



EFECTO DEL CONTENIDO DE FIBRA Y DEL RADIO DE ENTALLA EN POLIAMIDA 6 REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO CORTA

II Encuentro Internacional de Doctorado en Ingeniería Civil

Santander, 18 de Mayo de 2016

Programa de Doctorado en Ingeniería Civil

FRANCISCO TOMÁS IBÁÑEZ GUTIÉRREZ

PERFIL Y COMPETENCIAS

Este programa de doctorado está diseñado para formar investigadores en el ámbito de la Ingeniería Civil.

Las competencias que se adquieren en este programa de doctorado son las siguientes:

- Comprensión sistemática de un campo de estudio y dominio de las habilidades y métodos de investigación relacionados con dicho campo.
- Capacidad de concebir, diseñar o crear, poner en práctica y adoptar un proceso sustancial de investigación o creación.
- Capacidad para contribuir a la ampliación de las fronteras del conocimiento a través de una investigación original.
- Capacidad de realizar un análisis crítico y de evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas.
- Capacidad de comunicación con la comunidad académica y científica y con la sociedad en general acerca de sus ámbitos de conocimiento en los modos e idiomas de uso habitual en su comunidad científica internacional.
- Capacidad de fomentar, en contextos académicos y profesionales, el avance científico, tecnológico, social, artístico o cultural dentro de una sociedad basada en el conocimiento.

El programa aporta estas otras capacidades y destrezas:

- Desenvolverse en contextos en los que hay poca información específica.
- Encontrar las preguntas claves que hay que responder para resolver un problema complejo.
- Diseñar, crear, desarrollar y emprender proyectos novedosos e innovadores en su ámbito de conocimiento.
- Trabajar tanto en equipo como de manera autónoma en un contexto internacional o multidisciplinar.
- Integrar conocimientos, enfrentarse a la complejidad y formular juicios con información limitada.
- La crítica y defensa intelectual de soluciones.

PERFIL Y COMPETENCIAS

DESARROLLO PROFESIONAL Y PERSONAL:

El desarrollo profesional se adquiere en este programa de doctorado con actividades:

➤ FORMACIÓN CONTINUA EN AMBIENTE LABORAL

- Cursos de desarrollo profesional que mejoran las habilidades y competencias de negociación y gestión

- Cursos de desarrollo profesional que mejoran las habilidades y competencias de negociación y gestión

➤ TRABAJO EN EQUIPO

- Cursos de desarrollo profesional que mejoran las habilidades y competencias de negociación y gestión

- Cursos de desarrollo profesional que mejoran las habilidades y competencias de negociación y gestión

➤ GESTIÓN DE PROYECTOS

- Cursos de desarrollo profesional que mejoran las habilidades y competencias de negociación y gestión

➤ ESPÍRITU EMPRESARIAL

➤ ÉTICA

- Cursos de desarrollo profesional que mejoran las habilidades y competencias de negociación y gestión

- Cursos de desarrollo profesional que mejoran las habilidades y competencias de negociación y gestión

➤ INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

- Cursos de desarrollo profesional que mejoran las habilidades y competencias de negociación y gestión

➤ COMUNICACIÓN E INTERACCIÓN CON EMPRESAS, CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y LA SOCIEDAD EN

- Cursos de desarrollo profesional que mejoran las habilidades y competencias de negociación y gestión

- Cursos de desarrollo profesional que mejoran las habilidades y competencias de negociación y gestión

GENERAL

DOCTORADO



¿Dónde y con quién?

GRUPOS DE I+D+i	INSTITUTOS DE INVESTIGACIÓN	DEPARTAMENTOS	FINANCIACIÓN CAPTADA EN 2014
157	4	32	17 M€

10. U-Ranking de Investigación

La siguiente clasificación recoge los resultados de

Ranking	Índice	Universidad
1	1,9	Universitat Autònoma de Barcelona
2	1,7	Universitat Pompeu Fabra
3	1,5	Universidad Autónoma de Madrid
3	1,5	Universitat de Barcelona
4	1,4	Universidad de Cantabria
4	1,4	Universitat Politècnica de Catalunya
5	1,3	Universidad Carlos III

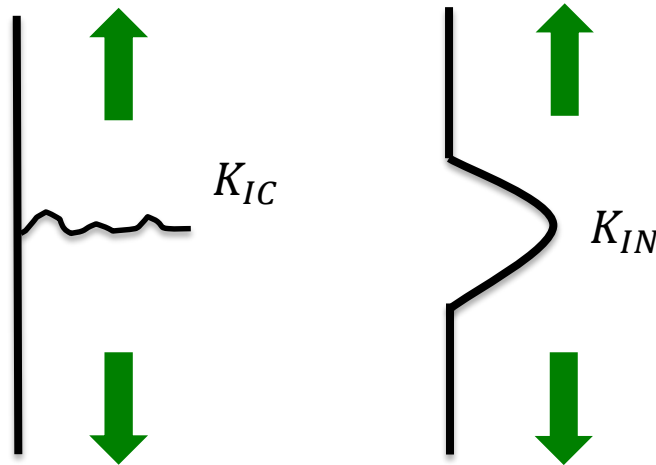


Tutor: **Sergio Cicero**

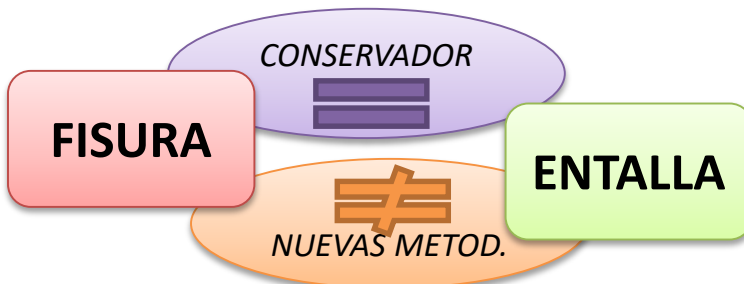
- Doctor Ing. Caminos 2007
- Director Área Investigación UC
- 3 Tesis ya dirigidas (1 Premio Extraordinario)
- Índice H-9

¿QUÉ ES EL EFECTO ENTALLA?

- Una entalla es un defecto con un **RADIO FINITO** en el fondo.



$$K_{IN} > K_{IC}$$



TEORÍA DE ENTALLAS

- **CRITERIO FRACTURA GLOBAL:**
FRACTURA $K^P = K_p^C$
 - Falta de soluciones para K^P
 - Determinación experimental de K_p^C
- **CRITERIOS FRACTURA LOCALES:**
Basados campo de tensiones fondo entalla
 - Método del Punto (PM)
 - Método de la Línea (LM)

TDC

¿QUÉ ES LA TEORÍA DE LAS DISTANCIAS CRÍTICAS?

- La **TDC** es un conjunto de metodologías en las evaluaciones en rotura que emplean un parámetro característico del material con unidades de longitud.
- **PARÁMETROS**
 - DISTANCIA CRÍTICA L
 - TENSIÓN INHERENTE σ_0

$$L = \frac{1}{\pi} \cdot \left(\frac{K_{IC}}{\sigma_0} \right)^2$$

CONDICIÓN DE ROTURA

$$K_I = K_{IN}$$

$$K_{IN} = K_{IC} \cdot f(\rho, L)$$

$$f(\rho, L) = \sqrt{1 + \frac{\rho}{4L}}$$

**METODO
DE LA LÍNEA**

- ✓ *Analizar todo tipo de defectos.*
- ✓ *Sencilla aplicación.*

Efecto entalla ya estudiado en...

- ✓ Cerámicos
- ✓ Vidrio de sílice
- ✓ Alúmina
- ✓ PMMA
- ✓ Al7075-T651
- ✓ Aceros: S275JR, S355J2, S460M y S690Q
- ✓ Granito y caliza

... Y, ¿en compuestos?

- **TDC** utilizada en compuestos para predecir **cargas de rotura**



Analizar el **efecto del radio de entalla y del contenido de fibra en SGFR-PA6**

Validar la aplicación de la **TDC en SGFR-PA6**

Estudiar la **evolución de los micromecanismos de fractura al aumentar el radio de entalla**

MATERIAL

POLIAMIDA 6 REFORZADA FIBRA DE VIDRIO CORTA

PA6 + FIBRA DE VIDRIO CORTA E:
SGFR-PA6

- DUREZA
- RESISTENCIA
- TENACIDAD
- VIDA A FATIGA
- TEMPERATURA DE SERVICIO
- RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

PRINCIPALES APLICACIONES

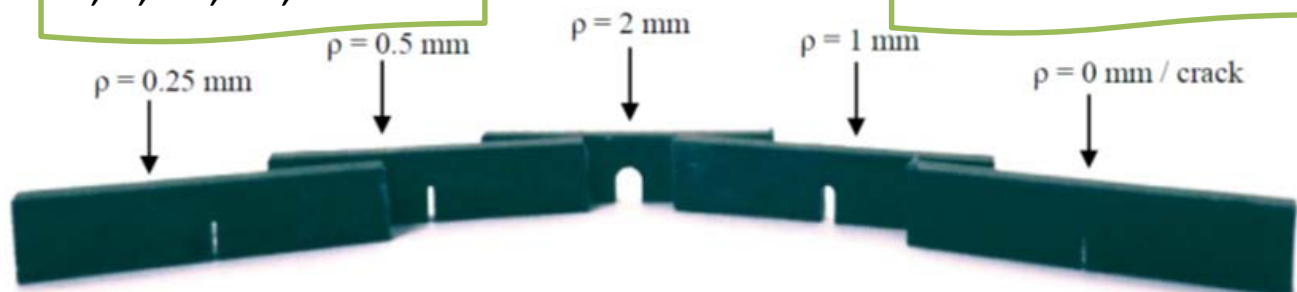
- SUSTITUCIÓN DE PARTES METÁLICAS EN COMPONENTES ESTRUCTURALES:
INDUSTRIA DEL AUTOMÓVIL Y FERROVIARIA

5 CONTENIDOS DE FIBRA

0, 5, 10, 30, 50 wt %

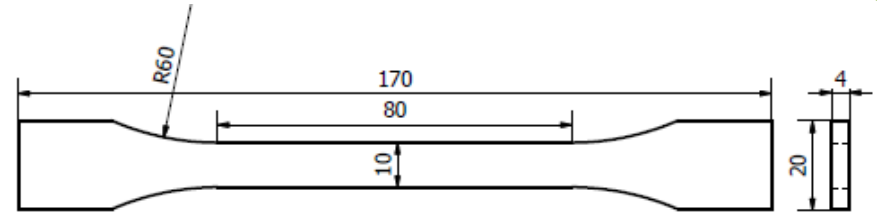
5 RADIOS DE ENTALLA

0, 0.25, 0.5, 1, 2 mm



135 PROBETAS DE TRACCIÓN:

- MOLDEO POR INYECCIÓN
- FIBRAS ORIENTADAS LONGITUDINALMENTE
- SECAS



ENSAYO DE TRACCIÓN

ASTM D638

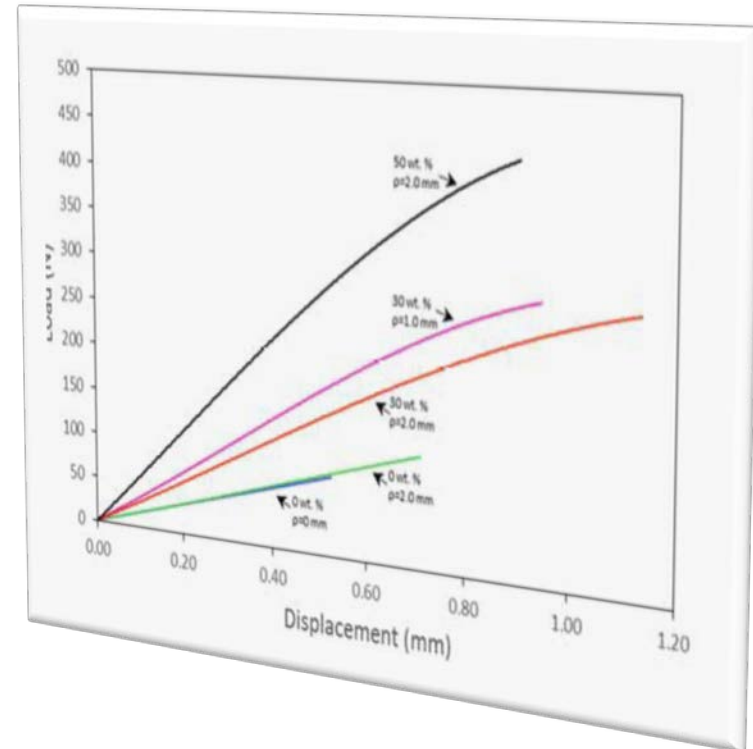
10 PROBETAS
2 POR CONTENIDO DE FIBRA

E

$\sigma_{0.2}$

σ_U

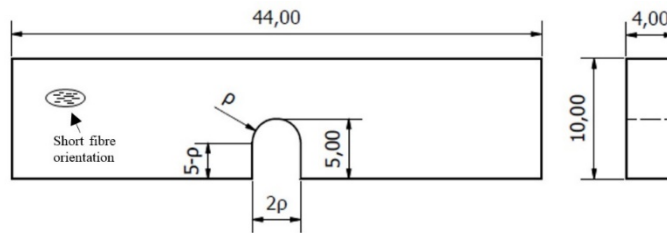
e_{max}



ENSAYO DE FLEXIÓN 3 PUNTOS

ASTM D5045

5 PROBETAS POR COMBINACIÓN DE RADIO
DE ENTALLA Y CONTENIDO EN FIBRA:
125 PROBETAS



P_{MAX}



K_{IN}

$$K_{IN} = \left(\frac{P_{max}}{B \cdot W^{1/2}} \right) 6 \left(\frac{a}{W} \right)^{1/2} \left(\frac{1.99 - \left(\frac{a}{W} \right) \left(1 - \frac{a}{W} \right) \left(2.15 - 3.93 \left(\frac{a}{W} \right) + 2 \left(\frac{a}{W} \right)^2 \right)}{\left(1 + 2 \left(\frac{a}{W} \right) \right) \left(1 - \frac{a}{W} \right)^{3/2}} \right)$$



ANÁLISIS SEM

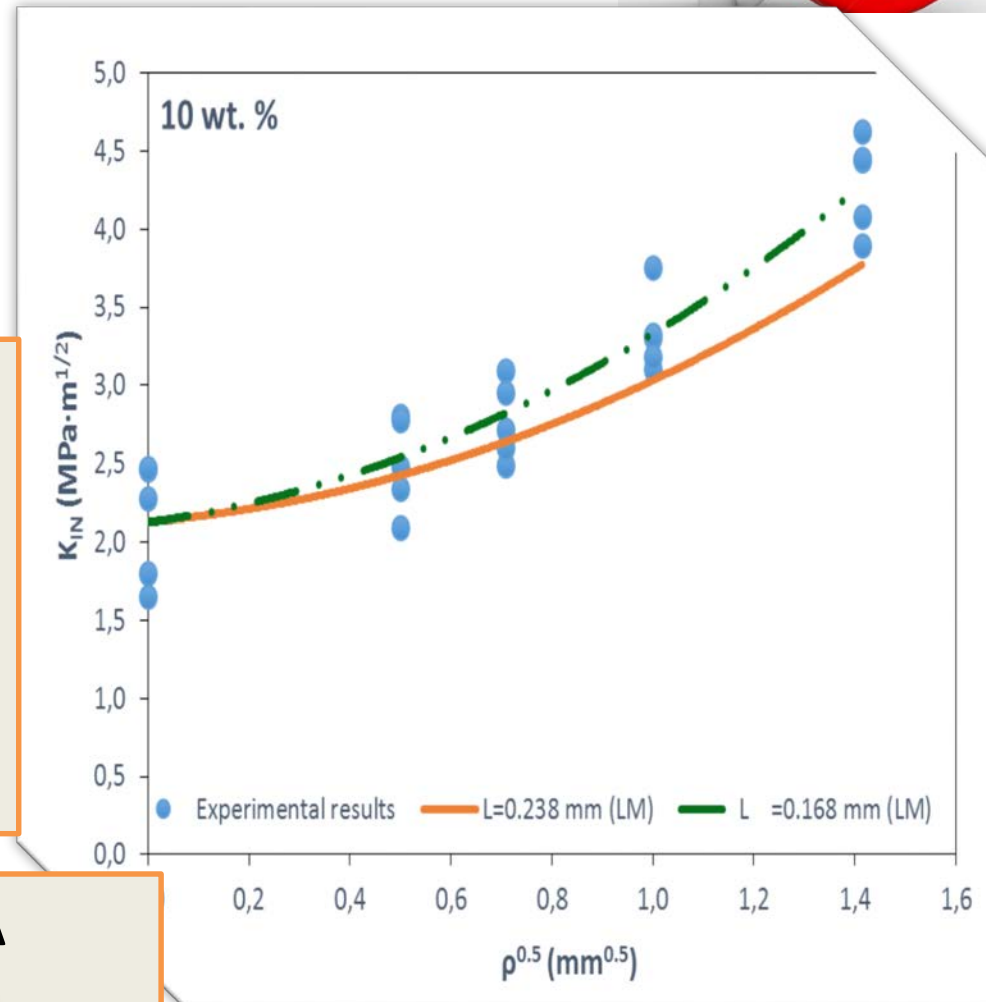
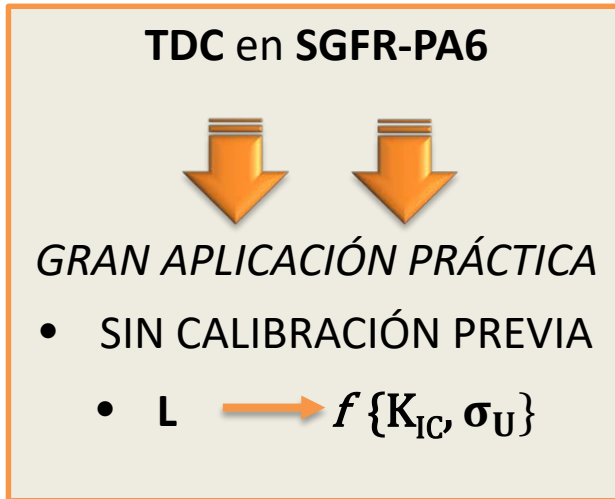
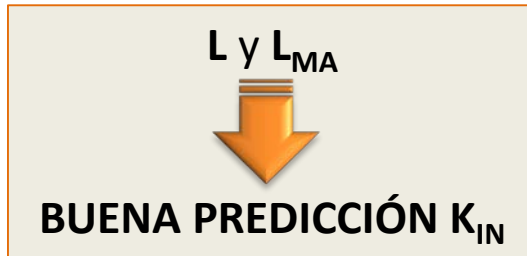


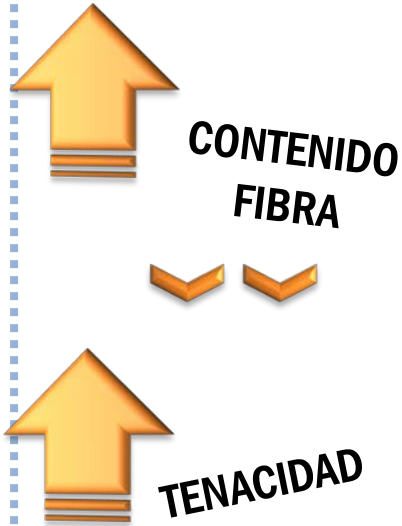
ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LOS MICROMECHANISMOS DE FRACTURA

- ✓ Efecto en un mismo radio de entalla al variar el contenido en fibra
- ✓ Efecto en un mismo contenido de fibra al variar el radio de entalla
- ✓ Buscar explicación a resultados dispares de mismo radio y contenido

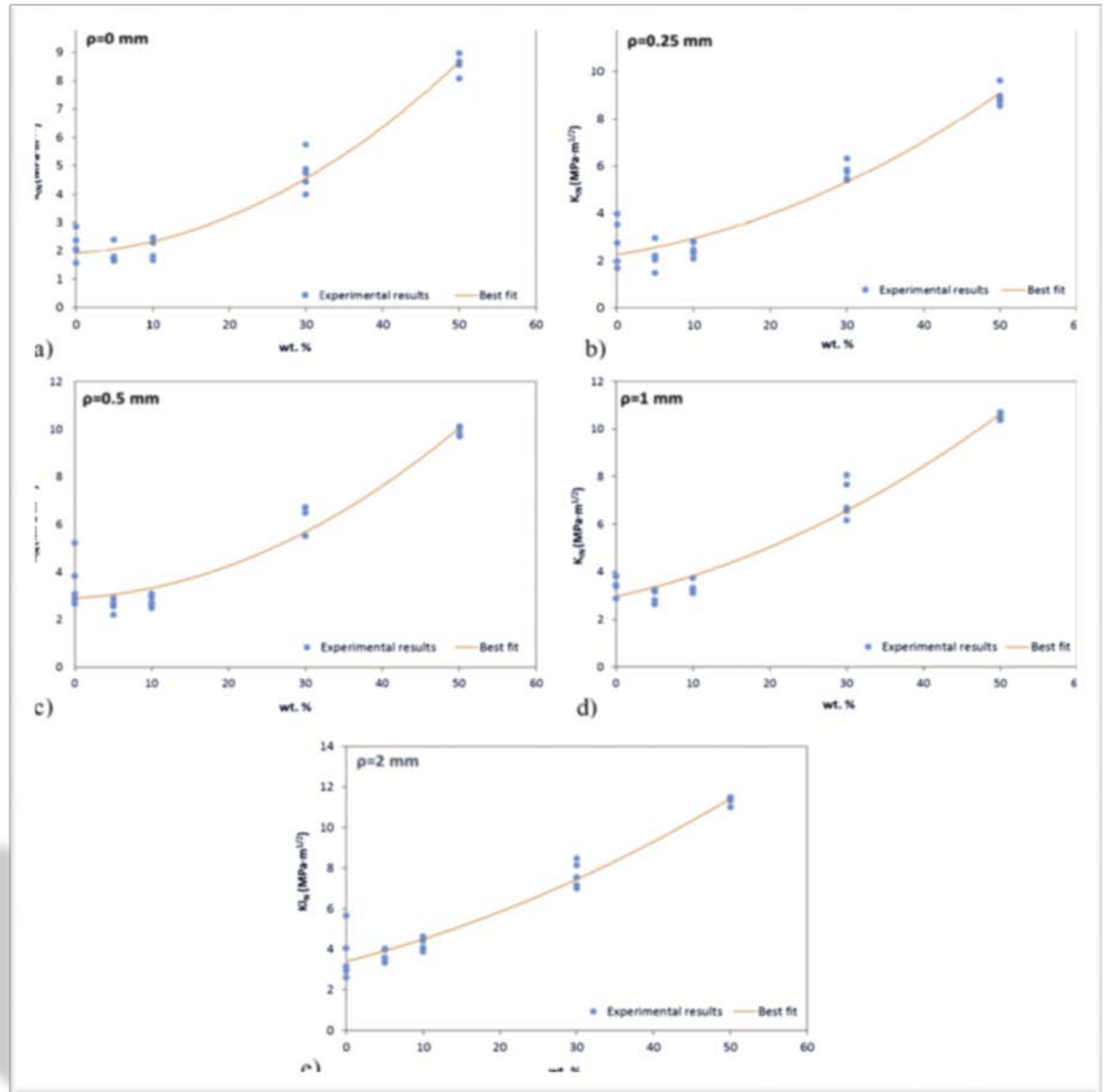


MÉTODO DE LA LÍNEA:



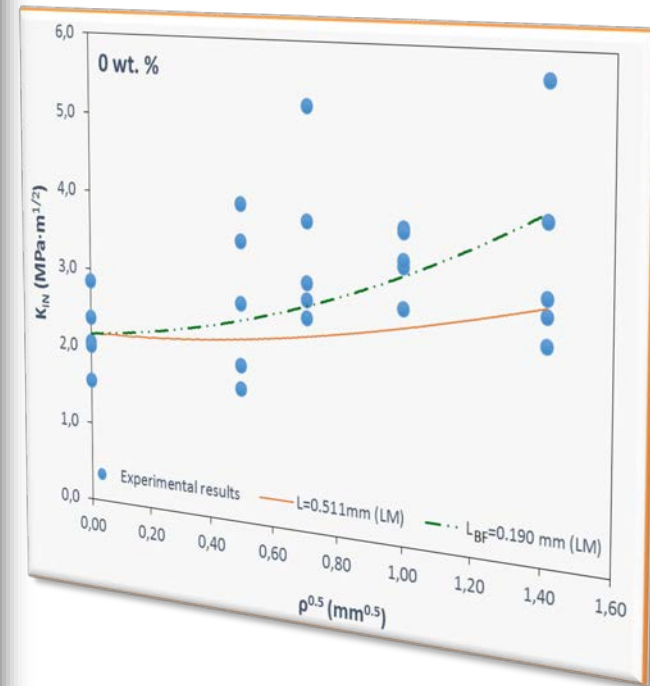


**Despreciable en contenidos bajos*



1- Análisis dispersión datos probetas menor contenido fibra

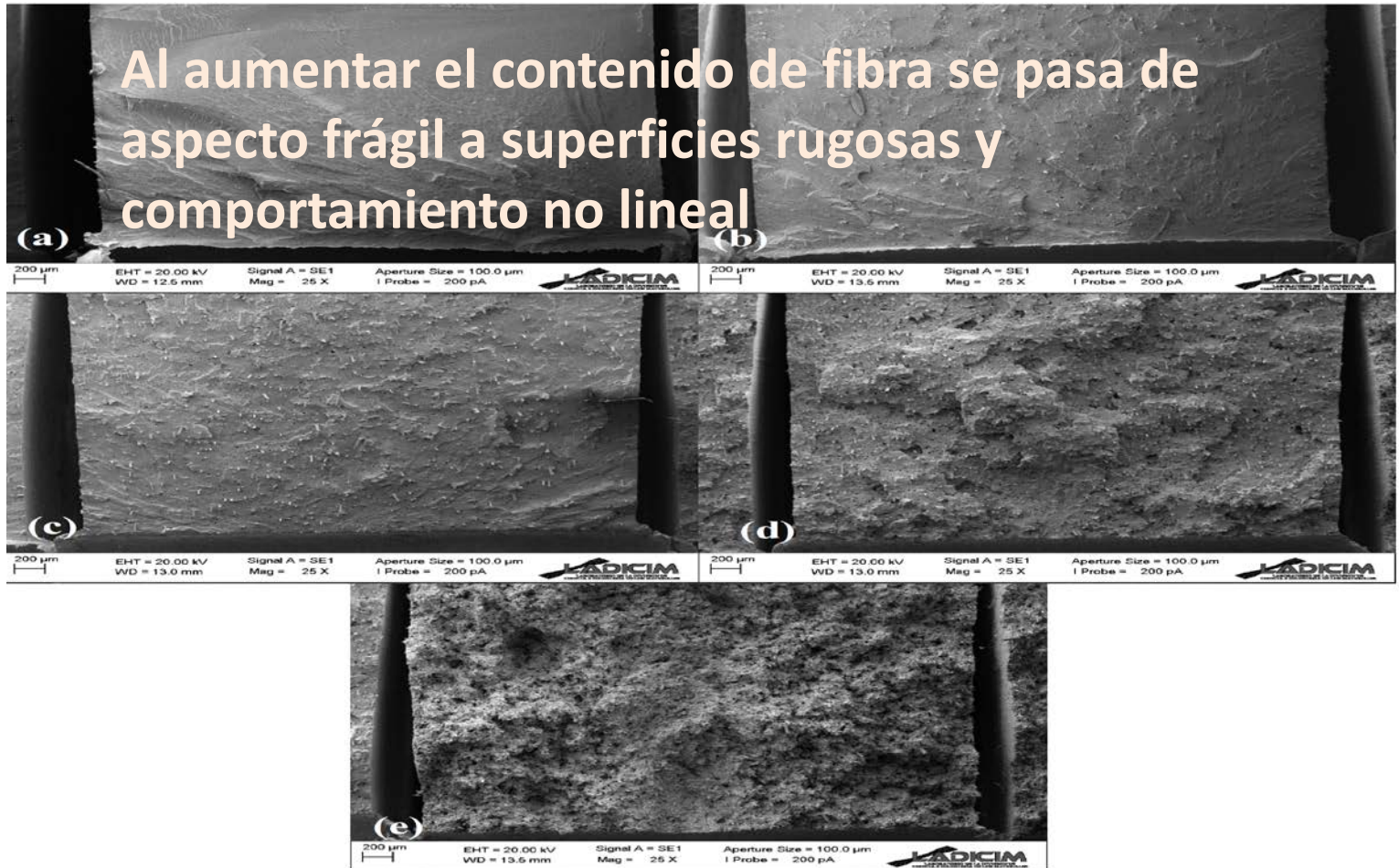
0 wt. %; 0.25 mm



2- Análisis de la evolución del contenido de fibra

0, 5, 10, 30, 50 wt. %; 0.5 mm

Al aumentar el contenido de fibra se pasa de aspecto frágil a superficies rugosas y comportamiento no lineal





Se ha **observado** un claro **EFFECTO ENTALLA** en **SGFR-PA6**:
+ RADIO DE ENTALLA → + RESISTENCIA A FRACTURA

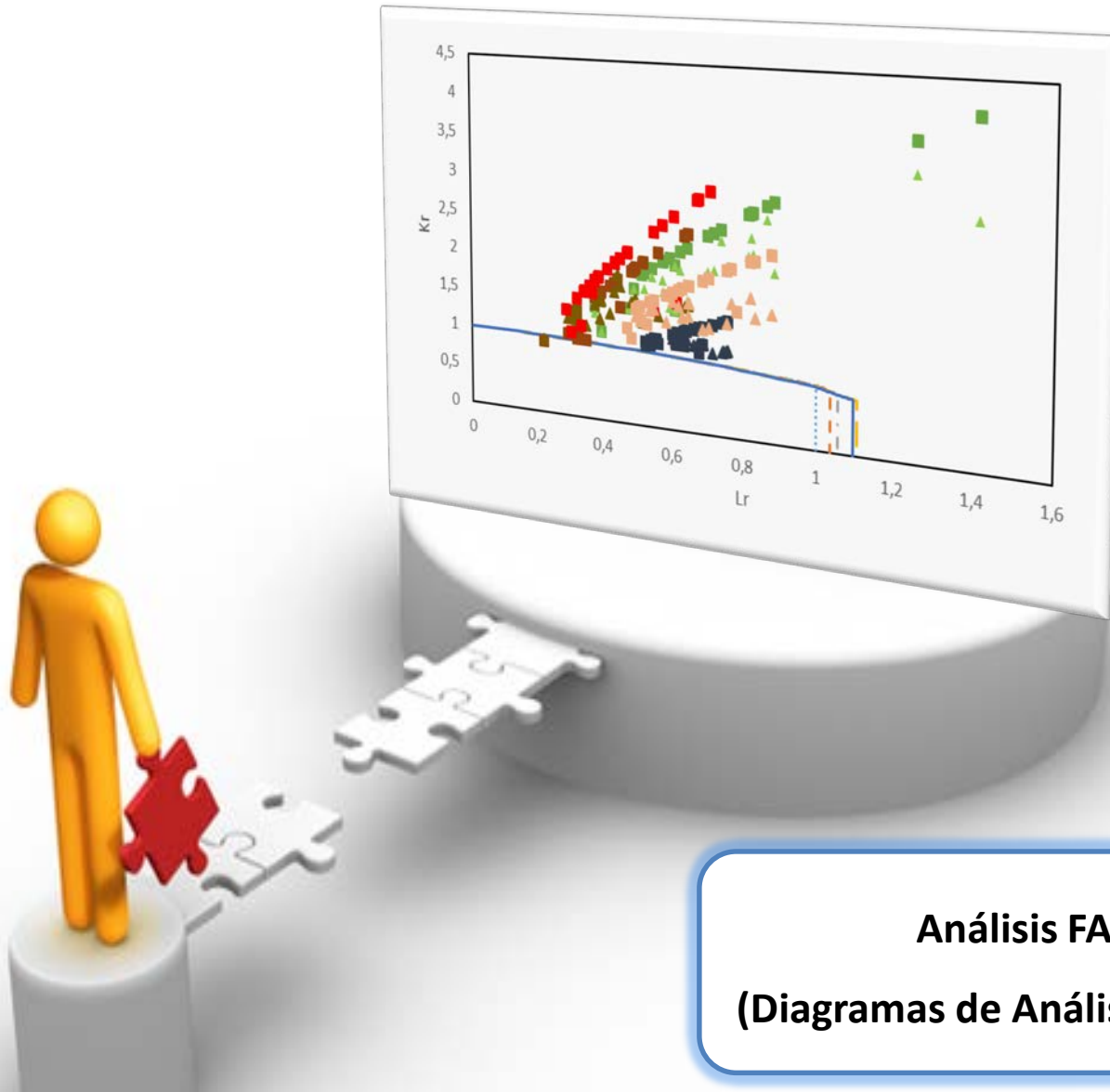
Validación aplicación **TEORÍA DE LAS DISTANCIAS CRÍTICAS** en **SGFR-PA6**:
Predicción del efecto entalla con el **MÉTODO DE LA LÍNEA**: sencilla y precisa

TENACIDAD APARENTE A FRACTURA



MICROMECHANISMOS DE FRACTURA





Análisis FAD
(Diagramas de Análisis de Fallo)

TRANSMITIR LA INVESTIGACIÓN



Contents lists available at ScienceDirect

Composites Part B

journal homepage: www.elsevier.com/locate/compositesb



Review article

Effect of fibre content and notch radius in the fracture behaviour of short glass fibre reinforced polyamide 6: An approach from the Theory of Critical Distances



F.T. Ibáñez-Gutiérrez*, S. Cicero, I.A. Carrascal, I. Procopio

LADICIM (Laboratory of Materials Science and Engineering), University of Cantabria, E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Av/ Los Castros 44, 39005, Santander, Cantabria, Spain

Anales de Mecánica de la Fractura 33, 2016

ANÁLISIS DEL EFECTO ENTALLA EN POLIAMIDA 6 REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO CORTA

F.T. Ibáñez*, S. Cicero, I.A. Carrascal

¹Dpto. de Ciencia e Ingeniería del Terreno y de los Materiales (Universidad de Cantabria)
Av. Los Castros, 44, 39005 Santander, Cantabria, España
*E-mail: ibanezft@unican.es

ECCM17 - 17th European Conference on Composite Materials
Munich, Germany, 26-30th June 2016

**ANALYSIS OF NOTCH EFFECT IN SHORT GLASS FIBRE
REINFORCED POLYAMIDE 6**

F.T. Ibáñez-Gutiérrez¹, S. Cicero¹ and I.A. Carrascal¹

¹ LADICIM (Laboratory of Materials Science and Engineering), University of Cantabria,
E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Av/ Los Castros 44, 39005,
Santander, Cantabria, Spain
Email: ibanezft@unican.es, Web Page: <http://www.ladicim.unican.es>



¡MUCHAS GRACIAS!



Francisco Tomás Ibáñez Gutiérrez



ibanezft@unican.es



www.ladicim.unican.es www.unican.es

AGRADECIMIENTOS



PROYECTO MAT2014-58443-P

“Análisis del comportamiento en fractura de componentes estructurales con defectos en condiciones de bajo confinamiento tensional”