E+01 .590000100E+01
75 .222242000E+00 -.627554200E+01 .590000100E+01
76 .101027000E+01 -.686887200E+01 .590000100E+01
77 .180147100E+01 -.741252800E+01 .590000100E+01
78 .258844500E+01 -.790256100E+01 .590000000E+01
79 .336404500E+01 -.833575000E+01 .590000100E+01
80 .412137700E+01 -.870891100E+01 .590000100E+01
81 -.566816600E+01 .171545700E+01 .590000100E+01
82 -.519261700E+01 .100460700E+01 .590000100E+01
83 -.466241600E+01 .271573800E+00 .590000100E+01
84 -.408145900E+01 -.477401200E+00 .589999900E+01
85 -.345394500E+01 -.123589900E+01 .590000100E+01
86 -.278432700E+01 -.199705200E+01 .590000200E+01
87 -.207939800E+01 -.275401100E+01 .590000200E+01
88 -.134505400E+01 -.350025200E+01 .590000100E+01
89 -.587243900E+00 -.422895400E+01 .590000200E+01
90 .187251400E+00 -.493343800E+01 .590000100E+01
91 .971302000E+00 -.560810300E+01 .590000100E+01
92 .175818500E+01 -.624727200E+01 .590000100E+01
93 .254069100E+01 -.684461000E+01 .590000100E+01
94 .331191900E+01 -.739566900E+01 .589999900E+01
95 .406520700E+01 -.789670700E+01 .590000100E+01
96 .479416600E+01 -.834402000E+01 .590000100E+01
97 -.525943800E+01 .236255100E+01 .590000100E+01
98 -.471841900E+01 .169018600E+01 .590000100E+01
99 -.412881100E+01 .989336000E+00 .590000100E+01
100 -.349501200E+01 .265716600E+00 .589999900E+01
101 -.282170600E+01 -.474760200E+00 .590000100E+01
102 -.211385000E+01 -.122574900E+01 .590000100E+01
103 -.137830500E+01 -.198046800E+01 .590000000E+01
104 -.621140700E+00 -.273257800E+01 .590000000E+01
105 .151462700E+00 -.347549900E+01 .590000100E+01
106 .932717800E+00 -.420255600E+01 .590000100E+01
107 .171572800E+01 -.490790500E+01 .590000000E+01
108 .249395200E+01 -.558568800E+01 .590000100E+01
109 .326024900E+01 -.622948400E+01 .590000100E+01
110 .400821400E+01 -.683434500E+01 .589999900E+01
111 .473167700E+01 -.739600600E+01 .590000100E+01
112 .542474500E+01 -.791024800E+01 .590000100E+01

113 -.478834600E+01 .296567800E+01 .590000100E+01
114 -.418910700E+01 .233876800E+01 .590000100E+01
115 -.354734100E+01 .167707300E+01 .590000000E+01
116 -.286795000E+01 .985780100E+00 .589999900E+01
117 -.215610200E+01 .270295200E+00 .590000000E+01
118 -.141725700E+01 -.463556300E+00 .590000000E+01
119 -.658345000E+00 -.120906500E+01 .590000100E+01
120 .114391000E+00 -.196007300E+01 .590000100E+01
121 .894538400E+00 -.271024000E+01 .590000100E+01
122 .167530300E+01 -.345290100E+01 .590000000E+01
123 .245002400E+01 -.418196300E+01 .590000100E+01
124 .321234000E+01 -.489138700E+01 .590000000E+01
125 .395517700E+01 -.557467200E+01 .590000000E+01
126 .467263000E+01 -.622636100E+01 .589999900E+01
127 .535901900E+01 -.684167400E+01 .590000100E+01
128 .600894700E+01 -.741587400E+01 .590000100E+01
129 -.425792200E+01 .351741600E+01 .590000100E+01
130 -.360800200E+01 .294321400E+01 .590000000E+01
131 -.292162000E+01 .232792400E+01 .590000000E+01
132 -.220417700E+01 .167620800E+01 .589999900E+01
133 -.146132600E+01 .992965800E+00 .590000000E+01
134 -.699034600E+00 .283501100E+00 .590000000E+01
135 .757048100E-01 -.445545200E+00 .590000100E+01
136 .856471100E+00 -.118820100E+01 .590000100E+01
137 .163662200E+01 -.193836500E+01 .590000100E+01
138 .240935700E+01 -.268937600E+01 .590000100E+01
139 .316824800E+01 -.343490200E+01 .590000000E+01
140 .390711400E+01 -.416871600E+01 .590000000E+01
141 .461895000E+01 -.488423800E+01 .590000000E+01
142 .529835500E+01 -.557550700E+01 .589999900E+01
143 .594012500E+01 -.623722100E+01 .590000000E+01
144 .653937400E+01 -.686412600E+01 .590000100E+01
145 -.367370900E+01 .401177400E+01 .590000100E+01
146 -.298065300E+01 .349753000E+01 .590000100E+01
147 -.225719500E+01 .293589700E+01 .590000100E+01
148 -.150924400E+01 .233101200E+01 .590000000E+01
149 -.742934300E+00 .168726500E+01 .590000000E+01
150 .352628200E-01 .100943900E+01 .590000100E+01
151 .818286900E+00 .304106900E+00 .590000100E+01
152 .159954100E+01 -.422944700E+00 .590000000E+01
153 .237215200E+01 -.116585300E+01 .590000000E+01
154 .312931400E+01 -.191796300E+01 .589999900E+01
155 .386483200E+01 -.267270000E+01 .590000000E+01
156 .457270600E+01 -.342365300E+01 .590000000E+01
157 .524600100E+01 -.416415800E+01 .590000000E+01
158 .587981100E+01 -.488775500E+01 .589999900E+01
159 .646942100E+01 -.558861800E+01 .590000100E+01

160 .701044800E+01 -.626097700E+01 .590000100E+01
161 -.304317800E+01 .444561400E+01 .590000100E+01
162 -.231422700E+01 .399829100E+01 .590000100E+01
163 -.156093700E+01 .349728100E+01 .590000100E+01
164 -.789720100E+00 .294618700E+01 .589999900E+01
165 -.719332700E-02 .234889800E+01 .590000100E+01
166 .779665900E+00 .170967500E+01 .590000000E+01
167 .156373200E+01 .103502000E+01 .590000000E+01
168 .233823100E+01 .330536800E+00 .590000000E+01
169 .309606000E+01 -.398151500E+00 .590000000E+01
170 .383040600E+01 -.114439800E+01 .590000000E+01
171 .453530900E+01 -.190138200E+01 .589999900E+01
172 .520494900E+01 -.266251100E+01 .589999900E+01
173 .583245800E+01 -.342103800E+01 .590000100E+01
174 .641343000E+01 -.416999700E+01 .589999900E+01
175 .694363900E+01 -.490304600E+01 .590000100E+01
176 .741920200E+01 -.561389600E+01 .590000100E+01
177 -.237034900E+01 .481042500E+01 .590000100E+01
178 -.161302600E+01 .443726200E+01 .590000100E+01
179 -.837428000E+00 .400410800E+01 .590000100E+01
180 -.504678500E-01 .351404300E+01 .589999900E+01
181 .740752800E+00 .297044900E+01 .590000000E+01
182 .152875200E+01 .237706400E+01 .590000000E+01
183 .230633600E+01 .174032400E+01 .590000000E+01
184 .306655700E+01 .106564400E+01 .590000000E+01
185 .380208200E+01 .358411500E+00 .590000000E+01
186 .450609000E+01 -.374734300E+00 .590000000E+01
187 .517285300E+01 -.112673000E+01 .589999900E+01
188 .579673500E+01 -.189079900E+01 .590000000E+01
189 .637093700E+01 -.266011000E+01 .590000000E+01
190 .689154800E+01 -.342719700E+01 .589999900E+01
191 .735483600E+01 -.418519600E+01 .590000100E+01
192 .775741000E+01 -.492729900E+01 .590000100E+01
193 -.166464800E+01 .510653300E+01 .590000000E+01
194 -.885819000E+00 .481412300E+01 .590000000E+01
195 -.947774600E-01 .445542000E+01 .590000000E+01
196 .701061100E+00 .403297900E+01 .589999900E+01
197 .149411000E+01 .354967500E+01 .590000000E+01
198 .227638300E+01 .300872300E+01 .590000000E+01
199 .304062200E+01 .241649200E+01 .590000000E+01
200 .377970000E+01 .177821100E+01 .590000000E+01
201 .448605300E+01 .109902900E+01 .590000000E+01
202 .515285700E+01 .385578000E+00 .590000000E+01
203 .577461900E+01 -.354834400E+00 .590000100E+01
204 .634587900E+01 -.111524700E+01 .590000000E+01
205 .685990700E+01 -.188874800E+01 .590000000E+01
206 .731329200E+01 -.266736800E+01 .589999900E+01

207 .770279000E+01 -.344372100E+01 .590000000E+01
 208 .802551100E+01 -.421048400E+01 .590000000E+01
 209 -.932236500E+00 .532865700E+01 .589999900E+01
 210 -.138670700E+00 .512351500E+01 .589999900E+01

10094 .415884000E+01 -.138313900E+00 .441782000E+02
 10095 .287584600E+01 .122198100E+01 .441782000E+02
 10096 .109578800E+01 .179646000E+01 .441782000E+02

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

\$ (9) SOLID ELEMENT CARDS

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

*ELEMENT_SOLID

\$	EID	PID	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
	1375	3	1642	1645	1644	1643	981	982	998	997
	1376	3	1645	1647	1646	1644	982	983	999	998
	1377	3	1647	1649	1648	1646	983	984	1000	999
	1378	3	1649	1651	1650	1648	984	985	1001	1000
	1379	3	1651	1653	1652	1650	985	986	1002	1001
	1380	3	1653	1655	1654	1652	986	987	1003	1002
	1381	3	1655	1657	1656	1654	987	988	1004	1003
	1382	3	1657	1659	1658	1656	988	989	1005	1004
	1383	3	1659	1661	1660	1658	989	990	1006	1005
	1384	3	1661	1663	1662	1660	990	991	1007	1006
	1385	3	1663	1665	1664	1662	991	992	1008	1007
	1386	3	1665	1667	1666	1664	992	993	1009	1008
	1387	3	1667	1669	1668	1666	993	994	1010	1009
	1388	3	1669	1671	1670	1668	994	995	1011	1010
	1389	3	1671	1673	1672	1670	995	996	1012	1011
	1390	3	1643	1644	1675	1674	997	998	1014	1013
	1391	3	1644	1646	1676	1675	998	999	1015	1014
	1392	3	1646	1648	1677	1676	999	1000	1016	1015
	1393	3	1648	1650	1678	1677	1000	1001	1017	1016
	1394	3	1650	1652	1679	1678	1001	1002	1018	1017
	1395	3	1652	1654	1680	1679	1002	1003	1019	1018
	1396	3	1654	1656	1681	1680	1003	1004	1020	1019
	1397	3	1656	1658	1682	1681	1004	1005	1021	1020
	1398	3	1658	1660	1683	1682	1005	1006	1022	1021
	1399	3	1660	1662	1684	1683	1006	1007	1023	1022
	1400	3	1662	1664	1685	1684	1007	1008	1024	1023

9041 6 10071 10075 10076 10072 10087 10091 10092 10088
 9042 6 10073 10077 10078 10074 10089 10093 10094 10090
 9043 6 10074 10078 10079 10075 10090 10094 10095 10091
 9044 6 10075 10079 10080 10076 10091 10095 10096 10092

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

\$ (10) BEAM ELEMENT CARDS

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

***ELEMENT_BEAM**

\$ EID PID N1 N2 N3

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

\$ (11) SHELL ELEMENT CARDS

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

***ELEMENT_SHELL**

\$ EID PID N1 N2 N3 N4

8038 5 8972 9003 9004 8973

8039 5 8973 9004 9005 8974

8040 5 8974 9005 9006 8975

8041 5 8975 9006 9007 8976

8042 5 8976 9007 9008 8977

9012 5 10025 10005 10026 10023

9013 5 10026 10003 10027 10023

9014 5 10032 10009 10029 10028

9015 5 10029 9452 10030 10028

9016 5 10030 10010 10031 10028

9017 5 10031 10008 10032 10028

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

\$ (12) SPRING OR DAMPER ELEMENT CARDS

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

***ELEMENT_DISCRETE**

\$ EID PID N1 N2 VID S PF

***ELEMENT_MASS**

\$ EID NID MASS

***ELEMENT_INERTIA**

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

\$ (14) HOURGLASS AND BULK PROPERTIES CARDS

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

***HOURGLASS**

\$ IHQ QH IBQ Q1 Q2

\$

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

\$ (15) DEFINE SET CARDS

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

\$ (16) BOUNDARY CONDITION CARDS

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

***BOUNDARY_SPC_NODE**

\$ NID/NSID CID DOFX DOFY DOFZ DOFRX DOFRY DOFRZ

9039 0 1 1 1 1 1 1

9040 0 1 1 1 1 1 1

9041 0 1 1 1 1 1 1

9042 0 1 1 1 1 1 1

9043 0 1 1 1 1 1 1

9044 0 1 1 1 1 1 1

9045	0	1	1	1	1	1	1
9046	0	1	1	1	1	1	1
9047	0	1	1	1	1	1	1
9048	0	1	1	1	1	1	1
9859	0	1	1	1	1	1	1
9860	0	1	1	1	1	1	1
9861	0	1	1	1	1	1	1
9862	0	1	1	1	1	1	1
9863	0	1	1	1	1	1	1
9864	0	1	1	1	1	1	1
9865	0	1	1	1	1	1	1

*END

Álvaro García Hernández

**Tema: CÓDIGO DE LS-DYNA PARA LA SIMULACIÓN DE PROBETAS DE
HORMIGÓN SOMETIDAS A IMPACTO SOBRE UNA CHAPA METÁLICA*****KEYWORD**

\$CODIGO LS-DYNA PARA LA SIMULACION DE PROBETAS DE HORMIGON
SOMETIDAS A IMPACTO SOBRE UNA CHAPA METÁLICA

\$ALVARO GARCIA_DANIEL CASTRO

***CONTROL_TERMINATION**

\$ ENDTIM ENDCYC DTMIN ENDNEG ENDMAS
.200E-00 0 .000 .000 .000

***CONTROL_TIMESTEP**

\$ DTINIT SCFT ISDO TSLIMIT DTMS LCTM ERODE MS1ST
.000 .900 0

***CONTROL_HOURLASS**

\$ IHQ QH
1 .100

***CONTROL_BULK_VISCOSITY**

\$ Q2 Q1
1.500 .060

***CONTROL_SHELL**

\$ WRPANG ITRIST IRNXX ISTUPD THEORY BWC MITER
20.000 2 -1 0 2 2 1

***CONTROL_CONTACT**

\$ SLSFAC RWPNAL ISLCHK SHLTHK PENOPT THKCHG ORIEN
0.100

\$ USRSTR USRFAC NSBCS INTERM XPENE
0 0 10 0 4.000

***CONTROL_ENERGY**

\$ HGEN RWEN SLNTEN RYLEN
2 2 2 2

***CONTROL_DAMPING**

\$ NRCYCK DRTOL DRFCTR DRTERM TSSFDR IRELAL EDTTL
IDRFLG

250 .001 0.999

***CONTROL_OUTPUT**

\$ NPOPT NEECHO NREFUP IACCOP OPIFS IPNINT IKEDIT
0 0 0 0 .000 0 100

***\$DATABASE_HISTORY_OPTION**

\$ ID1 ID2 ID3 ID4 ID5 ID6 ID7 ID8

\$

\$OPTION:BEAM BEAM_SET NODE NODE_SET

\$ SHELL SHELL_SET SOLID SOLID_SET

\$ TSHELL TSHELL_SET

***\$DATABASE_OPTION**

\$ DT

```

$
$OPTION : SECFORC RWFORC NODOUT ELOUT GLSTAT
$   DEFORC MATSUM NCFORC RCFORC DEFGeo
$   SPCFORC SWFORC ABSTAT NODFOR BNDOUT
$   RBDOUT GCEOUT SLEOUT MPGS  SBTOUT
$   JNTFORC AVSFLT MOVIE
*DATABASE_SECFORC
  .200E-02
*DATABASE_RWFORC
  .200E-02
*DATABASE_NODOUT
  .200E-02
*DATABASE_ELOUT
  .200E-02
*DATABASE_GLSTAT
  .200E-02
*DATABASE_DEFORC
  .200E-02
*DATABASE_MATSUM
  .200E-02
*DATABASE_NCFORC
  .200E-02
*DATABASE_RCFORC
  .200E-02
*DATABASE_DEFGeo
  .200E-02
*DATABASE_BINARY_D3PLOT
$ DT/CYCL  LCDT  NOBEAM
  .100E-03
*DATABASE_BINARY_D3THDT
$ DT/CYCL  LCDT  NOBEAM
  .100E-03
*$DATABASE_BINARY_OPTION
$ DT/CYCL  LCDT  NOBEAM
$
$OPTION : D3DRFL D3DUMP RUNRSF INTFOR
*DATABASE_EXTENT_BINARY
      0   0   3   0   1   1   1   1
      0   0   0   0   0   0
$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
$           (6) DEFINE PARTS CARDS
$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
$
*$CONTACT_AUTOMATIC_SINGLE_SURFACE
$  ssid  msid  sstyp  mstyp  sboxid  mboxid  spr  mpr
      0
$  fs    fd    dc    vc    vdc  penchk  bt    dt

```

```

0.7 0.4
$ sfs  sfm  sst  mst  sfst  sfmt  fsf  vsf

```

*SET_PART_LIST

```

$  sid  da1  da2  da3  da4
   4

```

\$

```

$  pid1  pid2  pid3  pid4  pid5  pid6  pid7  pid8
   1     3     4     5     6

```

\$

*CONTACT_NODES_TO_SURFACE

```

$  ssid  msid  sstyp  mstyp  sboxid  mboxid  spr  mpr
   3     5     3     3           1     1

```

```

$  fs  fd  dc  vc  vdc  penchk  bt  dt

```

```

$  sfs  sfm  sst  mst  sfst  sfmt  fsf  vsf

```

*PART

\$HEADING

PART PID = 1 PART NAME :C003V000

```

$  PID  SID  MID  EOSID  HGID  GRAV  ADPOPT  TMID
   1    1    1

```

*PART

\$HEADING

PART PID = 2 PART NAME :TUBO

```

$  PID  SID  MID  EOSID  HGID  GRAV  ADPOPT  TMID
   2    2    2

```

*PART

\$HEADING

PART PID = 3 PART NAME :BASE

```

$  PID  SID  MID  EOSID  HGID  GRAV  ADPOPT  TMID
   3    3    3

```

*PART

\$HEADING

PART PID = 4 PART NAME :TOP

```

$  PID  SID  MID  EOSID  HGID  GRAV  ADPOPT  TMID
   4    4    4

```

*PART

\$HEADING

PART PID = 9 PART NAME :TORNILLO

```

$  PID  SID  MID  EOSID  HGID  GRAV  ADPOPT  TMID
   9    9    9

```

*PART

\$HEADING

PART PID = 8 PART NAME :MASILLA

```

$  PID  SID  MID  EOSID  HGID  GRAV  ADPOPT  TMID
   8    8    8

```



```

*PART
$HEADING
PART PID = 7 PART NAME :PATAS
$ PID SID MID EOSID HGID GRAV ADPOPT TMID
  7 7 7

*PART
$HEADING
PART PID = 6 PART NAME :IMPACTOR
$ PID SID MID EOSID HGID GRAV ADPOPT TMID
  6 6 6

*PART
$HEADING
PART PID = 5 PART NAME :PLACA
$ PID SID MID EOSID HGID GRAV ADPOPT TMID
  5 5 5

*PART
$HEADING
PART PID = 10 PART NAME :SUELOA
$ PID SID MID EOSID HGID GRAV ADPOPT TMID
  10 10 10

*PART
sphere
$ pid sid mid eosid hgid adpopt
  11 11 11 0 0 0
$
$-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8
$ (7) MATERIAL CARDS
*MAT_RIGID
$ mid ro e pr n couple m alias
  1 7.00e-03 2.370E+09 0.300 0 0 0
$
$ cmo con1 con2
  4 4
$
$ lco/a1 a2 a3 v1 v2 v3
$
$
*MAT_RIGID
$ mid ro e pr n couple m alias
  2 7.00e-03 2.370E+09 0.300 0 0 0
$
$ cmo con1 con2
$
$ lco/a1 a2 a3 v1 v2 v3
$
$

```

*MAT_PSEUDO_TENSOR

\$ Mode II Concrete Model Option with automatic EOS

3,2.777E-03,,0.20

25.4E+4,-1.45E-04

0,0,0,0,0,0

*MAT_PSEUDO_TENSOR

4,2.477E-03,,0.25

42.4E+4,-1.45E-04

0,0,0,0,0,0

*MAT_ELASTIC

\$

\$ mid ro e pr

5 7.70e-3 1.300E+09 3.000E-01

\$

*MAT_PLASTIC_KINEMATIC

\$ mid ro e pr sigy etan beta

6 7.70e-3 2.370E+09 0.300 200.4E+4 68.9

\$ src srp fs

\$

*MAT_PLASTIC_KINEMATIC

\$ mid ro e pr sigy etan beta

7 7.70e-3 1.300E+09 0.300 150.4E+4 68.9

\$ src srp fs

\$

*MAT_PLASTIC_KINEMATIC

\$ mid ro e pr sigy etan beta

8 7.70e-3 2.000E+08 0.400 50.4E+4 68.9

\$ src srp fs

\$

*MAT_PLASTIC_KINEMATIC

\$ mid ro e pr sigy etan beta

9 7.70e-3 2.000E+09 0.300 400.4E+4 68.9

\$ src srp fs

\$

*MAT_RIGID

```
$ mid ro e pr n couple m alias
10 2.40e-03 3.370E+08 0.200 0 0 0
```

```
$
```

```
$ cmo con1 con2
```

```
$
```

```
$ lco/a1 a2 a3 v1 v2 v3
```

```
$
```

```
*MAT_RIGID
```

```
$ mid ro e pr n couple m alias
11 7.00e-03 2.070E+09 0.300 4
```

```
$
```

```
$ cmo con1 con2
4 4
```

```
$
```

```
$ lco/a1 a2 a3 v1 v2 v3
```

```
$
```

```
$-+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
```

```
$ (7.1) SECTION CARDS
```

```
$-+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
```

```
*SECTION_SOLID
```

```
$PROPERTY NAME:SOL00001
```

```
$ SID ELFORM AET
1 1 0
```

```
*SECTION_SHELL
```

```
$PROPERTY NAME:SHL00002
```

```
$ SID ELFORM SHRF NIP PROPT QR/IRID ICOMP SETYP
2 2 .100E+01 2 .000E+00 .000E+00 0 1
```

```
$ T1 T2 T3 T4 NLOC
0.100E+00 0.100E+00 0.100E+00 0.100E+00 .000E+00
```

```
*SECTION_SOLID
```

```
$PROPERTY NAME:SOL00003
```

```
$ SID ELFORM AET
3 1 0
```

```
*SECTION_SOLID
```

```
$PROPERTY NAME:SOL00004
```

```
$ SID ELFORM AET
4 1 0
```

```
*SECTION_SOLID
```

```
$PROPERTY NAME:SOL00006
```

```
$ SID ELFORM AET
6 1 0
```

```
*SECTION_SOLID
```

```
$PROPERTY NAME:SOL00007
```

```
$ SID ELFORM AET
```

```

    7    1    0
*SECTION_SOLID
$PROPERTY NAME:SOL00008
$  SID  ELFORM  AET
    8    1    0
*SECTION_SOLID
$PROPERTY NAME:SOL00009
$  SID  ELFORM  AET
    9    1    0
*SECTION_SOLID
$PROPERTY NAME:SOL00005
$  SID  ELFORM  AET
    5    1    0
*SECTION_SOLID
$PROPERTY NAME:SOL00009
$  SID  ELFORM  AET
   10    1    0
*SECTION_SOLID
$  sid  elform
   11
$
$
*BOUNDARY_PRESCRIBED_MOTION_RIGID
$  mid  dof  vad  lcid  sf  vid
   11    1    0    5 1.000E+00
$
*DEFINE_CURVE
$  lcid  sidr  scla  sclc  offa  offc
    5
$
$  abscissa  ordinate
    0.0      0.0
    0.1990   0.0
$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
$          (8) NODAL POINT CARDS
$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
*NODE
$  NODE      X      Y      Z  TC  RC
    1 .777149400E+00 -.445110500E+01 .127737000E+02
    2 .224078300E+00 -.436249400E+01 .127737000E+02
    3 -.296602800E+00 -.415696300E+01 .127737000E+02
    4 -.758650400E+00 -.384091400E+01 .127737000E+02
    5 -.113861800E+01 -.342978600E+01 .127737000E+02
    6 -.141740700E+01 -.294435800E+01 .127737000E+02
    7 -.158145300E+01 -.240915500E+01 .127737000E+02
    8 -.162640300E+01 -.185083500E+01 .127737000E+02
    9 .133545500E+01 -.440616800E+01 .127737000E+02

```

10 .787886200E+00 -.417787400E+01 .127737000E+02
11 .251068600E+00 -.385266300E+01 .127737000E+02
12 -.251888900E+00 -.343983500E+01 .127737000E+02
13 -.698941500E+00 -.295612400E+01 .127737000E+02
14 -.107099700E+01 -.242231200E+01 .127737000E+02
15 -.135307600E+01 -.186162300E+01 .127737000E+02
16 -.153769900E+01 -.129779300E+01 .127737000E+02
17 .187062700E+01 -.424210200E+01 .127737000E+02
18 .134855800E+01 -.389577000E+01 .127737000E+02
19 .815602800E+00 -.347252700E+01 .127737000E+02
20 .291734100E+00 -.298456800E+01 .127737000E+02
21 -.202404900E+00 -.244992100E+01 .127737000E+02
22 -.647727700E+00 -.188937200E+01 .127737000E+02
23 -.102784200E+01 -.132484200E+01 .127737000E+02
24 -.133213800E+01 -.777149800E+00 .127737000E+02
25 .235608700E+01 -.396339300E+01 .127737000E+02
26 .188239500E+01 -.352376900E+01 .127737000E+02
27 .137617700E+01 -.302724000E+01 .127737000E+02
28 .854273400E+00 -.248889400E+01 .127737000E+02
29 .335924500E+00 -.192805700E+01 .127737000E+02
30 -.159790100E+00 -.136551500E+01 .127737000E+02
31 -.615064000E+00 -.821891800E+00 .127737000E+02
32 -.101615700E+01 -.315081400E+00 .127737000E+02
33 .276717000E+01 -.358338900E+01 .127737000E+02
34 .236606700E+01 -.307666700E+01 .127737000E+02
35 .191079900E+01 -.253304600E+01 .127737000E+02
36 .141507100E+01 -.197051000E+01 .127737000E+02
37 .896722600E+00 -.140967600E+01 .127737000E+02
38 .374827500E+00 -.871338700E+00 .127737000E+02
39 -.131394100E+00 -.374815500E+00 .127737000E+02
40 -.605073000E+00 .649173900E-01 .127737000E+02
41 .308315200E+01 -.312132400E+01 .127737000E+02
42 .277884400E+01 -.257369200E+01 .127737000E+02
43 .239873400E+01 -.200916500E+01 .127737000E+02
44 .195339000E+01 -.144862400E+01 .127737000E+02
45 .145925100E+01 -.913979900E+00 .127737000E+02
46 .935383800E+00 -.426031600E+00 .127737000E+02
47 .402422800E+00 -.279465300E-02 .127737000E+02
48 -.119633800E+00 .343674500E+00 .127737000E+02
49 .328868200E+01 -.260067000E+01 .127737000E+02
50 .310405900E+01 -.203689200E+01 .127737000E+02
51 .282199200E+01 -.147622300E+01 .127737000E+02
52 .244992000E+01 -.942440900E+00 .127737000E+02
53 .200287800E+01 -.458750800E+00 .127737000E+02
54 .149992600E+01 -.459558100E-01 .127737000E+02
55 .963112500E+00 .279230800E+00 .127737000E+02
56 .415565400E+00 .507672400E+00 .127737000E+02

57 .337740600E+01 -.204763400E+01 .127737000E+02
58 .333245300E+01 -.148931500E+01 .127737000E+02
59 .316841800E+01 -.954111700E+00 .127737000E+02
60 .288960500E+01 -.468696100E+00 .127737000E+02
61 .250964500E+01 -.575674200E-01 .127737000E+02
62 .204759500E+01 .258467300E+00 .127737000E+02
63 .152691600E+01 .463996400E+00 .127737000E+02
64 .973865400E+00 .552803500E+00 .127737000E+02
65 .777149400E+00 -.445110500E+01 .135060300E+02
66 .224078300E+00 -.436249400E+01 .135060300E+02
67 -.296602800E+00 -.415696300E+01 .135060300E+02
68 -.758650400E+00 -.384091400E+01 .135060300E+02
69 -.113861800E+01 -.342978600E+01 .135060300E+02
70 -.141740700E+01 -.294435800E+01 .135060300E+02
71 -.158145300E+01 -.240915500E+01 .135060300E+02
72 -.162640300E+01 -.185083500E+01 .135060300E+02
73 .133545500E+01 -.440616800E+01 .135060300E+02
74 .787886200E+00 -.417787400E+01 .135060300E+02
75 .251068600E+00 -.385266300E+01 .135060300E+02
76 -.251888900E+00 -.343983500E+01 .135060300E+02
77 -.698941500E+00 -.295612400E+01 .135060300E+02
78 -.107099700E+01 -.242231200E+01 .135060300E+02
79 -.135307600E+01 -.186162300E+01 .135060300E+02
80 -.153769900E+01 -.129779300E+01 .135060300E+02
81 .187062700E+01 -.424210200E+01 .135060300E+02
82 .134855800E+01 -.389577000E+01 .135060300E+02
83 .815602800E+00 -.347252700E+01 .135060300E+02
84 .291734100E+00 -.298456800E+01 .135060300E+02
85 -.202404900E+00 -.244992100E+01 .135060300E+02
86 -.647727700E+00 -.188937200E+01 .135060300E+02
87 -.102784200E+01 -.132484200E+01 .135060300E+02
88 -.133213800E+01 -.777149800E+00 .135060300E+02
89 .235608700E+01 -.396339300E+01 .135060300E+02
90 .188239500E+01 -.352376900E+01 .135060300E+02
91 .137617700E+01 -.302724000E+01 .135060300E+02
92 .854273400E+00 -.248889400E+01 .135060300E+02
93 .335924500E+00 -.192805700E+01 .135060300E+02
94 -.159790100E+00 -.136551500E+01 .135060300E+02
95 -.615064000E+00 -.821891800E+00 .135060300E+02
96 -.101615700E+01 -.315081400E+00 .135060300E+02
97 .276717000E+01 -.358338900E+01 .135060300E+02
98 .236606700E+01 -.307666700E+01 .135060300E+02
99 .191079900E+01 -.253304600E+01 .135060300E+02
100 .141507100E+01 -.197051000E+01 .135060300E+02
101 .896722600E+00 -.140967600E+01 .135060300E+02
102 .374827500E+00 -.871338700E+00 .135060300E+02
103 -.131394100E+00 -.374815500E+00 .135060300E+02

104 -.605073000E+00 .649173900E-01 .135060300E+02
105 .308315200E+01 -.312132400E+01 .135060300E+02
106 .277884400E+01 -.257369200E+01 .135060300E+02
107 .239873400E+01 -.200916500E+01 .135060300E+02
108 .195339000E+01 -.144862400E+01 .135060300E+02
109 .145925100E+01 -.913979900E+00 .135060300E+02
110 .935383800E+00 -.426031600E+00 .135060300E+02
111 .402422800E+00 -.279465300E-02 .135060300E+02
112 -.119633800E+00 .343674500E+00 .135060300E+02
113 .328868200E+01 -.260067000E+01 .135060300E+02
114 .310405900E+01 -.203689200E+01 .135060300E+02
115 .282199200E+01 -.147622300E+01 .135060300E+02
116 .244992000E+01 -.942440900E+00 .135060300E+02
117 .200287800E+01 -.458750800E+00 .135060300E+02
118 .149992600E+01 -.459558100E-01 .135060300E+02
119 .963112500E+00 .279230800E+00 .135060300E+02
120 .415565400E+00 .507672400E+00 .135060300E+02
121 .337740600E+01 -.204763400E+01 .135060300E+02
122 .333245300E+01 -.148931500E+01 .135060300E+02
123 .316841800E+01 -.954111700E+00 .135060300E+02
124 .288960500E+01 -.468696100E+00 .135060300E+02
125 .250964500E+01 -.575674200E-01 .135060300E+02
126 .204759500E+01 .258467300E+00 .135060300E+02
127 .152691600E+01 .463996400E+00 .135060300E+02
128 .973865400E+00 .552803500E+00 .135060300E+02
129 .777149400E+00 -.445110500E+01 .142383600E+02
130 .224078300E+00 -.436249400E+01 .142383600E+02
131 -.296602800E+00 -.415696300E+01 .142383600E+02
132 -.758650400E+00 -.384091400E+01 .142383600E+02
133 -.113861800E+01 -.342978600E+01 .142383600E+02
134 -.141740700E+01 -.294435800E+01 .142383600E+02
135 -.158145300E+01 -.240915500E+01 .142383600E+02
136 -.162640300E+01 -.185083500E+01 .142383600E+02
137 .133545500E+01 -.440616800E+01 .142383600E+02
138 .787886200E+00 -.417787400E+01 .142383500E+02
139 .251068600E+00 -.385266300E+01 .142383600E+02
140 -.251888900E+00 -.343983500E+01 .142383600E+02
141 -.698941500E+00 -.295612400E+01 .142383500E+02
142 -.107099700E+01 -.242231200E+01 .142383500E+02
143 -.135307600E+01 -.186162300E+01 .142383500E+02
144 -.153769900E+01 -.129779300E+01 .142383600E+02
145 .187062700E+01 -.424210200E+01 .142383500E+02
146 .134855800E+01 -.389577000E+01 .142383500E+02
147 .815602800E+00 -.347252700E+01 .142383600E+02
148 .291734100E+00 -.298456800E+01 .142383500E+02
149 -.202404900E+00 -.244992100E+01 .142383600E+02
150 -.647727700E+00 -.188937200E+01 .142383600E+02

151 -.102784200E+01 -.132484200E+01 .142383600E+02
152 -.133213800E+01 -.777149800E+00 .142383500E+02
153 .235608700E+01 -.396339300E+01 .142383600E+02
154 .188239500E+01 -.352376900E+01 .142383600E+02
155 .137617700E+01 -.302724000E+01 .142383600E+02
156 .854273400E+00 -.248889400E+01 .142383600E+02
157 .335924500E+00 -.192805700E+01 .142383600E+02
158 -.159790100E+00 -.136551500E+01 .142383600E+02
159 -.615064000E+00 -.821891800E+00 .142383600E+02
160 -.101615700E+01 -.315081400E+00 .142383600E+02
161 .276717000E+01 -.358338900E+01 .142383600E+02
162 .236606700E+01 -.307666700E+01 .142383600E+02
163 .191079900E+01 -.253304600E+01 .142383600E+02
164 .141507100E+01 -.197051000E+01 .142383600E+02
165 .896722600E+00 -.140967600E+01 .142383600E+02
166 .374827500E+00 -.871338700E+00 .142383600E+02
167 -.131394100E+00 -.374815500E+00 .142383600E+02
168 -.605073000E+00 .649173900E-01 .142383600E+02
169 .308315200E+01 -.312132400E+01 .142383600E+02
170 .277884400E+01 -.257369200E+01 .142383600E+02
171 .239873400E+01 -.200916500E+01 .142383600E+02
172 .195339000E+01 -.144862400E+01 .142383600E+02
173 .145925100E+01 -.913979900E+00 .142383600E+02
174 .935383800E+00 -.426031600E+00 .142383600E+02
175 .402422800E+00 -.279465300E-02 .142383600E+02
176 -.119633800E+00 .343674500E+00 .142383600E+02
177 .328868200E+01 -.260067000E+01 .142383600E+02
178 .310405900E+01 -.203689200E+01 .142383500E+02
179 .282199200E+01 -.147622300E+01 .142383600E+02
180 .244992000E+01 -.942440900E+00 .142383600E+02
181 .200287800E+01 -.458750800E+00 .142383600E+02
182 .149992600E+01 -.459558100E-01 .142383600E+02
183 .963112500E+00 .279230800E+00 .142383600E+02
184 .415565400E+00 .507672400E+00 .142383600E+02
185 .337740600E+01 -.204763400E+01 .142383600E+02
186 .333245300E+01 -.148931500E+01 .142383600E+02
187 .316841800E+01 -.954111700E+00 .142383600E+02
188 .288960500E+01 -.468696100E+00 .142383600E+02
189 .250964500E+01 -.575674200E-01 .142383600E+02
190 .204759500E+01 .258467300E+00 .142383600E+02
191 .152691600E+01 .463996400E+00 .142383600E+02
192 .973865400E+00 .552803500E+00 .142383600E+02
193 .777149400E+00 -.445110500E+01 .149706900E+02
194 .224078300E+00 -.436249400E+01 .149706800E+02
195 -.296602800E+00 -.415696300E+01 .149706900E+02
196 -.758650400E+00 -.384091400E+01 .149706800E+02
197 -.113861800E+01 -.342978600E+01 .149706800E+02

198 -.141740700E+01 -.294435800E+01 .149706900E+02
 199 -.158145300E+01 -.240915500E+01 .149706900E+02
 200 -.162640300E+01 -.185083500E+01 .149706900E+02
 201 .133545500E+01 -.440616800E+01 .149706800E+02
 202 .787886200E+00 -.417787400E+01 .149706800E+02
 203 .251068600E+00 -.385266300E+01 .149706900E+02
 204 -.251888900E+00 -.343983500E+01 .149706900E+02
 205 -.698941500E+00 -.295612400E+01 .149706800E+02
 206 -.107099700E+01 -.242231200E+01 .149706800E+02
 207 -.135307600E+01 -.186162300E+01 .149706800E+02
 208 -.153769900E+01 -.129779300E+01 .149706800E+02
 209 .187062700E+01 -.424210200E+01 .149706800E+02
 210 .134855800E+01 -.389577000E+01 .149706800E+02

41936 .128755000E+02 .170508000E+02 -.340000000E+01

41937 .158755000E+02 .170508000E+02 -.340000000E+01

\$---+----1---+----2---+----3---+----4---+----5---+----6---+----7---+----8

\$ (9) SOLID ELEMENT CARDS

\$---+----1---+----2---+----3---+----4---+----5---+----6---+----7---+----8

*ELEMENT_SOLID

\$	EID	PID	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
	1	1	9	10	2	65	73	74	66	
	2	1	2	10	11	3	66	74	75	67
	3	1	3	11	12	4	67	75	76	68
	4	1	4	12	13	5	68	76	77	69
	5	1	5	13	14	6	69	77	78	70
	6	1	6	14	15	7	70	78	79	71
	7	1	7	15	16	8	71	79	80	72
	8	1	9	17	18	10	73	81	82	74
	9	1	10	18	19	11	74	82	83	75
	10	1	11	19	20	12	75	83	84	76
	11	1	12	20	21	13	76	84	85	77
	12	1	13	21	22	14	77	85	86	78
	13	1	14	22	23	15	78	86	87	79
	14	1	15	23	24	16	79	87	88	80
	15	1	17	25	26	18	81	89	90	82
	16	1	18	26	27	19	82	90	91	83
	17	1	19	27	28	20	83	91	92	84
	18	1	20	28	29	21	84	92	93	85
	19	1	21	29	30	22	85	93	94	86
	20	1	22	30	31	23	86	94	95	87
	21	1	23	31	32	24	87	95	96	88
	22	1	25	33	34	26	89	97	98	90
	23	1	26	34	35	27	90	98	99	91
	24	1	27	35	36	28	91	99	100	92
	25	1	28	36	37	29	92	100	101	93
	26	1	29	37	38	30	93	101	102	94

27	1	30	38	39	31	94	102	103	95
28	1	31	39	40	32	95	103	104	96
29	1	33	41	42	34	97	105	106	98
30	1	34	42	43	35	98	106	107	99
31	1	35	43	44	36	99	107	108	100
32	1	36	44	45	37	100	108	109	101
33	1	37	45	46	38	101	109	110	102
34	1	38	46	47	39	102	110	111	103
35	1	39	47	48	40	103	111	112	104
36	1	41	49	50	42	105	113	114	106
37	1	42	50	51	43	106	114	115	107
38	1	43	51	52	44	107	115	116	108
39	1	44	52	53	45	108	116	117	109
40	1	45	53	54	46	109	117	118	110
41	1	46	54	55	47	110	118	119	111
42	1	47	55	56	48	111	119	120	112
43	1	49	57	58	50	113	121	122	114
44	1	50	58	59	51	114	122	123	115
45	1	51	59	60	52	115	123	124	116
46	1	52	60	61	53	116	124	125	117
47	1	53	61	62	54	117	125	126	118
48	1	54	62	63	55	118	126	127	119
49	1	55	63	64	56	119	127	128	120
50	1	65	73	74	66	129	137	138	130
51	1	66	74	75	67	130	138	139	131
52	1	67	75	76	68	131	139	140	132

35330 10 41803 41814 41815 41804 41924 41935 41936 41925
 35331 10 41804 41815 41816 41805 41925 41936 41937 41926

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

\$ (10) BEAM ELEMENT CARDS

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

*ELEMENT_BEAM

\$ EID PID N1 N2 N3

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

\$ (11) SHELL ELEMENT CARDS

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

*ELEMENT_SHELL

\$ EID PID N1 N2 N3 N4

344 2 513 515 516 514

345 2 515 517 518 516

346 2 517 519 520 518

347 2 519 521 522 520

348 2 521 523 524 522

349 2 523 525 526 524

350 2 525 527 528 526

351 2 527 529 530 528

352	2	529	531	532	530
353	2	531	533	534	532
354	2	535	546	547	536
355	2	536	547	548	537
356	2	537	548	549	538
357	2	538	549	550	539
358	2	539	550	551	540
359	2	540	551	552	541
360	2	541	552	553	542
361	2	542	553	554	543

651	2	883	894	895	884
652	2	884	895	896	885
653	2	885	896	897	886

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

\$ (12) SPRING OR DAMPER ELEMENT CARDS

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

*ELEMENT_DISCRETE

\$ EID PID N1 N2 VID S PF

*ELEMENT_MASS

\$ EID NID MASS

*ELEMENT_INERTIA

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

\$ (14) HOURGLASS AND BULK PROPERTIES CARDS

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

*HOURGLASS

\$ IHQ QH IBQ Q1 Q2

\$

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

\$ (15) DEFINE SET CARDS

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

*SET_NODE_LIST

\$ SID DA1 DA2 DA3 DA4

3

\$ NID1 NID2 NID3 NID4 NID5 NID6 NID7 NID8

30140	30141	30142	30143	30144	30145	30146	30147
30148	30149	30150	30151	30152	30153	30154	30155
30156	30157	30158	30159	30160	30161	30162	30163
30164	30165	30166	30167	30168	30169	30170	30171
30172	30173	30174	30175	30176	30177	30178	30179
30180	30181	30182	30183	30184	30185	30186	30187
30188	30189	30190	30191	30192	30193	30194	30195
30196	30197	30198	30199	30200	30201	30202	30203
30384	30385	30386	30387	30388	30389	30390	30391
30392	30393	30394	30395	30396	30397	30398	30399
30400	30401	30402	30403	30404	30405	30406	30407
30408	30409	30410	30411	30412	30413	30414	30415

```

30416 30417 30418 30419 30204 30205 30206 30207
30208 30209 30210 30211 30212 30213 30214 30215
30216 30217 30218 30219 30220 30221 30222 30223
30224 30225 30226 30227 30228 30229 30230 30231
30232 30233 30234 30235 30236 30237 30238 30239
30520 30521 30522 30523 30524 30525 30526 30527
30528 30529 30530 30531 30532 30533 30534 30535
30536 30537 30538 30539 30540 30541 30542 30543
30544

```

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

\$(16) BOUNDARY CONDITION CARDS

\$---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8

*BOUNDARY_SPC_NODE

\$ NID/NSID	CID	DOFX	DOFY	DOFZ	DOFRX	DOFRY	DOFRZ
1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	1	1	0	0	0	0
3	0	1	1	0	0	0	0
4	0	1	1	0	0	0	0
5	0	1	1	0	0	0	0
6	0	1	1	0	0	0	0
7	0	1	1	0	0	0	0
8	0	1	1	0	0	0	0
9	0	1	1	0	0	0	0
10	0	1	1	0	0	0	0
11	0	1	1	0	0	0	0
12	0	1	1	0	0	0	0
13	0	1	1	0	0	0	0
14	0	1	1	0	0	0	0
15	0	1	1	0	0	0	0
16	0	1	1	0	0	0	0

```

41936 0 1 1 1 1 1 1
41937 0 1 1 1 1 1 1

```

*END

ANEXO VII

MICRODEFORMACIONES EN LA CHAPA MEDIDAS EN IMPACTOS SUCESIVOS SOBRE PROBETAS CONDIFERENTES ACABADOS SUPERFICIALES.



Cemento						
1	856	782	722	751	774	777
2	789	778	753	767	783	774
3	791	781	750	782	789	779
4	794	784	752	785	776	778
5	792	773	750	774	779	774
6	805	751	748	760	750	763
7	788	749	752	760	742	758
8	799	758	770	776	761	773
9	791	766	755	772	769	771
10	796	745	759	765	752	763
11	812	757	735	770	748	765
12	808	763	763	783	768	777
13	793	756	773	781	758	772
14	791	758	742	754	756	760
15	733	776	759	760	774	760
16	751	766	757	758	757	758
17	710	775	747	750	771	751
18	711	762	772	739	757	748
19	700	780	741	732	774	745
20	716	769	746	746	774	750
21	727	742	746	740	745	740
22	704	773	758	738	766	748
23	745	771	751	755	775	759
24	724	744	743	739	738	738
25	727	775	779	758	751	758
26	751	763	757	772	758	760
27	762	751	800	777	771	772
28	715	791	770	755	775	761
29	762	762	764	781	770	768
30	763	788	774	752	771	770
31	759	789	759	781	779	773
32	759	786	766	763	761	767
33	751	780	754	774	777	767
34	720	809	783	769	758	768
35	740	790	759	754	755	760
36	775	809	771	776	781	782
37	736	798	778	780	757	770
38	771	778	790	779	776	779
39	784	781	776	772	764	775
40	757	753	784	762	766	764
41	763	782	769	778	779	774
42	793	774	790	778	779	783
43	749	770	767	777	772	767
44	775	783	773	773	763	773
45	777	753	784	780	781	775
46	760	769	793	766	767	771
47	777	780	790	771	784	780
48	772	793	800	774	792	786
49	751	785	779	767	783	773
50	745	804	791	791	771	780
51	780	776	786	778	770	778
52	762	793	782	795	774	781
53	752	765	788	792	791	778
54	750	770	795	789	780	777
55	793	821	770	788	779	790
56	769	793	787	798	768	783
57	785	780	771	787	789	782
58	771	801	803	800	797	795
59	770	774	808	791	774	783
60	774	784	826	791	787	792

Corindón						
1	756	736	748	732	746	744
2	739	740	745	752	753	746
3	752	737	764	739	755	749
4	762	767	751	763	762	761
5	748	745	759	742	751	749
6	759	760	759	741	768	757
7	758	769	766	755	754	760
8	756	746	773	747	750	754
9	754	765	772	749	753	759
10	739	760	770	760	773	760
11	764	769	766	772	746	763
12	732	774	752	770	771	760
13	783	763	756	761	746	762
14	760	772	751	770	757	762
15	741	764	756	776	776	763
16	768	771	771	752	750	762
17	764	765	760	761	755	761
18	766	769	749	754	759	760
19	766	762	767	776	773	769
20	767	760	757	768	756	762
21	766	763	766	768	750	763
22	760	760	780	774	753	765
23	776	754	762	777	757	765
24	764	753	766	773	752	762
25	772	752	770	771	758	765
26	781	751	755	777	762	765
27	748	766	763	774	759	762
28	744	777	765	772	760	764
29	742	778	781	771	777	770
30	714	760	766	776	770	757
31	741	770	780	773	768	767
32	744	761	754	759	782	760
33	742	758	762	764	763	758
34	761	765	780	756	760	764
35	762	758	782	771	782	771
36	742	785	774	761	769	766
37	767	765	760	761	760	763
38	766	782	760	758	761	765
39	772	771	767	778	781	774
40	757	759	785	755	775	766
41	769	755	776	762	774	767
42	771	763	777	778	783	774
43	781	773	777	777	771	776
44	783	782	766	782	760	775
45	791	756	768	764	766	769
46	767	785	765	780	777	775
47	765	758	784	784	758	770
48	781	783	774	756	769	773
49	791	786	788	771	773	782
50	780	779	768	769	767	773
51	792	779	787	774	788	784
52	780	758	789	758	763	770
53	806	758	775	767	777	777
54	790	762	776	782	774	777
55	781	767	794	778	762	777
56	764	760	801	776	766	773
57	811	780	794	774	769	786
58	802	787	784	761	774	781
59	785	766	811	764	767	778
60	801	759	807	776	786	786

Cuarzo						
1	741	780	780	769	741	762
2	761	793	732	755	745	757
3	757	796	738	762	764	763
4	770	795	761	754	743	765
5	763	796	772	772	756	772
6	766	789	749	745	759	762
7	759	782	760	758	761	764
8	756	777	753	760	779	765
9	756	787	770	767	767	770
10	741	762	769	762	766	760
11	786	759	763	755	762	765
12	762	781	783	770	768	773
13	753	767	784	769	779	770
14	752	736	774	758	757	756
15	752	770	771	762	768	765
16	771	774	762	762	781	770
17	779	768	760	765	776	770
18	763	768	772	786	786	775
19	777	763	762	771	768	768
20	785	782	778	783	787	783
21	785	767	761	775	756	769
22	776	772	777	791	784	780
23	779	792	772	764	784	778
24	783	785	790	786	777	784
25	781	791	792	774	770	782
26	776	759	785	773	759	771
27	794	777	785	765	773	779
28	785	780	786	753	768	774
29	783	776	777	771	766	775
30	786	790	776	759	765	775
31	773	780	776	744	756	766
32	780	785	757	768	778	774
33	775	804	781	754	767	776
34	739	776	777	743	769	761
35	758	806	783	768	763	775
36	767	780	787	759	764	771
37	786	787	762	781	787	780
38	792	787	770	770	756	775
39	762	787	764	766	768	769
40	776	824	765	757	760	776
41	757	816	758	773	781	777
42	772	834	765	785	767	785
43	749	797	786	773	758	773
44	766	793	786	768	782	779
45	785	800	783	768	787	785
46	791	792	779	789	777	786
47	778	796	788	774	781	783
48	778	811	765	789	764	781
49	769	795	763	764	770	772
50	786	789	785	774	788	785
51	768	807	788	759	772	779
52	787	792	777	786	786	786
53	772	810	765	781	782	782
54	779	792	767	787	778	781
55	758	834	762	778	780	782
56	744	807	782	781	787	780
57	763	822	785	784	775	786
58	769	819	771	775	785	784
59	786	795	779	783	770	783
60	780	798	776	784	785	785

Hierro						
1	728	787	775	743	754	757
2	730	805	807	767	763	774
3	731	804	801	779	757	774
4	728	821	817	774	767	781
5	762	809	815	794	787	794
6	753	819	827	777	783	792
7	767	808	816	796	802	798
8	777	834	823	797	781	802
9	763	818	837	795	786	800
10	788	794	827	808	782	800
11	812	814	816	786	800	805
12	769	829	826	815	784	805
13	743	805	856	790	790	797
14	799	816	816	811	795	807
15	805	834	818	799	808	813
16	789	825	849	801	819	817
17	785	818	813	800	803	804
18	801	851	830	807	798	817
19	778	844	816	813	793	809
20	784	809	810	807	809	804
21	781	841	838	820	809	818
22	799	853	843	814	819	826
23	796	845	848	816	802	821
24	784	862	849	812	810	823
25	757	864	851	805	823	820
26	798	854	841	805	810	822
27	807	856	851	802	821	827
28	790	844	848	831	819	826
29	838	871	821	807	819	831
30	811	857	812	824	811	823
31	818	848	834	817	805	824
32	791	836	819	822	830	820
33	810	842	820	811	833	823
34	800	866	828	838	804	827
35	818	854	821	826	828	829
36	810	837	837	820	812	823
37	784	835	838	815	786	812
38	785	844	830	823	822	821
39	816	826	836	812	803	818
40	801	824	855	824	816	824
41	807	839	837	807	816	821
42	805	850	853	811	813	827
43	805	840	787	810	829	814
44	798	857	779	814	830	816
45	790	811	797	818	821	807
46	790	814	808	828	811	810
47	793	840	818	814	807	815
48	808	827	785	800	823	809
49	796	847	815	801	813	814
50	810	805	800	813	818	809
51	812	837	824	806	805	817
52	816	842	813	816	812	820
53	806	836	835	831	820	826
54	841	834	825	818	809	825
55	793	851	818	821	831	823
56	818	848	808	808	832	823
57	802	854	807	813	834	822
58	807	823	821	807	815	815
59	788	818	847	827	805	817
60	795	860	837	827	817	827

Flotado						
1	738	807	755	752	702	751
2	797	820	773	789	795	735
3	818	810	804	814	812	752
4	811	816	784	804	804	744
5	820	832	786	815	813	753
6	824	815	794	819	813	753
7	827	817	794	824	816	756
8	847	810	778	824	815	755
9	829	832	798	844	826	766
10	807	810	822	840	820	760
11	812	816	795	855	820	760
12	812	814	808	845	820	760
13	819	817	797	872	826	766
14	837	811	787	851	822	762
15	831	827	793	895	837	777
16	833	807	824	863	832	772
17	837	828	802	846	828	768
18	844	835	810	845	834	774
19	812	855	791	850	827	767
20	816	834	825	876	838	778
21	808	814	827	872	830	770
22	841	820	826	861	837	777
23	805	828	801	860	824	764
24	849	821	798	867	834	774
25	842	824	813	882	840	780
26	829	805	810	830	819	759
27	855	833	817	864	842	782
28	814	831	815	890	838	778
29	812	811	834	850	827	767
30	845	842	832	853	843	783
31	834	830	823	882	842	782
32	811	834	845	885	844	784
33	799	834	839	834	827	767
34	820	853	828	853	839	779
35	800	839	817	818	819	759
36	817	827	821	823	822	762
37	811	840	831	839	830	770
38	811	836	818	817	821	761
39	819	831	845	819	829	769
40	814	809	836	878	834	774
41	822		821	875	839	779
42	845		832	843	840	780
43	806		821	902	843	783
44	812		820	849	827	767
45	834		832	844	837	777
46	852		841	838	844	784
47	854		866	827	849	789
48	857		860	855	857	797
49	842		829	858	843	783
50	852		846	862	853	793
51	828		857	857	847	787
52	835		844	834	838	778
53	863		877	848	863	803
54	862		886	842	863	803
55	867		897	839	868	808
56	853		858	891	867	807
57	854		873	875	867	807
58	850		868	890	869	809
59	848		879	874	867	807
60	863		861	859	861	801

Pulido						
1	789	778	816	763	762	782
2	798	790	782	799	787	772
3	808	807	801	789	785	779
4	778	811	798	813	798	780
5	808	812	808	809	790	786
6	818	791	793	792	805	781
7	834	808	799	796	801	789
8	812	799	792	810	799	784
9	835	793	811	808	812	793
10	826	805	812	786	807	788
11	801	794	806	801	808	783
12	820	797	814	802	817	791
13	829	811	792	793	811	788
14	809	809	786	804	795	782
15	797	804	810	795	788	780
16	785	808	809	812	818	787
17	764	793	802	806	801	774
18	793	793	804	778	804	775
19	797	807	813	755	787	773
20	814	797	809	735	805	773
21	798	805	798	738	751	759
22	811	755	757	743	744	743
23	808	765	749	751	752	746
24	823	755	751	762	767	753
25	804	758	776	758	753	751
26	814	756	752	758	763	750
27	848	782	759	769	768	766
28	840	763	785	768	779	768
29	795	785	783	773	764	761
30	815	791	786	791	769	771
31	817	786	789	764	782	768
32	809	795	792	781	781	773
33	817	771	770	769	791	765
34	801	799	791	794	799	778
35	785	791	790	802	790	773
36	804	783	789	804	777	772
37	852	798	779	800	807	788
38	859	780	803	802	809	792
39	846	786	785	800	802	785
40	847	806	787	786	809	788
41	830	800	788	814	805	788
42	835	796	810	788	793	785
43	839	820	805	815	796	796
44	790	817	813	809	805	788
45	789	797	818	810	801	784
46	788	819	807	807	814	788
47	782	806	806	820	802	784
48	785	800	829	818	807	789
49	798	824	827	815	803	794
50	785	811	822	804	814	788
51	790	816	808	819	825	793
52	789	807	833	834	805	795
53	823	827	819	822	816	802
54	796	838	831	815	823	802
55	805	836	819	831	820	803
56	788	839	817	837	823	802
57	773	841	816	811	813	792
58	800	824	836	838	825	806
59	788	838	815	821	829	799
60	814	821	834	821	833	806

ANEXO VIII

PARÁMETROS DE LAS CURVAS DE ABRASIÓN PARA LOS DIFERENTES CASOS ESTUDIADOS.



	Serie 1	Curva Nº	v_0	B	α	λ	P
19,6 N	Inferior	1,00	357795,10	1	0,04	13,57	15,37
		2,00	284457,29	1	0,03	9,53	12,67
		3,00	304966,77	1	0,03	3,17	12,47
		4,00	463698,22	1	0,04	5,17	15,03
		5,00	325114,09	1	0,04	8,36	15,24
	Superior	1,00	357795,10	1,03	0,10	153,45	10,58
		2,00	284457,29	1,06	0,06	176,68	14,28
		3,00	304966,77	1,09	0,01	114,87	12,46
		4,00	433698,22	1,00	0,10	151,24	11,15
		5,00	325114,09	1,01	0,11	122,71	10,95
62,72 N	Inferior	1,00	373287,67	1	0,03	3,62	10,98
		2,00	400428,89	1	0,03	7,17	15,15
		3,00	426411,36	1	0,04	9,44	12,67
		4,00	289477,41	1	0,06	19,41	15,25
		5,00	349070,97	1	0,03	6,24	11,23
	Superior	1,00	373287,67	1	0,11	124,39	11,52
		2,00	400428,89	0,96	0,12	119,62	9,47
		3,00	426411,36	1,05	0,06	146,05	12,10
		4,00	289477,41	1,01	0,14	114,47	9,95
		5,00	349070,97	1,01	0,11	153,51	11,92
98 N	Inferior	1,00	350059,42	1	0,05	4,48	13,83
		2,00	320754,99	1	0,03	4,26	13,98
		3,00	369680,91	1	0,05	10,76	11,83
		4,00					
		5,00	164560,44	1	0,03	3,49	13,15
	Superior	1,00	350059,42	1,09	0,09	113,86	10,95
		2,00	320754,99	1,01	0,10	116,14	11,78
		3,00	369680,91	1,02	0,13	111,04	12,75
		4,00					
		5,00	164560,44	1,05	0,14	87,83	10,17
137,2 N	Inferior	1,00	110768,07	1	0,15	10,29	12,48
		2,00	3341000,00	1	0,00	1,98	12,26
		3,00	877425,03	1	0,01	12,41	12,39
		4,00	374768,41	1	0,03	11,40	14,11
		5,00	829513,38	1	0,04	45,72	15,21
	Superior	1,00	110768,07	1,21	0,84	1149,68	13,46
		2,00	3341000,00	0,98	0,01	8,51	13,64
		3,00	877425,03	1,03	0,10	1590,86	9,83
		4,00	8374768,00	1,00	0,01	405,01	10,48
		5,00	829513,00	1,03	0,05	104,02	10,57

	Serie 1	Curva Nº	v_0	B	α	λ	P
181,3 N	Inferior	1,00	430778,43	1	0,03	3,83	12,10
		2,00	348169,09	1	0,02	2,95	12,21
		3,00	47068,01	1	0,12	177,27	11,96
		4,00	481693,53	1	0,06	68,74	13,56
		5,00					
	Superior	1,00	430778,43	1,04	0,25	335,22	9,91
		2,00	348169,09	1,01	0,16	209,98	11,93
		3,00	47068,01	1,03	0,13	299,76	11,31
		4,00	481693,53	0,67	0,14	4,52	9,91
		5,00					
235,2 N	Inferior	1,00	361204,83	1	0,03	5,74	13,80
		2,00	489315,69	1	0,03	5,76	14,23
		3,00	355728,03	1	0,04	4,88	13,79
		4,00	383623,83	1	0,03	5,99	15,27
		5,00	498011,76	1	0,03	3,75	11,55
	Superior	1,00	361204,83	1,04	0,09	183,47	13,86
		2,00	489315,69	1,07	0,06	142,95	11,03
		3,00	355728,03	1,02	0,10	126,43	13,68
		4,00	383623,83	1,00	0,13	151,40	11,50
		5,00	498011,76	1,07	0,06	133,76	11,19
Serie 2	15 s		35859,90	1	12,11	138,54	2,08
	30 s		52109,40	1	0,82	0,88	3,63
	60 s		118007,00	1	0,15	1,72	6,72
	90 s		120067,00	1	0,20	5,12	10,62
	120 s		119179,00	1	0,30	17,37	14,12