

**CARRERA DEL INVESTIGADOR CIENTÍFICO Y  
TECNOLÓGICO**  
**Informe Científico<sup>1</sup>**

**PERIODO <sup>2</sup>: 2012**

Legajo N°:

**1. DATOS PERSONALES**

*APELLIDO: Rendtorff Birrer*

*NOMBRES: Nicolás Maximiliano*

*Dirección Particular: Calle: N°:*

*Localidad: Ranelagh CP: 1886 Tel:*

*Dirección electrónica (donde desea recibir información): rendtorff@cetmic.unlp.edu.ar*

**2. TEMA DE INVESTIGACION**

*Desarrollo compositos cerámicos refractarios*

**3. DATOS RELATIVOS A INGRESO Y PROMOCIONES EN LA CARRERA**

*INGRESO: Categoría: Asistente Fecha: 1-7-2010*

*ACTUAL: Categoría: Adjunto sin director desde fecha: acta 22/12/2012*

**4. INSTITUCION DONDE DESARROLLA LA TAREA**

*Universidad y/o Centro: CETMIC*

*Facultad:*

*Departamento:*

*Cátedra:*

*Otros:*

*Dirección: Calle: Camino Centenario y 506 N°: s/n*

*Localidad: M.B. Gonnet CP: 1897 Tel: 02214840247*

*Cargo que ocupa: Investigador*

**5. DIRECTOR DE TRABAJOS. (En el caso que corresponda)**

*Apellido y Nombres: Esteban F. Aglietti*

*Dirección Particular: Calle: N°:*

*Localidad: Tolosa CP: Tel:*

*Dirección electrónica: eaglietti@cetmic.unlp.edu.ar*

<sup>1</sup> Art. 11; Inc. "e" ; Ley 9688 (Carrera del Investigador Científico y Tecnológico).

<sup>2</sup> El informe deberá referenciar a años calendarios completos. Ej.: en el año 2008 deberá informar sobre la actividad del período 1°-01-2006 al 31-12-2007, para las presentaciones bianuales.

Firma del Director (si corresponde)

Firma del Investigador

**6. EXPOSICION SINTETICA DE LA LABOR DESARROLLADA EN EL PERIODO.**

*Debe exponerse, en no más de una página, la orientación impuesta a los trabajos, técnicas y métodos empleados, principales resultados obtenidos y dificultades encontradas en el plano científico y material. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.*

Desarrollo mi trabajo en el Centro de tecnología de recursos Minerales y cerámica (CETMIC) perteneciente a la CIC y al CONICET, en el grupo de materiales cerámicos liderado por el Dr. E Aglietti. Al mismo tiempo coordino las actividades del sub-grupo de materiales cerámicos tradicionales y participo de diversas colaboraciones científicas nacionales e internacionales. En particular con el Advance ceramic processing group, NIMS, Tsukuba Japón, con el grupo de materiales cerámicos del IFLP (CONICET-UNLP) y un grupo de el CINDECA (CONICET-UNLP).

El objetivo general de mi labor científico-tecnológica es el de desarrollar nuevas estrategias de diseño y elaboración de materiales cerámicos, agrupados en dos grandes grupos: A) Cerámicos micro y nanoestructurados basados en zirconia ( $ZrO_2$ ) y B) Cerámicos tradicionales basados en arcilla. Ambos grupos de importancia para el sector productivo pues existe una larga lista de fabricantes y usuarios de este tipo de materiales en el sector en la provincia de Buenos Aires y a nivel Nacional.

La metodología de trabajo consiste en identificar variables críticas en el procesamiento de algún subgrupo de este tipo de materiales e intentar estudiar su influencia en las propiedades y comportamientos, para encontrar situaciones optimas en lo que respecta la particular aplicación de los materiales.

A) Cerámicos basados en zirconia, los mismos consisten en un espectro de materiales cerámicos de avanzada o refractarios (siderurgia o la industria del vidrio) de interés tecnológico procesados a partir de procesamiento coloidal o como hormigones. Los tratamientos térmicos estudiados fueron el sinterizado a presión atmosférica y sinterización por Spark Plasma Sintering. Asimismo se ha llevado adelante el estudio de la capacidad de pre tratamientos en molinos de alta energía para la elaboración de materiales cerámicos basados en zirconia de interés tecnológico. Y otras mezclas de óxido con potencial uso catalítico.

B) Los cerámicos tradicionales basados en arcilla estudiados comprenden la cerámica triaxial basada en arcilla, cuarzo y feldespato, se ha identificado la posibilidad de reemplazar parcialmente el contenido de feldespato por otros fundentes secundarios tradicionales. Luego se estudió la aplicabilidad de ciertas materias primas no tradicionales como la ceniza volcánica, el vidrio de descarte y una arcilla de la superficie de la costa del río de La Plata. Al mismo tiempo se ha estudiado al color como una propiedad de este tipo de materiales, para la cual se ha desarrollado una herramienta sencilla para la evaluación del color CIELab.

Durante el 2012 he podido, en conjunto con los grupo de trabajo en los que participo, publicar 11 artículos en revistas científico tecnológica con revisión de pares de los cuales más de la mitad son indexados por las bases de datos científicas, dos son de importancia nacional en la disciplina y los restantes 3 son de acceso libre en una de las base de datos más importantes del mundo. Al mismo tiempo se han presentado 25 contribuciones a congresos, reuniones, o jornadas científico tecnológicas internacionales, nacionales o institucionales.

**7. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS O PUBLICADOS EN ESTE PERIODO.**

**7.1 PUBLICACIONES.** *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellas publicaciones en las que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC*

*(Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Toda publicación donde no figure dicha mención no debe ser adjuntada porque no será tomada en consideración. A cada publicación, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden que figuran en ella, lugar donde fue publicada, volumen, página y año. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparece en la publicación. La copia en papel de cada publicación se presentará por separado. Para cada publicación, el investigador deberá, además, aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del trabajo y, para aquellas en las que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.*

Artículos en revistas especializadas 2012

1. Nicolas M. Rendtorff, Salvatore. Grasso, Chunfeng Hu, Gustavo Suarez, Esteban F. Aglietti, Yoshio Sakka. Zircon-Zirconia ( $ZrSiO_4-ZrO_2$ ) dense ceramic composites by Spark Plasma Sintering, Journal of the European Ceramic Society, (2012) Journal of the European Ceramic Society, 32 (4), pp. 787-793.
2. Nicolas M. Rendtorff, Salvatore. Grasso, Chunfeng Hu, Gustavo Suarez, Esteban F. Aglietti, Yoshio Sakka, Dense zircon ( $ZrSiO_4$ ) ceramics by high energy ball milling and spark plasma sintering, Ceramics International, Volume 38, Issue 3, April 2012, Pages 1793-1799, ISSN 0272-8842, 10.1016/j.ceramint.2011.10.001.
3. Nicolas M. Rendtorff, Gustavo Suarez, Esteban F. Aglietti, Salvatore. Grasso, Yoshio Sakka, Spark Plasma Sintering, Descripción de la Técnica y aplicaciones. Cerámica y Cristal, vol. 145, abril 2012, 15-17. ISSN:0325-0229. [www.ceramicaycristal/revistas](http://www.ceramicaycristal/revistas).
4. Nicolás M. Rendtorff, Gustavo Suarez, Esteban F. Aglietti, Yoshio Sakka. Influence of the zirconia transformation on the thermal behavior of zircon-zirconia composites Journal of Thermal Analysis and Calorimetry Journal of thermal analysis and calorimetry Volume 110, Number 2 (2012), 695-705, DOI: 10.1007/s10973-011-1906-x
5. M.F. Serra, M. Picicco, E. Moyas, G. Suárez, E.F. Aglietti, N.M. Rendtorff, Talc, Spodumene and Calcium Carbonate Effect as Secondary Fluxes in Triaxial Ceramic Properties, Procedia Materials Science, Volume 1, 2012, Pages 397-402, ISSN 2211-8128, 10.1016/j.mspro.2012.06.053.
6. N.M. Rendtorff, N.E. Hipedinger, A.N. Scian, E.F. Aglietti, Zirconia Reinforcement of Cement Free Alumina Refractory Castables by Two Routes, Procedia Materials Science, Volume 1, 2012, Pages 403-409, ISSN 2211-8128, 10.1016/j.mspro.2012.06.054.
7. N.M. Rendtorff, G. Suárez, M.S. Conconi, S.K. Singh, E.F. Aglietti, Plasma Dissociated Zircon (PDZ) Processing; Influence of the Zr:Si Ratio in the Composition, Microstructure and Thermal Re-Crystallization, Procedia Materials Science, Volume 1, 2012, Pages 337-342, ISSN 2211-8128
8. Gustavo Suárez, Nicolás M. Rendtorff, Alberto N. Scian, Esteban F. Aglietti, Isothermal sintering kinetic of 3YTZ and 8YSZ: Cation diffusion, Ceramics International, Volume 39, Issue 1, January 2013, Pages 261-268, ISSN 0272-8842, ) <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2012.06.020>

9. M.F. Serra, V. Dillon, N.M. Rendtorff: "Estudio y caracterización Científico-tecnológica de la evolución térmica de una pasta de loza y su aplicación en la producción de sentido artístico" Boletín de Arte N°13 (2012): Artes y Cultura Visual en América Latina. Enfoques y perspectivas. Editada por: el Instituto de Historia del Arte Argentino y Americano de la Facultad de Bellas Artes de la UNLP. [On line pag.1-5] <http://www.fba.unlp.edu.ar/boa/>

10. Nicolás M. Rendtorff, Gustavo Suárez, Esteban F. Aglietti, Patricia C. Rivas, Jorge A. Martinez, Phase evolution in the mechanochemical synthesis of stabilized nanocrystalline  $(\text{ZrO}_2)_{0.97}(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0.03}$  solid solution by PAC technique. Accepted 2012, Ceramics International, Volume 39, Issue 5, July 2013, Pages 5577–5583 DOI: 10.1016/j.ceramint.2012.12.072. ISSN 0272-8842,

Presentaciones a congresos, jornadas, reuniones, etc. 2012

1. Gustavo Suárez, Nicolás M. Rendtorff, Alberto N. Scian, Esteban F. Aglietti, Isothermal sintering kinetics of 3YTZ and 8YSZ: Cation diffusion, The 50th Anniversary Symposium on Basic Science of Ceramics, of the Ceramic Society of Japan, 12-13 Enero, 2012, Tokio, Japón.

2. María Victoria Gallegos, Gustavo Suarez, Nicolás Rendtorff, Miguel Andrés Peluso, Eliminación de etanol mediante sistemas catalíticos Mn/ZnO, VII Congreso de Medio Ambiente de la AUGM, La Plata Mayo 2012. (artículo completo con referato)

3. Serra, M. Florencia; Acebedo, M. Florencia; Rendtorff, Nicolás, El color en la evolución térmica de una pasta cerámica natural. Jornada Nacional del Color en las Artes 2012, GAC-IUNA. Junio 2012. Actas P49-50. Ed: Editorial de la Universidad Nacional de Mar del Plata ISBN 978-987-544-445-4

4. Acebedo, M. Florencia; Serra, M. Florencia, Rendtorff, Nicolás. El color en esmaltes cerámicos modificados. Una herramienta sencilla de medición del color en un esmalte cerámico y sus posibilidades. Jornada Nacional del Color en las Artes 2012, GAC-IUNA. Junio 2012. Actas P25-26. Ed: Editorial de la Universidad Nacional de Mar del Plata ISBN 978-987-544-445-4

5. Natalia Lorena Aronson, M. Florencia Serra, M. Florencia Acebedo, Gustavo Suárez, Esteban Agietti, Nicolás M. Rendtorff, Evolución térmica de una arcilla de la costa del Río de la Plata, y su aplicabilidad para la fabricación de materiales cerámicos. Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales (JATRAMI) Neuquén 2012. (artículo completo con referato)

6. M.F. Serra, M.F. Acebedo, M. Piccico, E. Moyas, M.S. Conconi, G. Suarez, E.F. Aglietti, N.M. Rendtorff, Ceniza volcánica como fundente en materiales cerámicos arcillosos, evolución térmica y propiedades mecánicas. . Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales (JATRAMI) Neuquén 2012. (artículo completo con referato)

7. Maria Florencia Acebedo, Maria Florencia Serra, Esteban F. Aglietti, Nicolás M. Rendtorff. Estudio y caracterización del color en esmaltes cerámicos comerciales modificados con óxidos de cobre y de cromo, Argencolor 2012- 10° Congreso Argentino del Color, Chaco Argentina.

8. Natalia Aronson; Maria Florencia Acebedo; Maria Florencia Serra, Gustavo Suárez, Esteban F. Aglietti, Nicolás M. Rendtorff. Correlación entre la temperatura de cocción, el color y las propiedades mecánicas de una pasta cerámica natural, Argencolor 2012- 10° Congreso Argentino del Color, Chaco Argentina.
9. Nicolas M. Rendtorff, Salvatore Grasso, Chunfeng Hu, Gustavo Suárez, Esteban Aglietti, Yoshio Sakka, Zircon-Zirconia ( $ZrSiO_4-ZrO_2$ ) dense ceramic composites by Spark Plasma Sintering, 4th Internacional Ceramic congreso, Chicago, USA, Julio 2012. (ICC-P185-2012)
10. Nicolás M. Rendtorff, Nora E. Hipendinger, Alberto N. Scian, Esteban F. Aglietti, Comportamiento frente al choque térmico de dos hormigones aluminosos ULCC con incorporación de zirconia, XXXVI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Fabricantes de Refractarios ALAFAR 2012, México. (artículo completo con referato)
11. Maximiliano Musmeci, Nicolás Rendtorff, Esteban Aglietti, Leonardo Musante, Leandro Martorello, Pablo Galliano, Caracterización de revestimientos proyectables básicos de magnesia ( $MgO$ ) para tundish (repartidor). XXXVI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Fabricantes de Refractarios ALAFAR 2012, México. (artículo completo con referato)
12. Nicolás Rendtorff, Nora Hipendinger, Gustavo Suarez, Alberto Scian, Esteban Aglietti, Investigaciones y desarrollos de refractarios en el CETMIC). XXXVI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Fabricantes de Refractarios ALAFAR 2012, México. (artículo completo con referato)
13. M.F. Serra, M.F. Acebedo, G. Suarez, E.F. Aglietti, N.M. Rendtorff, Vidrio como fundente en materiales cerámicos arcillosos, evolución térmica y propiedades mecánicas. 12° Congreso binacional de metalurgia y materiales SAM/CONAMET 2012. Valparaíso, Chile. (artículo completo con referato)
14. G. Suárez, M. Estili, Y. Sakka, N. M. Rendtorff, E.F. Aglietti, Compositos densos de zirconia con un alto contenido de nanotubos de carbono. 12° Congreso binacional de metalurgia y materiales SAM/CONAMET 2012. Valparaíso, Chile. (artículo completo con referato)
15. N. M. Rendtorff, G. Suárez, Y. Sakka, E.F. Aglietti, Sinterización-reacción de mezclas Alumina-Zircón por Spark Plasma Sintering (SPS). 12° Congreso binacional de metalurgia y materiales SAM/CONAMET 2012. Valparaíso, Chile. (artículo completo con referato)
16. M.F. Serra, M.F. Acebedo, M.S. Conconi, G. Suarez, E.F. Aglietti, N.M. Rendtorff, Hacia el uso cerámico de la ceniza volcánica como fundente secundario, evolución térmica de fase por DRX-Rietveld, VIII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Cristalografía, Santa Fe, 31 de Octubre al 2 de Noviembre de 2012. (artículo completo con referato)
17. G. Suárez, Y. Sakka, M.S. Conconi, N. M. Rendtorff, E.F. Aglietti, Reacción sinterización de mezclas de  $Al_2O_3-SiO_2$  coladas en un campo magnético fuerte. VIII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Cristalografía, Santa Fe, 31 de Octubre al 2 de Noviembre de 2012. (artículo completo con referato)



18. M. Florencia Serra, M. Florencia Acebedo, Nicolás Rendtorff, Materialidad y procesos cerámicos en la cerámica de ruptura, en las décadas del 50-70. Sextas Jornadas de Investigación en Disciplinas Artísticas y Proyectuales (JIDAP), La Plata Octubre 2012. (artículo completo con referato)

19. M. Florencia Acebedo, M. Florencia Serra, Nicolás Rendtorff, Una herramienta sencilla de medición del color en un esmalte cerámico y sus posibilidades. Sextas Jornadas de Investigación en Disciplinas Artísticas y Proyectuales (JIDAP), La Plata Octubre 2012. (artículo completo con referato)

20. María F. Serra, Wilma Ticona, María S. Conconi, Gustavo Suarez, Esteban F. Aglietti, Mario Banco, Saul Cabrera, Nicolás M. Rendtorff, Estudio de la aplicabilidad cerámica de una arcilla de Viacha Bolivia. XXIX Congreso Argentino de Química, Mar del Plata, 3 al 5 de octubre de 2012. (artículo completo con referato)

21. Acevedo Santiago, Matías Ballestá, Nicolás Rendtorff, Gustavo Suárez, Estudio de la sinterización de 3YTZ a diferentes tiempos y temperaturas. caracterización ,2º Jornadas de Pasantes y Becarios del CETMIC, Diciembre 2012, publicado en, Actas de las Jornadas CETMIC, ISSN 2250-5164, 2012, Num. 2 Vol. 1. p 16.

22. Verónica Cola, María Florencia Serra, Nicolás Rendtorff, Determinación de rangos de composiciones para la fabricación de cerámica mediante la metodología triaxial 2º Jornadas de Pasantes y Becarios del CETMIC, Diciembre 2012, publicado en, Actas de las Jornadas CETMIC, ISSN 2250-5164, 2012, Num. 2 Vol. 1. p 18.

23. María Florencia Serra, Ernesto Moyas, Nicolás Rendtorff, Materialidad como huella, 2º Jornadas de Pasantes y Becarios del CETMIC, Diciembre 2012, publicado en, Actas de las Jornadas CETMIC, ISSN 2250-5164, 2012, Num. 2 Vol. 1. p 19.

24. Maximiliano Musmeci, Nicolás Rendtorff, Esteban Aglietti, Revestimientos proyectables básicos de magnesia (MgO), propiedades y comportamiento frente al choque térmico, 2º Jornadas de Pasantes y Becarios del CETMIC, Diciembre 2012, publicado en, Actas de las Jornadas CETMIC, ISSN 2250-5164, 2012, Num. 2 Vol. 1. p 19.

25. María V. Gallegos, Gustavo Suarez, Nicolás Rendtorff, Miguel A. Peluso, Horacio Thomas, Estudio preliminar del sistema Mn/ZnO como catalizadores para la eliminación de COVs, XXIII Congreso Iberoamericano de Catálisis, Santa Fe, Argentina (septiembre 2012).

**7.2 TRABAJOS EN PRENSA Y/O ACEPTADOS PARA SU PUBLICACIÓN.** *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellos trabajos en los que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Todo trabajo donde no figure dicha mención no debe ser adjuntado porque no será tomado en consideración. A cada trabajo, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden en que figurarán en la publicación y el lugar donde será publicado. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparecerá en la publicación. La versión completa de cada trabajo se presentará en papel, por separado, juntamente con la constancia de aceptación. En cada trabajo, el investigador deberá aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del mismo y, para aquellos en*

los que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.

11. M. F. Serra, M. S. Conconi, G. Suarez, E. F. Aglietti, N. M. Rendtorff, "Firing transformations of an Argentinean calcareous commercial clay", *Cerámica*, (accepted for Publication).

**7.3 TRABAJOS ENVIADOS Y AUN NO ACEPTADOS PARA SU PUBLICACION.**

Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo, indicando el lugar al que han sido enviados. Adjuntar copia de los manuscritos.

no presenta

**7.4 TRABAJOS TERMINADOS Y AUN NO ENVIADOS PARA SU PUBLICACION.**

Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo.

no presenta

**7.5 COMUNICACIONES.** Incluir únicamente un listado y acompañar copia en papel de cada una. (No consignar los trabajos anotados en los subtítulos anteriores).

no presenta

**7.6 INFORMES Y MEMORIAS TECNICAS.** Incluir un listado y acompañar copia en papel de cada uno o referencia de la labor y del lugar de consulta cuando corresponda.

no presenta

**8. TRABAJOS DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS.**

**8.1 DESARROLLOS TECNOLÓGICOS.** Describir la naturaleza de la innovación o mejora alcanzada, si se trata de una innovación a nivel regional, nacional o internacional, con qué financiamiento se ha realizado, su utilización potencial o actual por parte de empresas u otras entidades, incidencia en el mercado y niveles de facturación del respectivo producto o servicio y toda otra información conducente a demostrar la relevancia de la tecnología desarrollada.

PROYECTO: Agentes de sostén cerámicos para shale y tight (gas & oil).

Empresa YPF S.A.

ROL: INTEGRANTE DE EQUIPO TÉCNICO CETMIC.

Duración proyectada: diciembre 2011 a julio 2013

**8.2 PATENTES O EQUIVALENTES.** Indicar los datos del registro, si han sido vendidos o licenciados los derechos y todo otro dato que permita evaluar su relevancia.

no presenta

**8.3 PROYECTOS POTENCIALMENTE TRANSFERIBLES, NO CONCLUIDOS Y QUE ESTAN EN DESARROLLO.** Describir objetivos perseguidos, breve reseña de la labor realizada y grado de avance. Detallar instituciones, empresas y/o organismos solicitantes.

no presenta

**8.4 OTRAS ACTIVIDADES TECNOLÓGICAS CUYOS RESULTADOS NO SEAN PUBLICABLES** (desarrollo de equipamientos, montajes de laboratorios, etc.).

no presenta

**8.5 Sugiera nombres (e informe las direcciones) de las personas de la actividad privada y/o pública que conocen su trabajo y que pueden opinar sobre la relevancia y el impacto económico y/o social de la/s tecnología/s desarrollada/s.**

**9. SERVICIOS TECNOLÓGICOS.** Indicar qué tipo de servicios ha realizado, el grado de complejidad de los mismos, qué porcentaje aproximado de su tiempo le demandan y los montos de facturación.

no presenta

**10. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN:**

**10.1 DOCENCIA**

no presenta

## **10.2 DIVULGACIÓN**

no presenta

### **11. DIRECCION DE BECARIOS Y/O INVESTIGADORES.** *Indicar nombres de los dirigidos, Instituciones de dependencia, temas de investigación y períodos.*

Dirección y co-dirección de becarios:

1. Lic. María Florencia Serra. (desde abril 2012 y continúa)  
“Aplicación cerámica de materias primas no tradicionales: residuos industriales y ceniza volcánica”

Beca de Estudio (postgrado-Doctoral)

Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. (CIC-PBA)

Codirector junto al Prof. Dr. Esteban Aglietti.

Desde Abril de 2012, En curso.

2. Lic. María Florencia Acebedo. (desde abril 2013 y continúa)  
“Desarrollo de esmaltes y cubiertas cerámicas; aplicación de materias primas no tradicionales y estudio del color”.

Beca de Estudio (postgrado-Doctoral)

Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. (CIC-PBA)

Director junto al Co-Director Dr. Gustavo Suárez.

Desde Abril de 2013, En curso.

Dirección de pasantes y colaboradores

1. Maximiliano Musmeci (Marzo 2011 y continúa)  
Pasantía de experiencia en laboratorio de Investigación científica (alumno de la carrera de Ing. en Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNLP). Codirección Junto a los Dres. E. Aglietti y G. Suárez.

Caracterización y evaluación de revestimientos proyectables básicos para tundish (repartidor)”

2. Prof. Florencia Acebedo (Septiembre 2011 y Septiembre 2012).  
Colaboración a la dirección de la Prof. Florencia Serra en la Beca de entrenamiento de la CIC, Lugar de Trabajo CETMIC. Director: Dr. E. Aglietti.

“Estudio y Desarrollo de esmaltes cerámicos a partir de materias primas de la Republica Argentina”.

3. Lic. Wilma Ticona (Marzo- Abril 2012)  
Pasantia de investigación dentro del plan de estudio de la Maestria en Materiales de la Universidad mayor de San Andres, La Paz, Bolivia. (30 dias).

Director. Junto al Dr. E. Aglietti.

Tema Caracterización tecnológica de tres arcillas Bolivianas.

4. Verónica M. Cola (Septiembre 2012 y continúa).  
Colaboración a la dirección en la Beca de entrenamiento de la CIC, Lugar de Trabajo CETMIC. Director: Dr. E. Aglietti. “Resistencia al choque térmico de materiales ceramicos arcillosos. Influencia del chamote y la composicion de la fase vítrea.”



**12. DIRECCION DE TESIS.** *Indicar nombres de los dirigidos y temas desarrollados y aclarar si las tesis son de maestría o de doctorado y si están en ejecución o han sido defendidas; en este último caso citar fecha.*

Tesis Doctorales

1. Lic. María Florencia Serra,  
“Aplicación cerámica de materias primas no tradicionales: residuos industriales y ceniza volcánica”  
Tesis Doctoral, Facultad de Bellas Artes UNLP.  
Codirector junto a la Lic. Verónica Dillon.  
Desde octubre 2011, en curso.

Tesis o tesinas de grado

1. Maximiliano Musmeci,  
“Caracterización y evaluación de revestimientos proyectables básicos para tundish (repartidor)”  
Tesis de Grado de la carrera: Ingeniería en Materiales. Facultad de Ingeniería UNLP.  
Codirector junto al Prof. Dr. Esteban Aglietti.  
Desde Marzo 2012, (en curso).
2. Prof. Natalia Aronson,  
“Caracterización térmica de una arcilla natural local para la construcción de sentido”.  
Tesis de Grado de la carrera: Licenciatura en Artes Plásticas con Orientación Cerámica (plan 06). Facultad de Bellas Artes UNLP.  
Codirector junto a la Lic. Verónica Dillon.  
Desde Octubre 2011 y octubre 2012 (En suspenso)
3. Lic. María Florencia Acebedo,  
“Estudio y caracterización de un esmalte modificado y su aplicación para la generación de sentido artístico”  
Tesis de Grado de la carrera: Licenciatura en Artes Plásticas con Orientación Cerámica (plan 06). Facultad de Bellas Artes UNLP.  
Codirector junto a la Lic. Verónica Dillon. desde marzo 2012  
Aprobada Calificación: Sobresaliente 10. 3-5-2013.

**13. PARTICIPACION EN REUNIONES CIENTIFICAS.** *Indicar la denominación, lugar y fecha de realización, tipo de participación que le cupo, títulos de los trabajos o comunicaciones presentadas y autores de los mismos.*  
en 7.1

**14. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC.** *Señalar características del curso o motivo del viaje, período, instituciones visitadas, etc.*  
no presenta

**15. SUBSIDIOS RECIBIDOS EN EL PERIODO.** *Indicar institución otorgante, fines de los mismos y montos recibidos.*

1. Procesamiento coloidal, diseño y evaluación de cerámicos y composites basados en zirconia (ZrO<sub>2</sub>) Integrante, (PIP. 0775/09). 2010-2013 Directora: Ing. Liliana Beatriz Garrido.

2. Red Internacional (Iberoamericana) CYTED: Promoción del Desarrollo Industrial “Hormigones Refractarios” CyTED Red 312RT0453, (2012-2015); <http://www.cytred.org/>. Investigador.

3. Materiales Cerámicos micro y nano estructurados de Zirconia con aplicaciones tecnológicas (PICT-2011- 0778), Investigador miembro del grupo responsable, Director: Dr. E. Aglietti.

4. Desarrollo y caracterización de materiales cerámicos refractarios de uso técnico, Universidad Nacional de La Plata, X-612, (2012-2013) Integrante (Investigador). Director, Dr. Alberto Scian.

**16. OTRAS FUENTES DE FINANCIAMIENTO.** *Describir la naturaleza de los contratos con empresas y/o organismos públicos.*  
fondos propios del CETMIC

**17. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO.**  
no presenta

**18. ACTUACION EN ORGANISMOS DE PLANEAMIENTO, PROMOCION O EJECUCION CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA.** *Indicar las principales gestiones realizadas durante el período y porcentaje aproximado de su tiempo que ha utilizado.*

1. Miembro de la Comisión de Investigaciones del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de la Plata desde Diciembre del 2012 y continúa.

2. Miembro de la Comisión asesora de infraestructura (ad-hoc) del Centro de Tecnología de recursos Minerales y Cerámica CETMIC (CIC-CONICET- La Plata) desde Diciembre de 2012 y continúa.

#### Evaluacion

1. Editorial Board Member of International Journal of Materials Engineering, Scientific & Academic Publishing, EE.UU. (<http://journal.sapub.org/ijme>) desde diciembre 2011 y continúa.

2. Editor de la Revista: “Actas del CETMIC” issn: 2250-5164 desde 2011 y continúa. Revista periódica (anual) e Institucional del Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica (CIC CONICET La Plata).

3. Reviewer (Referee), Revista Internacional: “Jornal of the European ceramic Society Julio 2012.

4. Reviewer (Referee), Revista Internacional: International Journal of Physical Sciences. Agosto 2012.

5. Miembro de la comisión asesora (Jurado) del concurso de Jefe de Trabajos Práctico dedicación Simple del Área Fisicoquímica del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP (Junio 2012-Febrero 2013).

**19. TAREAS DOCENTES DESARROLLADAS EN EL PERIODO.** *Indicar el porcentaje aproximado de su tiempo que le han demandado.*

Jefe de Trabajos Prácticos

Área Tecnología Química, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP. Cargo interinoo ganado por concurso.(9 horas semanales)

**20. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TITULOS ANTERIORES.** *Bajo este punto se indicará todo lo que se considere de interés para la evaluación de la tarea cumplida en el período.*

**21. TITULO Y PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PROXIMO PERIODO.** *Desarrollar en no más de 3 páginas. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.*

Desarrollo compositos cerámicos refractarios

1. Definición del problema.

Los cerámicos que cumplen una función principalmente estructural (refractarios), constituyen insumos básicos de muchas industrias como la siderúrgica, del aluminio, otros metales no ferrosos, incluidas las industrias del cemento, el vidrio y la cerámica así como las industrias química, petroquímica y del petróleo. Las industrias locales deben tener apoyo constante en cuanto a desarrollar nuevos y mejores materiales que conducen a disminuir costos y lograr competitividad tanto en el plano local como internacional. En este campo las investigaciones deberían estar centradas en establecer la relación procesamiento-estructura-propiedades-comportamientos de los materiales en cuanto a sus solicitaciones termomecánicas como del medio en que opera.

Con el objetivo de mejorar la performance de los refractarios de las diversas industrias de altas temperaturas (siderúrgica, de vidrio, etc.) la tendencia actual es la de avanzar hacia la especificidad de los refractarios utilizados asegurando un mejor comportamiento frente al mecanismos de desgaste o falla determinado, lo cual justifica la utilización de materiales de mayor costo y componente tecnológica [1-6].

El desarrollo de materiales compuestos del tipo Cerámica – Cerámica, es decir matriz y fase dispersa de materiales cerámicos tiene un gran interés tecnológico debido a la capacidad diseño, elección previa de ciertas propiedades y la predicción de comportamientos de un determinado material [1-18].

Materiales cuyas fases cristalinas principales son la Alúmina ( $Al_2O_3$ ), la Mullita ( $3.Al_2O_3.2.SiO_2$ ), Zirconia ( $ZrO_2$ ), la Espinela ( $MgAl_2O_4$ ) y el Zircón ( $ZrSiO_4$ ), son ampliamente utilizados en diversas aplicaciones industriales de alta temperatura. Estos materiales son de gran interés tecnológico debido principalmente a sus buenas propiedades químicas, térmicas, mecánicas tanto a temperatura ambiente como a altas temperatura [6-18]

La molienda de alta energía (MAE) es efectiva para obtener mezclas uniformes de polvos nanoscópicos. Este método promueve la activación mecanoquímica y las reacciones en estado sólido a bajas temperaturas. La MAE junto con técnicas de sinterización avanzadas como el Spark plasma sintering (SPS) o el two step sintering han probado ser rutas adecuada para la elaboración de materiales cerámicos micro y nanoestructurados [19-22] con excelentes propiedades mecánicas.

Sin embargo en muchos casos las propiedades mecánicas suelen ser las limitantes de alguna aplicación específica de los compositos ceramicos [23]. El mejoramiento de las mismas es sin lugar a duda uno de los objetivos de la ciencia de los materiales cerámicos y constituye uno de los objetivo de la presente propuesta.

Además en la práctica estos refractarios están sometidos a severos cambios de temperatura por lo que la vida útil y su desempeño pueden verse seriamente afectados por la aparición de fisuras y finalmente la rotura del material. Debido a la transferencia de calor se generan tensiones térmicas que inician la aparición de fisuras.

Hay diferentes maneras de controlar estos problemas. El aumento de la RCT puede ser obtenido por modificaciones en la microestructura. Algunos autores señalan que una excelente resistencia al choque térmico se logra con materiales que posean baja

conductividad térmica, bajo coeficiente de expansión térmica y bajo módulo de elasticidad. Otros, como ya mencionamos, han establecido que la resistencia al choque térmico se relaciona con la iniciación de fisuras y la propagación de éstas asociadas con las propiedades físicas del material. Por ejemplo con el aumento de la porosidad utilizando suspensiones con cierto grado de estructura.

Existen trabajos que demuestran mejoras de este comportamiento por adición de fibras, whiskers, fases dúctiles y en especial tras la adición de partículas dispersas de zirconia monoclinica, zirconia parcialmente estabilizada y zirconia totalmente estabilizada [24-32].

Con el agregado de Zirconia en cantidades y tamaño adecuado a una matriz cerámica, tales como las indicadas anteriormente; se han logrado mejoras en las propiedades mecánicas y de fractura y en la resistencia al choque térmico [25, 26, 28, 29, 34, 35, 36]. La incorporación de la zirconia y el control de la transformación de fases m-t (a 1100 °C en el semi ciclo de calentamiento y 900°C en el semi-ciclo de enfriamiento) asociada a un cambio de volumen importante, conducen a un material con tensiones modifican (mejoran) tanto las propiedades mecánicas y de fractura como el comportamiento frente al choque térmico. El agregado de Zirconia, inhibe la propagación de las grietas por varios mecanismos. Posiblemente por la diferencia de dilatación térmica entre la fase dispersa y la matriz se generan pequeñas microgrietas. Estas microgrietas serán sumideros de tensiones u esfuerzos termomecánicos que mejorarán el comportamiento del material. [25]

Un segundo mecanismo de refuerzo es conocido como “transformation toughening” donde la transformación martensítica del grano de Zirconia tetragonal actúa como limitante de la propagación de las grietas o las tensiones [25].

Un tercer mecanismo es, la deflexión, causada por la presencia de los granos de Zirconia que hacen más intrincado el camino de la grieta o fisura.

Un cuarto mecanismo, llamado microcracking, está asociado a las micro-fisuras perpendiculares a los bordes de granos de la Zirconia como consecuencia del cambio de volumen por la transformación t→m que sufre la zirconia durante el enfriamiento. [25, 28]

El tratamiento teórico de la resistencia al choque térmico ha sido estudiado por varios autores [37-40] quienes han definido y adaptado varios parámetros teóricos característicos. En la definición de estos parámetros intervienen las principales propiedades a temperatura ambiente de los materiales. En general mayor valor del parámetro mejor será la resistencia frente al choque térmico del material. .

Es decir que las condiciones de procesamiento, tales como tamaño, distribución y proporción de Zirconia, aún hoy son tema de investigación tecnológica [31-40]. Además en los últimos años ha habido un especial interés en la evaluación de las propiedades mecánicas y termomecánicas, o sea de la evolución de las propiedades mecánicas con la temperatura de los materiales cerámicos, [24,34-36,40-47] gracias al desarrollo de nuevas técnicas no destructivas basadas de la velocidad de sonido y/o el análisis vibratorio de los cuerpos.

En el presente plan de investigaciones se examinará particularmente la influencia del contenido de zirconia (monoclinica, zirconia parcialmente estabilizada y zirconia totalmente estabilizada) en distintas matrices cerámicas entre las cuales se encuentran la mullita, el zircón, la cordierita, y la espinela. Se incluirán además los materiales polifásicos elaborados a partir de más de dos fases cristalinas.

## 2. Objetivos generales:

- Desarrollar de nuevas estrategias de diseño de materiales cerámicos compuestos de interés tecnológico.

- Establecer la relación procesamiento-microestructura-propiedades y/o comportamiento de materiales cerámicos refractarios compuestos en cuanto a sus sollicitaciones térmicas, mecánicas y termomecánicas. Estudiar y mejorar el comportamiento termomecánico en general y en particular la resistencia al choque térmico (RCT) y la resistencia a la fatiga térmica (RFT) de materiales cerámicos refractarios desarrollados a escala laboratorio y a escala piloto.
  - Establecer estrategias para predecir el comportamiento frente al choque térmico de materiales cerámicos refractarios. Correlacionar dichos comportamientos tanto con las propiedades mecánicas y de fractura como con las predicciones basadas en modelos teóricos
  - Estudiar la influencia de la Zirconia ( $ZrO_2$ ) en las propiedades y comportamientos estudiados.
    - Desarrollar materiales cerámicos polifásicos novedosos.
    - Describir el mecanismo de fractura térmica que sufren estos materiales y conocer la etapa que los controla.

### 2.1. Impacto:

- Promoción general del conocimiento.(realización de publicaciones nacionales e internacionales con revisión de pares).
- Aporte a la formación de recursos humanos, (carreras de grado postgrado en F. Cs. Exactas UNLP)
- Aumento del conocimiento transferible a las industrias mineras y cerámicas.
- Valorización de materias primas tanto locales como commodities en la elaboración de materiales cerámicos especiales.
- Mejoramiento de la calidad de los materiales para la empresas fabricantes y usuarias
  - Desarrollo de la capacidad de interacción al sector productivo conduciendo a:
    - mejoras de procesos y tecnología.
    - reducción de costos y aumento de competitividad.
    - Control de materias primas y productos en el ámbito regional.

### 3. Objetivos específicos:

- Desarrollar diversos materiales cerámicos compuestos de matriz cerámica y partículas dispersas de zirconia. Las matrices elegidas comprenden: el Zircon, la alumina, la mullita y/o la espinela.
  - Examinar la influencia de la adición de partículas de zirconia en las propiedades térmicas y mecánicas (módulo dinámico de Young ( $E$ ), resistencia a la flexión ( $\sigma_f$ ), tenacidad ( $K_{IC}$ ), la energía superficial de fractura ( $\gamma_i$ )), RCT y RFT de diversos compositos cerámicos refractarios. Determinar la influencia del origen de la zirconia, comparando a su vez zirconia estabilizada con zirconia pura y zirconia formada in situ.
    - Estudiar la sinterabilidad y las transformaciones químicas y cristalológicas de las fases presentes en los materiales durante el procesamiento.
    - Racionalizar los principales parámetros del procesamiento tales como composición, granulometría, condiciones de conformado, porosidad y temperatura de sinterizado con la microestructura obtenida.
      - Correlacionar variables de procesamiento citadas con las propiedades mecánicas y de fractura. A temperatura ambiente y a altas temperaturas.
      - Evaluar la RCT y la RFT utilizando el modulo dinámico de elasticidad. Correlacionar los principales parámetros del procesamiento.
      - Calcular los parámetros clásicos de RCT y comparar con el comportamiento observado experimentalmente.



- Poner a punto la técnica de la entalla (NBT) para la evaluación de KIC y  $\gamma_i$  a elevadas temperaturas.
- Establecer el efecto de tratamientos termomecánicamente severos en las propiedades mecánicas, y de fractura de un material cerámico frágil.

#### 4. Resultados preliminares y aportes del grupo al estudio del problema en cuestión

El grupo de investigación posee una amplia experiencia en el procesamiento y caracterización de materiales cerámicos de interés tecnológico. En particular posee experiencia en la elaboración y caracterización de materiales cerámicos polifásicos con contenido de zirconia.

A partir de materias primas comerciales se han conformaron cuerpos por el método de colado de suspensiones acuosas concentradas en moldes de yeso que luego se sinterizaron en horno eléctrico.

Asimismo he podido elaborar materiales mediante técnicas de sinterización avanzada (Spark Plasma Sintering- SPS) [21-22]. De manera complementaria a los materiales elaborados han sido motivo de estudio materiales comerciales, y hormigones refractarios de libres de cemento.

La caracterización se realizó desde el punto de vista de sus propiedades estructurales, texturales, microestructurales, mecánicas, de fractura.

La evaluación del comportamiento frente al choque térmico de estos composites se realizó siguiendo la variación del módulo del Young (E) dinámico. Esta es una técnica de bajo costo, no destructiva, con alta repetitividad. Se encontró que los cuerpos exhiben un comportamiento del tipo frágil. Se diferenció la respuesta frente a la severidad del choque térmico y frente a la fatiga térmica de estos materiales refractarios. Principalmente se encontraron correlaciones bien definidas entre las propiedades mecánicas y de fractura con respecto a la composición de los composites. Hemos también estudiado el comportamiento térmico de materiales cerámicos polifásicos. En centrando correlaciones interesantes con el contenido de zirconia y la influencia de su transformación de monoclinica a tetragonal.

Desde el punto de vista del análisis teórico, se calcularon los valores de parámetros teóricos de resistencia al choque térmico de tres teorías clásicas (R, R''', y RST). Se encontró que la teoría basada en la aproximación termoelástica se adapta mejor para describir la resistencia al choque térmico de los composites estudiados. Finalmente ya hemos propuesto y reportado [18,48] dos parámetros empíricos para representar adecuadamente el comportamiento experimental observado.

Los resultados de estas investigaciones permitieron concretar además de la tesis doctoral (2009) la publicación de mas de quince artículos en revistas científicas en el campo de los materiales cerámicos y mas de treinta contribuciones en congresos científicos de la disciplina y otras disciplinas correlacionadas (una lista detallada de los mismos se puede encontrar en el CV).

Al momento, se han estudiado con la metodología descrita composites del sistema mullita-zirconio-zircon; del sistema zircon-zirconio, zirconio-itria, Zirconio Calcio, refractarios de zircon, hormigones de ultra bajo cemento, refractarios electrofundidos AZS, cerámicos basados en arcilla.

La presente propuesta permitirá extender las investigaciones realizadas anteriormente. En este plan de trabajo se ha previsto:

- Ampliar el espectro de composición de los composites a estudiar, para entender la influencia de la dispersión de Zirconia en diferentes matrices cerámicas que implica la producción de composites basados en Cordierita, Alúmina y Espinela. Siendo

estos últimos también materiales ampliamente utilizados en diversas aplicaciones industriales de altas temperaturas.

- Estudiar las consecuencias de tratamientos térmicos severos no sólo en las propiedades mecánicas (en especial el módulo de elasticidad dinámico) sino también en las propiedades de fractura como la tenacidad y la energía superficial de iniciación de fractura. Iniciar el estudio sobre los mecanismos de degradación debida a cambios bruscos de temperatura.
  - Abordar la evaluación de las propiedades mecánicas y de fractura a elevadas temperaturas lo cual representa un importante desafío del presente plan trabajo.
  - Avanzar en el estudio de la influencia de un pre-tratamiento de molienda de alta energía en el posterior procesamiento y propiedades de composites cerámicos.
  - Realizar una segunda estadía en el “Fine particle processing group” of “the Nano-Ceramic Center” en NIMS (National Institute for Materials Science) Japón, bajo la dirección del Dr. Yoshio SAKKA.
  - Iniciar una colaboración con el Dr. Salvatore Grasso, Researcher del Department of Materials, Queen Mary University of London, en particular, en la elaboración composites refractarios mediante técnicas de sinterización de avanzada (SPS).

## 5. Metodología

De acuerdo con el plan de trabajo antes mencionado las investigaciones se centraran en establecer la relación procesamiento-estructura-propiedades-comportamiento principalmente se buscará optimizar el procesamiento considerando sollicitaciones termomecánicas del medio en que operarían los materiales estudiados.

Sintéticamente, el estudio consiste en la elaboración de diferentes composites de distintas composiciones, pertenecientes al sistema de estudio, seguida de una caracterización lo más exhaustiva posible.

Se evaluarán sus propiedades estructurales, texturales, mecánicas, de fractura y su comportamiento frente al choque térmico, luego se calcularán parámetros teóricos de resistencia al choque térmico. Posteriormente se correlacionaran las distintas variables de procesamiento con las propiedades y características de los composites.

Estas correlaciones permiten, en algunos casos, establecer estrategias de diseño de materiales que son en mucho casos extrapolables a sistemas cerámicos similares a los estudiados.

Desde el inicio, en este plan se contempla el uso de materias primas comerciales: Alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Mullita ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ), Zircón ( $\text{ZrSiO}_4$ ), Zirconia ( $\text{ZrO}_2$ ), Cordierita ( $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot 2\text{MgO}$ ) y/o Espinela ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ). Se ha previsto también ensayar materiales comerciales de uso industrial.

El tamaño de las piezas preparadas serán tales que permitirán detectar muchos de los problemas que surgen de un futuro cambio de escala y de este modo contar con las herramientas para optimizar y predecir el comportamiento de los materiales producidos a escala industrial.

Las técnicas de conformado, previas al sinterizado en hornos eléctricos, serán el conformado por colado en moldes de yeso, la consolidación directa, el prensado uniaxial y el vibro-colado.

Las materias primas serán caracterizadas mediante Análisis químico, distribución de tamaño de partícula, difracción de Rayos X (DRX) y a través del método de refinamiento estructural de Rietveld y correlaciones angulares perturbadas (TD-PAC).

Los materiales serán principalmente sinterizados en horno eléctrico de atmósfera de aire ( $1650^\circ\text{C}$ ), aunque se planea también realizar comparaciones con materiales elaborados mediante técnicas de sinterización de avanzada como el SPS y el two step

sintering, técnicas disponibles gracias a la colaboraciones internacionales que se están llevando adelante con un grupo de Japón y otro de Inglaterra.

La caracterización de los materiales se realizará mediante la evaluación de: densidades, porosidades y análisis térmicos (ATD-TG y dilatometría). La caracterización de las fases cristalinas y microestructura mediante DRX, SEM, EDAX y el método de Rietveld [44].

Se estudiarán y evaluarán las propiedades mecánicas, elásticas, y de fractura de todos los composites elaborados tanto a temperatura ambiente como a elevadas temperaturas (1000°C-1400°C).

El módulo de elasticidad de los materiales será una de las propiedades más relevantes del desarrollo del presente plan de trabajos, y será medido por el Método de Excitación por Impulso [45]. El ensayo se realizará con un equipo marca GrindoSonic, Modelo MK5 "Industrial" según lineamientos de la norma ASTM C1198. El método consiste en la excitación mecánica del cuerpo cerámico con un golpe; de la recuperación de su equilibrio (en forma de una senoide amortiguada alrededor de la posición de equilibrio) se puede calcular fácilmente el período y la frecuencia fundamental. Si se conocen las dimensiones de la pieza, se puede calcular el valor de las constantes elásticas del material.

Las propiedades de fractura de los materiales cerámicos será determinada a través del método de la entalla (Single edge notched beam test (NBT)) [46], basado en la evaluación de la resistencia mecánica de probetas prismáticas entalladas con un disco de diamante con distintas profundidades de entalla. Esta técnica previamente informada para cerámicos refractarios [30], fue implementada durante el trabajo de tesis y fue ampliamente utilizada para los composites estudiados tal como lo demuestran las publicaciones propias recientemente concretadas. Es uno de los objetivos del presente plan de trabajo poner a punto la misma técnica pero a elevadas temperaturas. Para su determinación se cuenta con el instrumental (High Temperature Mechanical Testing Machine, Thermische Analyse, Netzsch) que posibilita la medición del módulo de flexión en caliente.

Por último, se evaluará el comportamiento frente al choque térmico tanto frente a la severidad de los mismos (RCT) como frente a sucesivos ciclos, es decir la resistencia a la fatiga térmica (RFT). No existe un ensayo universal del comportamiento frente al choque térmico de materiales cerámicos y los comúnmente empleados son costosos y engorrosos [47]. En este estudio se aplicara la técnica implementada durante el trabajo de tesis doctoral basada en el cambio del módulo de elasticidad. El módulo dinámico de Young, por la técnica no destructiva antes descrita demostró tener buena repetitividad y precisión además de bajo costo operativo.

## 6. Actividades (cronograma bi anual)

1. Actualización bibliográfica.
2. Caracterización del material de partida. Identificación de los constituyentes y caracterización del material de partida. Obtención de diferentes cortes granulométricos.
3. Preparación y dispersión de las suspensiones concentradas- Optimizar la dispersión de mezclas en suspensiones acuosas concentradas para alcanzar valores aceptables de viscosidad. Evaluación del efecto de la adición de dispersantes y pH en el comportamiento reológico de la suspensión.
4. Consolidación de la suspensión por colada en moldes de yeso. Obtención de los compactos por colado en moldes de yeso a partir de suspensiones con diferente grado de dispersión de las partículas. Caracterización del producto seco: Medidas de densidad aparente y contracción.
5. Optimización del contenido de sólidos en suspensión. Preparación y caracterización de suspensiones con el contenido óptimo de dispersante aumentando la

concentración de sólidos hasta el máximo que sea posible. Variación de la densidad aparente del compacto preparado por colado en función del contenido de sólidos. Búsqueda de la distribución granulométrica óptima para el máximo contenido de sólidos en suspensión

6. Preparación y caracterización de suspensiones con el contenido óptimo de dispersante y la concentración máxima de sólidos. Variación de la densidad aparente del compacto preparado por colado en función de la distribución granulométrica del sólido.

7. Sinterización y microestructura. Estudiar el efecto del ciclo de sinterización y de las propiedades físicas del producto seco sobre las características físicas del cerámico resultante.

8. Estadía corta en el "Advanced Ceramic Group, Materials Processing Unit, Advanced Key Technology Division." en NIMS (National Institute for Materials Science) Japón, en colaboración con el director Dr. Yoshio SAKKA. Con el objetivo de elaborar y estudiar materiales cerámicos nano-estructurados con distintos contenidos de partículas nanométricas de m-ZrO<sub>2</sub>.

9. Caracterización de los materiales elaborados mediante técnicas de sinterización de avanzada (SPS y microwave sintering) por el grupo del Dr. S. Grasso. Researcher del Department of Materials, Queen Mary University of London,

10. Determinación de las fases cristalinas presentes en el producto sinterizado por DRX y por el método de Rietveld.

11. Evaluación de propiedades mecánicas y de fractura (a temperatura ambiente), correlación con variables de procesamiento.

12. Evaluación de propiedades mecánicas y de fractura (a elevadas temperaturas 1000°C -1400°C), correlación con variables de procesamiento.

13. Evaluación del comportamiento frente al choque térmico (RFT y RCT) por medio de una técnica no destructiva basada en evaluación de la frecuencia fundamental de vibración y su correlación con el procesamiento previo.

14. Búsqueda de correlaciones entre composición, microestructura y propiedades mecánicas termomecánicas y de fractura y comportamiento frente al choque térmico.

15. Análisis e interpretación de los resultados alcanzados. Confección de informes, artículos y trabajos.

#### 7. Factibilidad

La planta Piloto de ensayo de materiales y el laboratorio de Ceramurgia del CETMIC, cuentan con la infraestructura y equipamiento para procesamiento y caracterización de materiales cerámicos suficientes para la realización del plan de investigación propuesto. Con excepción del equipo de SPS que se utilizara en colaboración con los laboratorios de Japón e Inglaterra mencionados.

El grupo de trabajo dispone de recursos económicos propios provenientes de subsidios de la Agencia Nacional de Promoción Científica y tecnológica, la UNLP y el CONICET.

- Procesamiento, procesamiento y aplicaciones de materiales cerámicos refractarios, Universidad Nacional de La Plata, X-499, (2008-2011) Integrante. Director, Dr. Alberto Scian.

- Materiales cerámicos refractarios basados en Zirconia con aplicaciones tecnológicas, Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, PICT 2007-01169. (1-4-2009/30-4-2011) Integrante, Director, Dr. E. Aglietti.

- Procesamiento coloidal, diseño y evaluación de cerámicos y composites basados en zirconia (ZrO<sub>2</sub>) Integrante, (PIP. 0775/09). 2010-2013 Directora: Ing. Liliana Beatriz Garrido.

- Red Internacional (Iberoamericana) CYTED: Promoción del Desarrollo Industrial “Hormigones Refractarios” CyTED Red 312RT0453, (2012-2015); [tp://www.cyted.org/](http://www.cyted.org/). Investigador.
- Materiales Cerámicos micro y nano estructurados de Zirconia con aplicaciones tecnológicas (PICT-2011- 0778), Investigador miembro del grupo responsable, Director: Dr. E. Aglietti.

En lo que respecta a los recursos humanos; colaborarían en el presente plan de trabajo la Lic. M.S. Conconi (Prof. Principal), Lic. M.F. Serra (becaria doctoral bajo mi codirección) y el Dr. G. Suárez, Investigador del grupo de materiales al que pertenezco. Mientras asistirían en menor medida pues están avocados a otros planes el resto de los miembros del grupo de materiales cerámicos del CETMIC liderado por el Dr. E. Aglietti.

#### 7.1. Equipamiento

- Equipo para análisis térmico diferencial (ATD-TG) hasta 1500 °C, Netzsch STA 409.
- Dilatómetro hasta 1500 °C, Netzsch.
- Equipo para medida del modulo de elasticidad por el método de excitación por impulso. Grindosonic modelo “industrial”.
- Propiedades mecánicas (flexión, compresión) Universal testing machine, J.J Instruments, T22K.
- Módulo de flexión en caliente hasta 1400°C .High Temperature Mechanical Testing Machine, Thermische Analyse, Netzsch, Heißbiegefestigkeitsprüfer 422.
- Microdurometro Bhueler USA.
- Porosímetros de intrusión de mercurio, Carlo Erba; Macropore 120 y Porosimeter 2000.
- Reómetro rotacional de cilindros coaxiales y de placa y cono, automático y programable, Haake VT 550.
- Equipo para análisis espectrofotométrico y difracción de rayos X, Philips, 3kW.X’PERT.
- Equipo analizador de la distribución de tamaño de partícula, malvern hydro 2000G.
- Equipo analizador de la distribución de tamaño de partícula y potencial Z, Brookhaven, 90plus BI-Zeta..
- Horno eléctrico de cámara (25x25x27cm<sup>3</sup>), hasta 1700°C, con programador-controlador de termocupla, THERMOLYNE, mod. 46200.
- Horno eléctrico de cámara (25x25x27cm<sup>3</sup>), hasta 1700°C, con programador-controlador de termocupla, LINDBERG.
- Horno eléctrico de cámara (25x25x27cm<sup>3</sup>), hasta 1700°C, con programador-controlador de termocupla, MHI N17, USA.
- Horno eléctrico Indef, Modelo 45, hasta 1400°C, cámara (25x25x45 cm<sup>3</sup>) con programador-controlador de termocupla.
- Microscopio electrónico de barrido SEM (cuanta)- (por convenio LIMF-UNLP)
- Microscopio Óptico OLIMPUS de polarización hasta 1000 aumentos con accesorios y cámara Digital.
- Parque de molienda con equipos de quebrantado hasta micronizado (5 cm. a 1 µm.). Molinos: de bolas, de atrición y orbital.
- Prensa isostática, prensa mecánica uniaxial, mesa de vibración, Extrusora, Centrifugas, estufas, moldes (yeso, metalicos, etc.) pH metro, material usual de laboratorios.

#### 8. Resultados esperados



Entendemos que la experiencia previa del grupo en el tema resulta de gran importancia para alcanzar los objetivos propuestos en los plazos considerados, obviamente teniendo en cuenta el grado de incerteza propio de un proyecto de investigación. Junto con la producción de publicaciones científicas y tecnológicas. Entre otros resultados esperados pueden mencionarse los siguientes:

- Mejoramiento de la oferta de transferencia tecnología a empresas de la región, tanto empresas productoras (Refractarios Avellaneda, MRE SA, CARBO SAN LUIS, etc.) como usuarias de materiales refractarios (Industrias cerámicas, Cristalerías, Ind. petroquímica etc.). Haciendo especial hincapié en el gran número de pequeñas y medianas empresas de este rubro.
- Acrecentamiento de la integración con laboratorios de otros países. Esto permite potenciar la productividad y la formación de recursos humanos.
- Mejoramiento de la realización de tareas académicas, tales como el dictado tanto de materias de grado como cursos de postgrado en disciplinas como la ciencia de los materiales.
- Mejoramiento de la capacidad de dictado de cursos y capacitaciones profesionales a técnicos y profesionales del rubro cerámico. (Como miembro de la Asociación Técnica Argentina de Cerámica ATAC, ya hemos dictado este tipo de cursos)
- Supervisión de de tesinas de grado de la carrera de licenciatura en química el departamento de química de las Facultades de Ciencias Exactas y de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Plata. En particular de alumnos de la orientación Química Industrial y Materiales.
- Supervisión de tesis doctorales en el departamento de química de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de la Plata.
- Supervisión de prácticas especiales de iniciación en la utilización de técnicas experimentales de estudiantes avanzados de licenciatura en Química e Ingenierías.

#### 9. Referencias

- [1]. C. Semler, Review of Refractories in 2006, RA&N, 12[2] (2007) 4-5.
- [2]. C. Semler, Steel Industry – Status and Changes, RA&N, 10[2] (2005) 7-9.
- [3]. N. Kido, The Critical Role of Refractories in Glass Manufacturing, RA&N, 7[4] (2002) 7.
- [4]. R. E. Moore, Refractories, Structure and Properties of, Encyclopaedia of Materials: Science and Technology, Elsevier, Oxford (2001) 8079-8087.
- [5]. W.E. Lee, R.E. Moore, Evolution of in situ refractories in the 20th century, J. Am. Ceram. Soc. 81 [6] (1998) 1385–1410.
- [6]. G. Palmer, Designing and Failure of Monolithic Refractory Structures – Part 1, RA&N, 14 [3] (2009) 19-25.
- [7]. Sommers, A., Wang, Q., Han, X., T'Joel, C., Park, Y., Jacobi, A. Ceramics and ceramic matrix composites for heat exchangers in advanced thermal systems-A review (2010) Applied Thermal Engineering, 30 (11-12), pp. 1277-1291.
- [8]. Lasalvia, J.C., Campbell, J., Swab, J.J., McCauley, J.W. Beyond hardness: Ceramics and ceramic-based composites for protection (2010) JOM, 62 (1), pp. 16-23.
- [9]. Antolini, E. Composite materials: An emerging class of fuel cell catalyst supports (2010) Applied Catalysis B: Environmental, 100 (3-4), pp. 413-426.
- [10]. Ceramic Materials for Energy Applications - A Collection of Papers Presented at the 35th International Conference on Advanced Ceramics and Composites, ICACC (2011) Ceramic Engineering and Science Proceedings, 32 (9)
- [11]. Jackson, R.D. The role of modern composites and ceramics in clinical practice. (2011) Dentistry today, 30 (6), pp. 58-68.

- [12]. Bogue, R. Nanocomposites: A review of technology and applications (2011) *Assembly Automation*, 31 (2), pp. 106-112.
- [13]. Chen, W.-P., Han, M.-Y., Yang, S.-F. Research progress of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic composites (2011) *Cailiao Gongcheng/Journal of Materials Engineering*, (3), pp. 91-96.
- [14]. Rendtorff, N.M., Garrido, L.B., Aglietti, E.F. Thermal behavior of Mullite-Zirconia-Zircon composites. Influence of Zirconia phase transformation (2011) *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 104 (2), pp. 569-576.
- [15]. Rendtorff, N., Aglietti, E. Mechanical and thermal shock behavior of refractory materials for glass feeders (2010) *Materials Science and Engineering A*, 527 (16-17), pp. 3840-3847.
- [16]. Rendtorff, N.M., Garrido, L.B., Aglietti, E.F. Zirconia toughening of mullite-zirconia-zircon composites obtained by direct sintering (2010) *Ceramics International*, 36 (2), pp. 781-788.
- [17]. Rendtorff, N.M., Garrido, L.B., Aglietti, E.F. Mechanical and fracture properties of zircon-mullite composites obtained by direct sintering (2009) *Ceramics International*, 35 (7), pp. 2907-2913.
- [18]. Rendtorff, N.M., Garrido, L.B., Aglietti, E.F. Thermal shock resistance and fatigue of Zircon-Mullite composite materials (2011) *Ceramics International*, 37 (4), pp. 1427-1434.
- [19]. C. Suryanarayana, Mechanical alloying and milling, *Progress in Materials Science*, 46 (1-2) 2001, 1- 184.
- [20]. Morita, K., Hiraga, K., Kim, B.-N., Yoshida, H., Sakka, Y. Synthesis of dense nanocrystalline ZrO<sub>2</sub> – MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> spinel composite (2005) *Scripta Materialia*, 53 (9), pp. 1007-1012.
- [21]. Nicolas M. Rendtorff, Salvatore. Grasso, Chunfeng Hu, Gustavo Suarez, Esteban F. Aglietti, Yoshio Sakka. Dense Zircon (ZrSiO<sub>4</sub>) Ceramics by High Energy Ball Milling and Spark Plasma Sintering, *Ceramics international* (in press 2011) DOI:10.1016/j.ceramint.2011.10.001
- [22]. Nicolas M. Rendtorff, Salvatore. Grasso, Chunfeng Hu, Gustavo Suarez, Esteban F. Aglietti, Yoshio Sakka. Zircon-Zirconia (ZrSiO<sub>4</sub>-ZrO<sub>2</sub>) dense ceramic composites by Spark Plasma Sintering, *Journal of the European Ceramic Society*, (accepted for publication) (in press 2011). DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2011.10.021
- [23]. C. Semler, Overview of Refractory Properties, *RA&N*, 13 [4] (2008) 9-11.
- [24]. E. Yeugo-Fogaing, Y. Lorgouiloux, M. Huger, C. Gault, Young's modulus of zirconia at high temperature. *J Mater Sci Lett* 41 (2006) 7663-7668.
- [25]. P.M. Kelly, L.R.F. Rose, The martensitic transformation in ceramics-Its role in transformation toughening. *Prog. Mater. Sci.* (2000) 47:463.
- [26]. N. Claussen, M. Rühle, Design of transformation-toughened ceramics. *Advances in Ceramics*, 3 (1981) 137-163
- [27]. R. Garvie, R. Hannick, R. Pascoe, Ceramic Steel, *Nature*, 258 (1975) 703-704.
- [28]. M. Rühle, N. Claussen, A. H. Heuer, Transformation and Microcrack Toughening as Complementary Processes in ZrO<sub>2</sub> Toughened Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, *J. Am. Ceram. Soc.* 69 [3] (1986) 195-197.
- [29]. O. Quenard, C.H. Laurent, A. Peigney, A. Rousset, Zirconia-spinel composites. Part II: mechanical properties, *Mater. Res. Bull.* 35 (2000) 1979-1987.
- [30]. J. W. Hutchinson, Crack tip shielding by micro-cracking in brittle solids, *Acta Metall.* 35 (1987) 1605-1619.
- [31]. I. Ganesh, J.M.F. Ferreira, Synthesis and characterization of MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-ZrO<sub>2</sub> composites, *Ceramics International*, 35 [1] (2009) 259-264
- [32]. G. Duverre, E. Sertain, A. Rebert, Advantages of using high Zirconia refractories in lead crystal glass electric furnaces. *Glass Technology*, 34 [5] (1993) 181-186.

- [33]. Costa Oliveira, F.A., Cruz Fernandes, J. Mechanical and thermal behaviour of cordierite-zirconia composites *Ceramics International*, 28 [1] (2002) 79-91.
- [34]. D. Sarkar, S. Adak, M. C. Chu, S. J. Cho, N. K. Mitra, Influence of ZrO<sub>2</sub> on the thermo-mechanical response of nano-ZTA, *Ceramics International*, 33 [2] (2007) 255-261.
- [35]. M. Hamidouche, N. Bouaouadja, H. Osmani, R. Torrecillas, G. Fantozzi, Thermomechanical behaviour of Mullite-Zirconia composite, *Journal of the European Ceramic Society*, 16 [4] (1996) 441-445
- [36]. M. Hamidouche, N. Bouaouadja, R. Torrecillas, G. Fantozzi, Thermomechanical behavior of a Zircón-mullite composite, *Ceramics International*, 33 [4] (2007) 655-662.
- [37]. C. Baudin, Resistencia de los refractarios al choque térmico I. Aproximación termoelástica y criterio de balance energético, *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 32 [4] (1993) 237-244.
- [38]. C. Baudin, Resistencia de los refractarios al choque térmico II: teoría unificada de Hasselman. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 32 [5] (1993) 293-298.
- [39]. B. Cotterel, W. O. Sze, Q. Caidong, Thermal shock and size effects in castable refractories, *Journal of the American Ceramic Society*. 78 [8] (1995) 2056-2064.
- [40]. M. Boussuge, Investigation of the thermomechanical properties of industrial refractories: The French programme PROMETHEREF. *Journal of Materials Science*. 43 [12] (2008) 4069-4078.
- [41]. C. A. Schacht, Thermomechanical behavior of refractories. *Key Engineering Materials*, 88 (1993) 193-218.
- [42]. E. Nonnet, N. Lequeux, P. Boch, Elastic properties of high alumina cement castables from room temperature to 1600°C. *Journal of the European Ceramic Society*. 19 (1999) 1575-1583.
- [43]. M. Huger, D. Fargeot and C. Gault, High-temperature measurement of ultrasonic wave velocity in refractory materials, *High Temp. High Press*. 34 (2002) 193-201.
- [44]. D. L. Bish, S. J. Howard, Quantitative phase analysis using the Rietveld method. *Journal of Applied Crystallography*, 21 (1998) 86-91.
- [45]. Richard C. Bradt, Elastic Properties of Refractories: Their Roles in Characterization, *RA&N*, 12 [3] (2007) 11-26.
- [46]. T. Nose, T. Fuji, Evaluation of Fracture Toughness for Ceramic Materials by a Single-Edge-Pre-cracked-Beam Method, *Journal of American Ceramic Society*, 71 [5], 1988, pp. 328-333.
- [47]. E. Semler, Thermal Shock Testing of Refractories - Revisited: Part 1, *C. RA&N*, 13 [1] (2008) 18-22.
- [48]. N. M. Rendtorff, E.F. Aglietti Título del Capítulo: Thermal shock resistance (TSR) and thermal fatigue resistance (TFR) of refractory materials; evaluation based on the dynamic elastic modulus. Título del Libro: Volume: "Thermal stress resistance, experimental methods". Co editor: Professor, A. G. Lanin Book: *Encyclopedia of Thermal Stresses*, Edited by Professor Richard Hetnarski. Editorial: Springer, Alemania. (2011) (in press). <http://refworks.springer.com/mrw/index.php>

---

**Condiciones de la presentación:**

- A. El Informe Científico deberá presentarse dentro de una carpeta, con la documentación abrochada y en cuyo rótulo figure el Apellido y Nombre del Investigador, la que deberá incluir:
- Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 21).
  - Las copias de publicaciones y toda otra documentación respaldatoria, en otra carpeta o caja, en cuyo rótulo se consignará el apellido y nombres del investigador y la leyenda "Informe Científico Período ....."
  - Informe del Director de tareas (en los casos que corresponda), en sobre cerrado.
- B. Envío por correo electrónico:
- Se deberá remitir por correo electrónico a la siguiente dirección: [ininvest@cic.gba.gov.ar](mailto:ininvest@cic.gba.gov.ar) (puntos 1 al 21), en formato .doc zipeado, configurado para papel A-4 y libre de virus.
  - En el mismo correo electrónico referido en el punto a), se deberá incluir como un segundo documento un currículum resumido (no más de dos páginas A4), consignando apellido y nombres, disciplina de investigación, trabajos publicados en el período informado (con las direcciones de Internet de las respectivas revistas) y un resumen del proyecto de investigación en no más de 250 palabras, incluyendo palabras clave.

---

**Nota:** El Investigador que desee ser considerado a los fines de una promoción, deberá solicitarlo en el formulario correspondiente, en los períodos que se establezcan en los cronogramas anuales.