

7.- **CONCLUSIONES:**

Para los materiales investigados y para las constantes establecidas, con base en los resultados de las pruebas que realizamos en el presente trabajo se desprenden las siguientes conclusiones:

1. Los resultados de las pruebas de fluidez que se le realizaron en pastas para el CPO 40 y a los cuatro cementos alternativos, reflejan la influencia que tiene la composición del cemento Pórtland en el nivel de fluidez deseado.
2. Para dar la fluidez objetivo de $100 \pm 5 \%$ en el método ASTM C 311-00, el aumento en la superficie específica del CPO 40 mas cada uno de los CC estudiados repercutió en un aumento en las relaciones A/CM.
3. Al mantener una relación A/CM fija, el método propuesto de volúmenes de pasta constantes resulta apropiado para determinar el potencial puzolánico de un cementante complementario.
4. La alta superficie específica y la forma de hojuelas de maíz de las partículas de MK-PP originaron un pésimo comportamiento reológico por el que tuvo que ser descartado como CC para la producción de estos compuestos.
5. La alta superficie Especifica del HSF fue la que origino una alta demanda de aditivo así como una alta relación A/CM para el sistema cementante CPO 40 + HSF.
6. Tanto en pastas como en morteros, los procedimientos con el cono de ASTM C 230/C 230M-98^{e2} resultaron apropiados para verificar y controlar la fluidez durante el desarrollo y la producción de estos compuestos.
7. Para acelerar el proceso de hidratación y puzolánico, lo cual resulta muy útil en aplicaciones industriales, un curado acelerado con humedad a 90°C con una meseta de 6 horas resulto suficiente.
8. A pesar de las repercusiones negativas que tuvo la fibra en la fluidez, para los porcentajes de fibra estudiados, la eficiencia en el acomodo y la compactación bajo vibrado no se vieron afectados.

9. En base a la resistencia a la compresión el volumen de fibra optimo resulto ser de 2 %.
10. Por las resistencias mecánicas que presentaron y por el ahorro económico que ofrecen, los CC M³ y CVFM representan una alternativa viable para la producción de estos compuestos.
11. Se presentó una propuesta del procedimiento para la producción sistemática de estos compuestos que no forma parte de esta tesis en atención a la cláusula de secrecía convenida para el desarrollo de estos compuestos.
12. En base al trabajo experimental no tenemos certeza de que el alto contenido de C₃A en el cemento sea el principal responsable del indeseable comportamiento reológico y mecánico de los compuestos, para esto seria conveniente reproducir la parte correspondiente de la experimentación con un cemento que tenga la misma estructura química y menor contenido de C₃A.

8.- **RECOMENDACIONES:**

Apoyados en los resultados del Desarrollo experimental y en la literatura consultada, se sugieren las siguientes recomendaciones encaminadas al desarrollo y producción de estos compuestos:

1. En el presente trabajo solo se utilizó un cemento Pórtland para el desarrollo de los compuestos, el cual no resultó apropiado para este fin. Fijando una fluidez objetivo para el correcto acomodo del compuesto en el molde y una resistencia a la compresión mínima de 150 Mpa, se deberá determinar la factibilidad de otros cementos para la producción de estos compuestos en base a:
 - Composición química y mineralógica
 - Tamaño máximo y distribución de tamaños de partícula
 - Pruebas de fluidez en pastas y en morteros
2. Habiendo seleccionado uno o varios cementos apropiados, se deberá confirmar la viabilidad que en base a nuestras pruebas mostraron los CC M³ y CVFM para la producción de estos compuestos.
3. Caracterizar e identificar bancos de agregados potenciales para usarse como arenas en cuanto a: resistencia, forma de partícula, tamaño máximo y reactividad química.
4. Seleccionar el aditivo súperfluidificante que presente la mejor compatibilidad con el cemento seleccionado en cuanto a capacidad de fluidificación y tiempos de fraguado.
5. Estudiar el efecto de otras fibras de acero y de mezclas de ellas en la ductilidad de estos compuestos, determinando propiedades como resistencia a la flexión y tenacidad.
6. Para los compuestos que cumplan con los requisitos de resistencia a la compresión y fluidez, con el fin de determinar el grado de densificación logrado se deberán hacer pruebas de:
 - Porosimetría
 - Microscopia Electrónica de Barrido.

9.- ANEXO 1: Avances Recientes en el estudio de la compatibilidad Cemento Pórtland – Aditivo Súperfluidificante.

En el diseño experimental de la presente investigación, la evaluación de los compuestos producidos se hizo en base a las propiedades físicas como resistencia a compresión, consistencia, porosidad, etc.

En general los compuestos producidos mostraron un comportamiento reológico no apropiado que repercutió en una demanda de aditivo súperfluidificante excesiva y una baja resistencia promedio a la compresión del orden de los 90 MPa, mucho menor a la mínima para concretos de Ultra Alto Comportamiento.

Para clasificar a los cementos Pórtland por sus características especiales tales como alta resistencia inicial, bajo calor de hidratación, alta resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación o moderada resistencia a los sulfatos, ASTM C 150 ha dividido los cementos Pórtland en cinco tipos generales. Estos cementos han sido diseñados en base al conocimiento de la velocidad de reacción y de los productos de reacción que forman cada uno de los compuestos potenciales del cemento, lo que conduce a cementos entre los cuales la diferencia básica controlada es la composición química.

Los aditivos por su parte al mezclarse con alguno de estos cementos, modifican algunas propiedades de los concretos fabricados con cualquiera de estos cementos. En particular, los aditivos súperfluidificantes han revolucionado las aplicaciones del concreto al permitir altas consistencias para relaciones agua/cementante en el rango de bajas a muy bajas.

**COMPOSICION TIPICA DE VARIOS TIPOS DE CEMENTO PORTLAND
DISPONIBLES EN ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMERICA**

TIPO ASTM	DESCRIPCION GENERAL	COMPUESTOS POTENCIALES RANGO (%)				CaSO ₂	CaO libre	MgO	PPI
		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF				
I	Uso general	45-55	20-30	8-12	6-10	2.6-3.4	0.0-1.5	0.7-3.8	0.6-2.3
II	Uso general con resistencia moderada a los sulfatos y moderado calor de hidratación	40-50	25-35	5-7	6-10	2.1-3.4	0.1-1.8	1.5-4.4	0.5-2.0
III	Alta resistencia inicial	50-65	15-25	8-14	6-10	2.2-4.6	0.1-4.2	1.0-4.8	1.1-2.7
IV	Resistente a los sulfatos	40-50	25-35	0-4	10-20	2.6-3.5	0.0-0.9	1.0-4.1	0.6-1.9
V	Bajo calor de hidratación	21-44	34-57	3-7	6-18	2.4-3.9	0.1-0.6	0.7-2.3	0.8-1.2

Debido a que los cementos Pórtland no satisfacen todas las necesidades de la industria del concreto se han tenido que desarrollar cementos Pórtland modificados para cumplir con ciertas necesidades específicas:

- Cementos Pórtland mezclados con escoria granulada de alto horno (ASTM tipo IS) o puzolana. (ASTM tipo IP)
- Cementos expansivos (ASTM C 845)
- Cemento de Muy Alta Resistencia Inicial.
- Cementos de Ultra Alta Resistencia Inicial.
- Cementos para pozos de petróleo.
- Cementos blancos o coloreados.
- Cementos de Aluminato de calcio.

Las características especiales que se buscan en estos compuestos están influenciadas de manera directa por la composición química y mineralógica del cemento, y si adicionalmente se emplea un aditivo para modificar alguna o algunas de las propiedades del compuesto en estado fresco o endurecido, el proceso de hidratación puede tener repercusiones desfavorables en la reología y en las propiedades mecánicas en estado endurecido.

En las Conferencias CANMET/ACI sobre Durabilidad del Concreto celebrada en Thessaloniki Grecia del 1 al 7 de junio pasado y sobre Avances Recientes en Tecnología del Concreto celebrada en Bucarest, Rumania del 8 al 11 de junio del año en curso, los profesores Carmel Jolicoeur del Departamento de Química de la Universidad de Sherbrooke, Québec, Canadá y Mario Callepari de la Facultad Leonardo Da Vinci de Ingeniería Civil, del Instituto Politécnico de Milán, Italia, quienes son reconocidos expertos en la química de cementos y aditivos súperfluidificantes, definieron claramente los parámetros que influyen en la reología y en las propiedades mecánicas de mezclas súperfluidificadas en base a las siguientes consideraciones:

- Por ser el compuesto que Estiquiométricamente mas agua demanda en la reacción de hidratación, el C_3A tiene un efecto determinante en las propiedades reológicas en estado fresco y mecánicas en estado endurecido de un concreto.

Compuesto (molécula)	Agua (molécula)
$1C_2S$	$2H_2O$
$1C_3S$	$3H_2O$
C_3A (C_4AF)	$26H_2O$

- Factores que influyen en la incompatibilidad cemento – aditivo súperfluidificante al repercutir en la adsorción del súperfluidificante:
 - Contenido de C_3A
 - Reactividad del C_3A (cúbico o ortorrómbico)
 - Fineza del cemento
 - Propiedades moleculares del súperfluidificante

- La forma del sulfato de calcio (CaSO_4) tiene gran influencia en el control de la reacción del C_3A ya que las diferentes formas en las que este compuesto se puede encontrar presentan diferentes solubilidades y lo deseable es que en la solución la relación $\text{SO}_4/\text{C}_3\text{A}$ se encuentre balanceada.

Forma	Solubilidad g/100g
$\text{Ca}\cdot\text{SO}_4\cdot 0\text{H}_2\text{O}$	0.63
$\text{Ca}\cdot\text{SO}_4\cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	0.71
$\text{Ca}\cdot\text{SO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.21

- Factores que influyen para que se de una relación $\text{SO}_4/\text{C}_3\text{A}$ balanceada en la solución:
 - Tipo de CaSO_4 (dihidrato, hemihidratro, anhidrita).
 - Contenido de sulfatos alcalinos (Na_2SO_4 y K_2SO_4).
 - Formación de etringita (velocidad y tipo).
 - Precipitación de yeso (syngenita)

10.- REFERENCIAS:

1. Feret R.; "Sur la compacité des mortiers hydrauliques (About the Denseness of Cement Mortars), *Annales des Ponts et Chaussees*, Paris, 1892; pp. 1-184.
2. Zielinski S. and Zhuk J.; "Roman cementek összehasonlító vizsgálata (Comparative Investigation of Roman Cements)"; Tirad International Congress of the Association for Testing Materials, Budapest, 1901.
3. Zielinski S.; "The Development of the Setting of Roman and Portland Cements in Pastes, in Mortars and in Concrete"; *Proceedings International Association for Testing Materials*, Vol. 1, Copenhagen, 1909; pp. 1-55.
4. Abrams D.A.; "Design of Concrete Mixtures"; *Buletin 1, Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute, Chicago*, Dec. 1918.
5. Sándor Popovics; "Strength and related properties of concrete, a quantitative approach"; *John Wiley and Sons Inc.*, 1998; pp. 314-315.
6. Sándor Popovics; "Strength and related properties of concrete, a quantitative approach"; *John Wiley and Sons Inc.*, 1998; pp. xiii.
7. A. M. Neville; "Properties of Concrete", Fourth Edition, *Wiley*, 1996; pp. 2-19.
8. P. Kumar Mehta and Paulo J. M. Monteiro; "Concrete: Microestructure, Properties and Materials", Indian Edition, *Indian Concrete Institute*, 1999; pp. 182-186.
9. J. D. Bernal, J. W. Jeffery and H. F. W. Taylor; "Crystallographic research on the hydration of Portland cement": A first report on investigations in progress; *Mag. Conc. Res.*, 3, No. 11, 1952; pp. 49-54.
10. P.C. Aitcin; "High Performance Concrete"; *E & FN SPON*, 1998; pp 136.
11. ACI 116R-00, Part 1 *ACI Manual of Concrete Practice 2002*, pp. 2.
12. Pierre-Claude Aitcin, Carmel Jolicoeur, and James G. MacGregor ; "Superplasticizers: How they work and why they occasionally Don't"; *ACI Concrete International* May 1994; pp 45-52.
13. M. Collepardi; "Superplasticizers and air Entraining Agents: State of the Art and Future Needs", *ACI SP 144-20*; pp 400.
14. J. S. Damtoft, D. Herfort y E. Yde; "Concrete Binders, Mineral Additions and Chemical Admixtures: State of the Art and Challenges for the 21st Century";

- Modern Concrete Materials: Binders, Additions and Admixtures, Proceedings of the International Conference held at the University of Dundee, Scotland, UK., 1999; pp. 5-6.
15. "State of the Art Report on High-Strength Concrete, ACI 363R-92"; ACI Manual of Concrete Practice 2002, Volume 1; pp 6.
 16. Cordon, William A. and Gillespie H. Aldridge; "Variables in Concrete Aggregates and Portland Cement Paste Which Influence the Strength of Concrete"; ACI Journal, Proceedings V. 60, No. 8, Aug. 1963; pp. 1029-1052.
 17. Blick, Ronald L.; "Some Factors Influencing High-Strength Concrete"; Modern Concrete, V. 36, No 12, Apr. 1973; pp. 38-41.
 18. Perenchio W.P.; "An Evaluation of Some of the Factors Involved in Producing Very High-Strength Concrete"; Research and Development Bulletin No. RD014, Portland Cement Association, Skokie, Ill., USA., 1973; 7 pp.
 19. Tentative Interim Report of High Strength Concrete; ACI Journal, Proceedings V. 64, No. 9, Sept. 1967; pp. 556-557.
 20. "High Strength Concrete"; Manual of Concrete Materials-Aggregates, National Crushed Stone Association, Washington D.C., Jan. 1975; 16 pp.
 21. Burgess A. James, Ryell John and Bunting John; "High Strength Concrete for the Willows Bridge"; ACI Journal, Proceedings v. 67, No. 8, Aug. 1970; pp. 611-619.
 22. Gaynor Richard D.; "High Strength Air-Entrained Concrete"; Joint research Laboratory Publication No. 17, National Sand and Gravel Association/National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Mar. 1968; 19 pp.
 23. P. Rossi; "Ultra-High-Performance Fiber-Reinforced Concretes"; ACI Concrete International/December 2001; pp 47.
 24. P. Rossi; "High Performance Multimodal Fiber Reinforced Cement Composites(HPMFRCC); The LCPC Experience"; ACI Materials Journal/Nov-Dec. 1997; pp 478-483.
 25. Surendra P. Shah; "Microcracking, Ductility and Durability"; Paper presented at the ACI Fall 2001 Convention, Dallas Texas, October 29, 11:00 A.M.

26. P. Rossi, P. Acker and Y. Mallier; "Effect of Steel Fibers at Two Stages: The Material and the Structure", *Materials and Structures*, V. 20, 1987; pp.436-439.
27. Colin D. Johnston; "Fibre Reinforced Cement and Concrete"; *Advances in Concrete Technology*, Second Edition, Editor V.M. Malhotra, CANMET-Canada, 1994; pp 603-674.
28. "State of the Art Report on Fiber Reinforced Concrete, ACI 544.1R 96"; *ACI Manual of Concrete Practice 2002*, Volume 5; pp 3.
29. "Prediction of the Flexural Strength Properties of Steel Fibrous Concrete"; *Memorias de la conferencia CERL en Concreto Fibroso*, Laboratorio de Investigación de Ingeniería en Construcción, Champaign, 1972; pp 101-123.
30. "State of the Art Report on Fiber Reinforced Concrete, ACI 544.1R 96"; *ACI Manual of Concrete Practice 2002*, Volume 5; pp 13.
31. V.M. Malhotra and A.A. Ramezani pour ; "Fly Ash in Concrete", second edition, publicación MSL 94-45(IR) del Canada Centre for Mineral and Energy Technology, 1994; pp. 19.
32. Van Damme H.; "Et si le Chatelier s'était trompé ? Pour une Physico-chimie-mécanique des liants hydrauliques et des géomatériaux", ; *Annales des Ponts et Chaussées* ; No 71, 1994 ; pp. 30-41
33. Ivan Odler; "Hydration, Setting and Hardening of Portland Cement"; *Lea's Chemistry of Cement and concrete*, 4th edition, edited by Peter C. Hewlett, Arnold publishers 1998; pp. 241-243.
34. Vernet C. ; "Mécanismes chimiques d'interactions ciment-adjuvants", CTG Spa. Guerville Service Physico-Chimie du Ciment, ;Janvier, 1995 ; 10 pp.
35. Sersale, R.; "Structure and characterization of pozzolans and of fly ashes"; *Proceedings, 7th International Congress on the Chemistry of Cement*; Paris, France, 1980; Éditions Septima, Paris, France, Sub-Theme IV-1, Vol 1; pp. 1-18.
36. Takemoto, K., and Uchikawa, H.; "Hydration of Pozzolanic Cement"; *Proceedings, 7th International Congress on the Chemistry of Cement*; Paris, France, 1980; Éditions Septima, Paris, France, Sub-Theme IV-2; pp. 1-28.
37. Uchikawa H. and Uchida S.; "Influence of Pozzolana on the Hydration of C₃A"; *Proceedings, 7th International Congress on the Chemistry of Cement*;

- Paris, France, 1980; Éditions Septima, Paris, France, Sub-Theme IV; pp. 24-29.
38. A.M. Neville; "Properties of Concrete", Fourth Edition, Wiley, 1996; pp. 2-19.
39. E. Hanna, K. Luke, D. Perraton and P.C. Aitcin; "Rheological Behavior of Portland Cement in the presence of a Superplasticizer"; Proceedings of the 3rd International Conference on superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, Editor: V.M. Malhotra, ACI, 1989; pp. 171-188.
40. A.A. Burk, J.M. Gaidis and A.M. Rosenberg; "Adsorption of Naphtalene-Based Superplasticizers on Different Cements"; Proceedings of the 2nd International Conference on Superplasticizers in Concrete; Editor: V.M. Malhotra, ACI, SP-68, 1981
41. V.S. Ramachandran; Concrete Admixtures Handbook. Properties, Science and Technology, Second Edition, "Superplasticizers", Chapter 7, Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey, USA, 1995; pp. 410-506.
42. F. Basile, S.Biagini, G. Ferrari and M Colleparidi; "Influence of Different Sulfonated Naphtalene Polymers on the Fluidity of Cement Paste", Proceedings of the 3rd International Conference on superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, Editor: V.M. Malhotra, ACI, 1989; pp. 209-220.
43. F.Basile, S. Biagini, G. Ferrari and M. Colleparidi; "Effect of Gypsum State in Industrial Cements on the Action of Superplasticizers"; Cement and concrete Research, 1987; pp. 805-813.
44. T. Nawa, H. Eguchi and Y. Fukaya; "Effect of Alkali Sulfate on the Rheological Behavior of Cement Paste Containing a Superplasticizer", Proceedings of the 3rd International Conference on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, Editor: V.M. Malhotra, ACI, 1989; pp. 405-424.
45. V.S. Ramachandran; "Use of Superplasticizer in Concrete"; Il Cemento, 84, 1987; pp. 273-298.
46. L.Coppola, R. Troli, P. Zaffaroni and M. Colleparidi; "Influence of the Sulfate Level in the Clinker Phase on the Performance of Superplasticized Concretes"; Proceedings of the Fourth International Conference on recent

- Advances in Concrete Technology; Editor: V.M. Malhotra, ACI SP-179, 1998; pp. 271-282.
47. P. C. Aïtcin; "High Performance Concrete (Modern Concrete Technology 5)"; E & FN Spon, 1998; pp 120, 166.
 48. Freyssinet, M.E.; Concrete Manufacture, V.9, 1936, Pp 71.
 49. Roy, D.M.,and Gouda, G. R., Cement and Concrete Reseach, V.3, 1983, pp. 807-820
 50. Olivier Bonneau, Mohamed Lachemi, Eric Dellaire, Jérôme Dugat y Pierre-Claude Aitcin; "Mechanical Properties and Durability of two Industrial Reactive Powder Concretes"; ACI Materials Journal, julio-agosto 1997; pp. 286.
 51. William J. Semiolli; "The New Concrete Technology"; ACI Concrete International, November 2001; pp.75.
 52. M Moranville-Regourd; "Portland Cement-Based Binders-Cements for the next Millennium"; Proceedings of the International Conference on Modern Concrete Materials: Binders, Aditions and Admixtures, University of Dundee, Scotland, UK, 1999; pp. 96.
 53. Kendall, K, Howard,AJ and Birchall,J.D.; "The relation between porosity microstructure and strength, and the approach to advanced cement – based materials", Phil.Trans. R. Soc.London. A 310, 1983,pp 139 – 153.
 54. Bache, H.H. "Densified Cement Ultra – Fine Particle Based Materials" ;segunda conferencia Internacional sobre Superplastificante en concretos, Ottawa, Canada, 10 – 12 Junio 1981, 35p.
 55. Roy, DM. Y Silsbee, MR. "Novel cements and cement products for applications in the 21th Century"., Proc.Mohan Mahotra Symp; Concrete Technology, Past, Present, and Future, Ed. P.K. Metha, ACI SP- 144,1994; pp349-374.
 56. Richard,P. And Cheyrezy,M.H.,1994, "Reactive Powder Concretes with High Ductility and 200-800 Mpa Compressive Strength"; ACI SP – 144, pp 507 – 518.
 57. S. Collepardi, L. Coppola, R. Troli and M. Collepardi; "Mechanical Properties of Modified Reactive Pouder Concretes"; ACI sp 173, Fifth

- CANMET/ACI International Conference on Superplasticizers and other Chemical Admixtures in Concrete, 1997; pp. 1-21.
58. Pierre-Claude Aïtcin; “Cements of Yesterday-Concrete of Tomorrow”; Cement and Concrete Research, 30, 2000; pp. 1349-1359.
59. de Larrard F. Y Sedran T.; “Optimization of Ultra High Performance Concrete by using a Packing Model”; Cement and Concrete Research, V. 24, No. 6, 1994; pp. 997-1009.
60. V.S. Ramachandran; Concrete Admixtures Handbook: Properties, Science and Technology; NOYES 2nd edition 1995; pp 497.
61. F. de Larrard; Ultrafine Particles for making Very High Performance Concretes; HIGH PERFORMANCE CONCRETE, from Material to Structura, edited by Ives Malier; E & FN SPON, 1994; pp 40.
62. V.M. Malhotra and P.K. Metha; Pozzolan and Cementitious Materials, Advances in Concrete Technology, Volume 1; Gordon and Breach Publishers, 1996; pp 22-26
63. Takemi Shibuya; Journal of the Society of Materials Science; V. 35, No 392; Kyoto 1986; pp 496-501.
64. V.S. Ramachandran and James J. Beaudoin; Handbook of Analytical Techniques in Concrete Science and Technology; NOYES – William Andrew, 2001; pp 294-298.
65. HFW Taylor; Cement Chemistry 2nd Edition; Thomas Telford 1998; pp 20-23.
66. Bjor Myhre; Particle size distribution and its relevance in refractory castables; 2nd Indian Refractory congress, 1996; 7p.
67. Bjorn Myhre and Aase M. Hundere; The use of particle size distribution in development of refractory castables; XXV ALAFAR Congress, San Carlos de Bariloche, Argentina, 1996; 7p.
68. <http://www.concrete.elkem.com>
69. V.S. Ramachandran; Concrete Admixtures Handbook: Properties, Science and Technology; NOYES 2nd edition 1995; pp 670.
70. V.S. Ramachandran, Ralph M. Paroli, James J. Beaudoin and Ana H. Delgado, Handbook of Thermal Analysis of Construction Materials; NOYES/WILLIAM ANDREW, 2003; pp 323.

71. J. S. Damtoft, D Herfort y E. Ide; Concrete Binders, Mineral Aditions and Chemical Admixtures: State of the art and Challenges for the 21st century; Proceedings of the International Conference on Modern Concrete Materials: binders, additions and admixtures, Dundee, Scotland, UK., September 8-10/1999; pp 4.
72. Pierre Richard; Reactive Powder Concrete: New Ultra High Strength Cementitious Material; 4th International Symposium on Utilization of High Strength/High-Performance Concrete, Paris 1996; pp 1345.
73. R. Adeline & M. Behloul; "High Ductile Beams without Pasive Reinforcement"; 4th International Symposium on Utilization of High Strength/High-Performance Concrete, Paris 1996; pp 1385.
74. SIMON AND SCHUSTER'S GUIDE TO ROCKS AND MINERALS, EDITED BY Martin Prinz, George Harlow & Joseph Peters, 1978; pp 305.
75. The Practical Geologist, edited by Dougal Dixon, Raymond L. Bernor; a Fiberside Book published by Simon and Schuster Inc., 1992; pp100.
76. A. Leconte and A. Thomas; "Caractere fractal des mélanges granulaires pour bétons de haute compacité"; Materials and Structures, 25, No. 149, 1992; pp 255-264.
77. Young, Mindess, Gray and Bentur; The Science and Technology of Civil Engineering Materials; Prentice Hall 1998; pp 231-234.

11.- RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Alejandro Durán Herrera

**Candidato para el Grado de
Doctor en Ingeniería con especialidad en Materiales**

Tesis: Desarrollo de Compuestos Densificados – Reforzados base Cemento Pórtland CPO 40 de CEMEX.

Datos Personales: Nacido en Monterrey N.L., el 26 de septiembre de 1965, hijo de Maria de Lourdes Herrera Simental (†) y Alejandro Durán Herrera (†).

Educación: Ingeniero Civil – 1992, Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental – 1998 por la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).

Experiencia Profesional: En 19991 inicio como *Auxiliar de Investigación* en el Departamento de Tecnología del Concreto del Instituto de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en esta posición ha participado en diversas investigaciones tales como: Porosimetría por Intrusión de Mercurio a Cementantes y Agregados, Concreto Compactado con rodillo vibratorio, concreto con Ceniza volante de Micare, Evaluación en el lugar de la resistencia y/o durabilidad en concreto endurecido, diseño de mezclas de concretos especiales, etc.

Como *Maestro Ordinario por Asignatura de la Facultad de Ingeniería Civil (FIC) de la UANL*, de julio de 1998 a diciembre de 2001 impartió el Laboratorio de la materia en Tecnología del Concreto, y desde enero de 2002 a la fecha imparte la materia de Tecnología del Concreto. Como *Maestro* ha participado impartiendo temas relacionados con pruebas al concreto en estado endurecido en el Diplomado en Tecnología del Concreto ofrecido por la FIC – UANL en 1996 y desde 1996 en los

programas de Certificación Internacionales del American Concrete Institute (ACI) para Supervisores en Obras de Concreto, e Impartiendo el curso para el programa de Certificación Internacional ACI para Técnicos en Pruebas al Concreto en la Obra desde 1998. Para ambos programas de Certificación es examinador autorizado ACI.

Como *Ponente* ha dictado las *Conferencias*: “La Porosimetría en el Concreto”, Cuarta semana de la Investigación Científica, CONACYT –ANIC, 1993; “La Computadora en el Diseño y Producción de Concreto”, Octava semana de la Investigación Científica”, CONACYT – ANIC, 1997; “Ensayes Acelerados para predecir la Resistencia Potencial del Concreto”, Quinto Simposio Nacional sobre la Enseñanza del Concreto, Acapulco Gro., IMCYC, 1997; “Concreto con Ceniza Volante, Experiencias Académicas en la FIC – UANL dirigidas hacia aplicaciones practicas”, XI semana Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT – ANIC, 1999; “La Carbonatación del Concreto”, Conferencia Técnica: Aditivos y Ceniza Volante para Concreto, Monterrey N.L., Boral – CMIC, 1999, Conferencia Técnica: Aditivos Fibra y Ceniza Volante para Concreto, México D.F., BORAL – AMIC, 2000.

A la fecha cuenta con tres publicaciones sobre el uso de ceniza volante y aditivos súperreductores de agua en la producción de concretos de alto comportamiento que aparecieron en las memorias de los siguientes eventos:

- Quinta conferencia internacional CANMET/ACI sobre súperplastificantes y otros aditivos químicos para concreto, Roma, Italia, .
- Segunda conferencia internacional en concreto de alto comportamiento, y en comportamiento y calidad de estructuras de concreto, Gramado R.S., Brasil, 1999, y
- Simposio Internacional sobre Concreto de Alto comportamiento y concretos de Polvos reactivos, Universidad de Sherbrooke, Québec, Canada, agosto de 1998.

Asistencia a Cursos: a Convenciones del ACI de manera continua desde 1993; “Petrografía y Reactividad Alkali – Agregado”, FIC – UANL, 1994; “Microscopia Electrónica de Barrido, Universidad de Sherbrooke, Canada, julio – septiembre de 1994; “Técnicas de Análisis para la Caracterización de Materiales en polvo por Difracción de Rayos X (DRX), Microscopia de Barrido de Electrones (MBE), Petrografía (MO), CENAM, 1995; “Microscopia Electrónica de Barrido y Técnicas de Microanálisis”, CENAM, 1995; “La Corrosión en las Estructuras Metálicas”, FIC- UANL, 2000; “Tecnología y Diseño de Concreto”, UANL – (SNEM – ACI), 2000.

