

## SOLUCIONES ENERGÉTICAS DE UN MODELO GRADIENTE DE DAÑO CON DISIPACIÓN DEPENDIENTE DEL ESTADO

### ENERGETIC SOLUTIONS OF A GRADIENT DAMAGE MODEL WITH STATE DEPENDENT DISSIPATION

Mariela Luege<sup>a</sup>, Antonio Orlando<sup>b</sup>, Miguel X. Rodríguez<sup>c</sup>

<sup>a</sup>CONICET, Instituto de Estructuras 'Ing. Arturo M. Guzmán', FACET, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, [mluege@herrera.unt.edu.ar](mailto:mluege@herrera.unt.edu.ar)

<sup>b</sup>CONICET, Departamento de Bioingeniería, FACET, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, [aorlando@herrera.unt.edu.ar](mailto:aorlando@herrera.unt.edu.ar)

<sup>c</sup> Departamento de Diseño, Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela de Diseño, Ingeniería y Arquitectura, Campus Puebla, Tecnológico de Monterrey, México, [rodriguez.miguel@itesm.mx](mailto:rodriguez.miguel@itesm.mx)

**Palabras clave:** Modelo gradiente de daño. Formulación energética. Procesos rate-independent.

**Resumen.** La formulación energética provee un marco general para la modelación, análisis y simulación numérica de procesos independientes de la velocidad que pueden experimentar, discontinuidades en tiempo y espacio, y concentración de deformaciones. En este trabajo se introduce la formulación energética de un modelo gradiente de daño independiente de la velocidad con disipación dependiente del estado y se propone un algoritmo computacional para su tratamiento numérico. En la presente teoría, las ecuaciones de evolución del sistema están caracterizadas por dos principios energéticos: la condición de estabilidad global y el balance energético entre las energías disipada y potencial, conjuntamente al potencial de las fuerzas externas. Introduciendo primeramente la minimización del problema incremental, consistente con la formulación energética, se deriva una versión discreta de la condición de estabilidad y se establecen límites energéticos 'a-priori' inferior y superior verificados por las soluciones de la formulación energética. Ambos resultados son fundamentales para el diseño de estrategias numéricas.

**Keywords:** Gradient damage model. Energetic formulation. Rate-independent processes.

**Abstract.** The energetic formulation provides a general framework for the modelling, analysis and numerical simulation of rate-independent processes which experience discontinuities in time and in space, and strain concentrations. This work presents the energetic formulation of a rate independent gradient damage model with state dependent dissipation and proposes a consistent computational scheme for its numerical solution. The energetic formulation defines the system evolution as a result of two energetic principles: the global stability condition and the energetic balance between dissipated and potential energies together with the power of external forces. Introducing first the minimization of the incremental problem, a discrete version of the stability condition is derived and energetic bounds established. Such estimates are fundamental for the design of the numerical strategy.