

UNA NUEVA FORMULACIÓN MULTI-ESCALA VARIACIONALMENTE CONSISTENTE PARA MATERIALES SUJETOS A FALLA Y FRACTURA

Sebastián Toro^a, Pablo J. Sánchez^b, Pablo J. Blanco^c, Raúl Feijóo^c, Sebastián M. Giusti^d
y Alfredo Huespe^b

^aGIMNI-UTN-FRSF, Lavaisse 610, 3000 Santa Fe, Argentina, storo@intec.unl.edu.ar,

^bCIMEC-INTEC-UNL, Güemes 3450, 3000 Santa Fe, Argentina, psanchez@intec.unl.edu.ar,
ahuespe@intec.unl.edu.ar, www.cimec.org.ar

^cLncc-Inct Macc, Brasil, pjblanco@lncc.br

^dUniversidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Departamento Ing. Civil –
CONICET. Maestro M. Lopez y Cruz Roja Argentina, Ciudad Universitaria, 5016 Córdoba,
Argentina. sgiusti@civil.frc.utn.edu.ar, <http://www.frc.utn.edu.ar>

Resumen. En este trabajo se presentan las bases teóricas de una nueva formulación multi-escala especialmente diseñada para obtener la respuesta mecánica de sólidos heterogéneos con ablandamiento. El objetivo básico es desarrollar una formulación constitutiva multi-escala variacionalmente consistente para ser aplicada en la predicción de falla y fractura de materiales heterogéneos, en donde la meso o micro-estructura juega un papel preponderante en la determinación de la falla material a nivel macro-estructural.

En la formulación multi-escala propuesta se consideran dos problemas de valores de contorno mecánicos acoplados a diferentes escalas de longitud: una macro-escala, o escala gruesa, y otra micro-escala, o escala fina. A nivel de la escala micro, se asume un comportamiento constitutivo con ablandamiento material para los componentes micro-estructurales. A nivel de la escala macro, el sólido inicialmente continuo puede nuclear en una fisura cohesiva como producto de la evolución y acumulación de mecanismos de falla a nivel micro-estructural. De esta forma cada punto de la escala macro queda vinculado a un EVR (Elemento de Volumen Representativo), y su respuesta constitutiva surge de una homogeneización consistente sobre el campo de tensiones micro-mecánico, el cual a su vez depende de la evolución de la degradación material de la micro-estructura en el EVR.

La aplicación directa de formulaciones multi-escalas clásicas en el contexto de materiales que ablandan, es decir, que permiten localización de deformaciones, tiene el inconveniente que la medida del EVR (dimensiones mínimas para la cual la respuesta homogeneizada es independiente del tamaño de la micro-celda escogida) durante el proceso estable del material macro, deja de tener sentido durante el proceso inestable. La formulación que se propone brinda una solución a esta deficiencia mediante la definición de nuevas hipótesis cinemáticas, que incluyen la incorporación de un criterio específico de distribución de la deformación macro en el EVR y de un procedimiento adicional de homogeneización de las deformaciones micro. Como consecuencia de estas hipótesis y de la introducción del principio de equivalencia energética de Hill-Mandel, surge naturalmente de la formulación: (i) un procedimiento consistente para homogeneizar tensiones y (ii) el tipo de problema variacional de equilibrio a resolver en la micro-escala. Se presentan ejemplos numéricos simples para validar la formulación.