

Capítulo 7

Módulo Mixto Iniciación-Propagación

El Módulo Mixto viene a ser el mayor triunfo de *Fretting Fatigue*, en tanto que los anteriores módulos fueron desarrollados como pasos intermedios hasta alcanzar un objetivo: el presente módulo.

De hecho, si se revisa el procedimiento del método que implementa este módulo, puede intuirse que el trabajo estaba prácticamente hecho antes de empezar: si existe una aplicación que permite evaluar el criterio de iniciación a lo largo de una serie de puntos (Módulo de Iniciación), y otra que hace lo propio con la ley de crecimiento (Módulo de Propagación), tan sólo hay que desarrollar el control que pase de una a otra la información.

En realidad no es tan sencillo, pero con leves modificaciones puede adaptarse la programación desarrollada para que funcione de forma adecuada. Sin embargo, y para que pueda presumirse de este módulo, hay que dotarlo de una posibilidad que no se disponía en los anteriores: el tratamiento masivo de información. En las anteriores ocasiones se partía de un fichero para una única configuración del ensayo a calcular, aquí se pretende que el fichero conlleve varias configuraciones que puedan calcularse de forma independiente y automática pero a un mismo tiempo, sin intervención alguna del usuario.

7.1 Funcionalidad del módulo

El Módulo Mixto permite obtener la predicción de vida de acuerdo al método combinado de Iniciación-Propagación, desarrollado en el documento Memoria. Según dicho método, el crecimiento de una grieta puede separarse en dos fenómenos: uno de iniciación y otro de crecimiento, dominando siempre uno sobre el otro.

Por tanto, para una serie de puntos que pertenezcan a una recta, se tendrá en igual medida dos datos relevantes: un número de ciclos a iniciación y otro a propagación (para cada punto). La combinación de ambos proporciona una vida total del componente en el que aparece la grieta.

7.1.1 Funcionamiento con fichero de Datos Iniciales

A pesar de las ventajas del tratamiento masivo de información, no podía dejarse a un lado la forma de trabajar utilizada hasta aquí. El módulo admite un fichero de Datos Iniciales en las mismas condiciones que los anteriores para aplicarle el método implementado.

7.1.2 Funcionamiento con fichero de Datos de Ensayos

Se presenta como novedad el hecho de que este módulo pueda funcionar a partir de un fichero que contenga información de varios ensayos; es decir, varias configuraciones de carga, material, geometría y variables de ensayo.

El fichero de Datos de Ensayo es un fichero de texto tabulado que contiene información agrupada en campos de forma ordenada. Cada campo está separado por tabulaciones, de forma que el fichero pueda abrirse desde otra aplicación más eficiente para el tratamiento de esta clase de archivos. En particular, Microsoft Excel permite manipular dicho fichero y mantener este formato, así la tarea de añadir ensayos o modificarlos se hace mucho más simple.

La información de cada ensayo queda recogida en una línea del fichero (sin contar la primera que hace de encabezado); los campos deben mantener el orden que se establece a continuación:

- Nombre de Ensayo: identificador del ensayo, se recomienda usar una numeración automática.
- Material: identificador del material, hasta la versión 1.1 no tiene importancia, pero está previsto que permita la búsqueda en una base de datos de material.
- Límite elástico (LE)
- Límite de rotura (LR)
- Límite de fatiga (LF)
- Coeficiente de endurecimiento por fatiga (σ_f')
- Exponente de endurecimiento por fatiga (b)
- Coeficiente de Paris (c)
- Exponente de Paris (n)
- Factor de Intensidad de Tensiones Umbral (K_{th})
- Factor de transición (f): toma un valor usual de 2.50.
- Tamaño de grano típico (D)
- Radio del cuerpo esférico (R)
- Módulo de Young (E)
- Coeficiente de Poisson (ν)
- Coeficiente de rozamiento (μ)
- Carga normal (P)

- Carga tangencial (Q)
- Tensión axial (σ_a)
- Longitud final de grieta (a_f): hace referencia a la profundidad máxima permitida para una grieta.
- Espesor de probeta (w): es la dimensión del cuerpo plano en la dirección de la profundidad.

La vista de un fichero de Datos de Ensayo desde Microsoft Excel se muestra en la figura 7.1; observe que las columnas están perfectamente delimitadas y ofrece un aspecto mucho más atractivo que abrir el fichero con el Bloc de Notas (figura 7.2). Para que la aplicación pueda tener acceso a los datos contenidos en este fichero debe tenerse especial cuidado en el formato del archivo manipulado desde Excel, debe ser “texto separado por tabulaciones”; la figura 7.3 muestra la configuración adecuada.

Ensayo	Material	LE[MPa]	LR[MPa]	LF[MPa]	sf[MPa]	b	c	n	dkth[MPa m ^{0.5}]	f	D[micras]	R(m)	E(GPa)	nu	mu	P(N)	Q(N)	Sa
1	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1.25	230	117	8:
2	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1	230	109	8:
3	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	0.65	230	121	8:
4	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1.25	230	127	11
5	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1	230	122	11
6	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1	230	127	11
7	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	0.65	230	120	1
8	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1.25	120	67	1
9	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1	120	65	11
10	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	0.65	120	64	11
11	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1.25	70	29	1
12	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1	70	36	11
13	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	0.65	70	36	11
14	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1.25	420	207	6:
15	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1	420	177	6:
16	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	0.65	420	186	6:
17	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1.25	120	59.7	8:
18	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1	120	55.5	8:
19	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	0.65	120	61	8:
20	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1.25	230	119.5	6:
21	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1	230	119.5	6:
22	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	0.65	230	122.5	6:
23	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1.25	120	62.5	6:
24	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1	120	57	6:
25	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	0.65	120	55	6:
26	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1.25	420	213	8:
27	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1	420	205	8:
28	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	0.65	420	211	8:
29	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1.25	420	197	6:
30	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1	420	212	5:
31	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	0.65	420	219	5:
32	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35	0.10	71	0.3	1.25	340	165	5:

Figura 7.1: Fichero de Datos de Ensayo desde Excel.

Ensayo	Material	LE [MPa]	LR [MPa]	LF [MPa]	sf [MPa]	b	c	n	dkth [MPa m ^{0.5}]	f	D [micras]
1	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
2	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
3	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
4	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
5	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
6	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
7	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
8	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
9	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
10	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
11	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
12	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
13	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
14	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
15	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
16	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
17	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
18	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
19	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
20	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
21	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
22	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
23	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
24	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
25	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
26	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
27	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
28	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
29	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
30	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
31	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
32	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
33	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35
34	AL7075T651	502	573	169	1610	-0.1553	8.83E-11	3.3219	2.2	2.5	35

Figura 7.2: Fichero de Datos de Ensayo desde el Bolc de Notas de Windows.

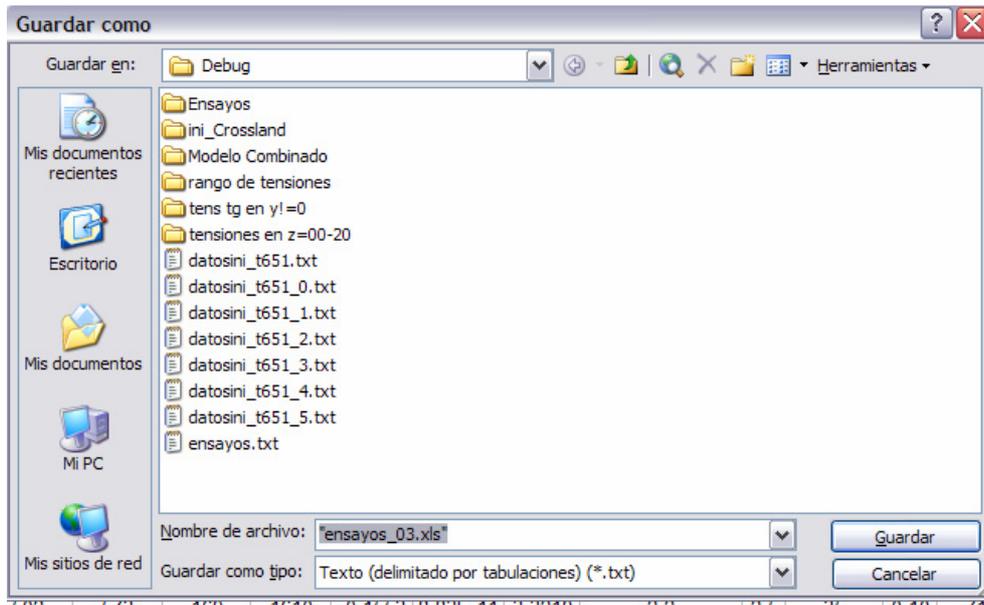


Figura 7.3: Configuración para salvar el fichero de Datos de Ensayo abierto desde Excel.

7.2 Descripción del módulo

El acceso se realiza a partir de la ventana principal de la aplicación, a través de la barra de menú tal y como se muestra en la figura 7.4. La ventana inicial del módulo tiene una vista como la que aparece en la figura 7.5. La barra de menú presenta las opciones comunes a los anteriores módulos.

- Archivo: permite salir del módulo y regresar a la ventana principal de la aplicación.
- Opciones: contiene las opciones de selección de método y las de cálculo avanzado (a partir de la versión 1.1)
 - Seleccionar criterios
 - Leyes de crecimiento
 - Cálculo Avanzado
- Ir a: permite enlazar con los anteriores módulos sin necesidad de salir de éste.
- Ayuda: proporciona información sobre la versión de la aplicación.

En la misma figura 7.5 se observa un marco central de “Operaciones con ficheros”, con dos cuadros de textos: “Fichero de Datos Iniciales” y “Fichero de Datos de Ensayos”; cada uno de ellos está diseñado para albergar la ruta a un tipo de fichero diferente.



Figura 7.4: Acceso al Módulo Mixto desde la ventana principal de la aplicación.

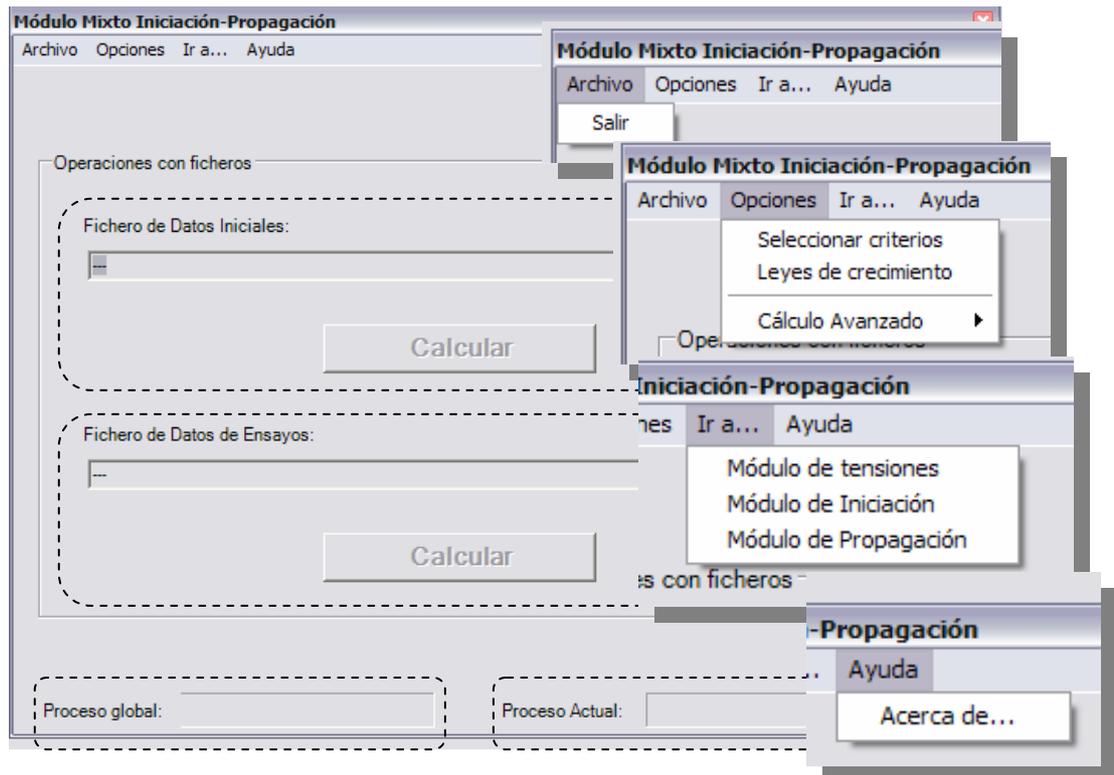


Figura 7.5: Vista del Módulo Mixto. Ventana inicial.

Al hacer clic sobre el texto que aparece justo encima de cada cuadro de texto se abre un formulario para seleccionar el archivo correspondiente. Si el archivo seleccionado no es acorde a las especificaciones requeridas, la aplicación generará un mensaje de error como el de la figura 7.6. Observe la referencia del mensaje, el código “FM13c”; el tratamiento de errores se lleva a cabo en el capítulo siguiente. En caso de que el fichero sea correcto, el botón con la palabra “Calcular” cambia su estatus a accesible.



Figura 7.6: Mensaje de error por introducir un fichero no adecuado en el Módulo Mixto.

Por otro lado, en la misma la figura 7.5 pueden observarse dos barras de procesos denominadas “Proceso global” y “Proceso Actual”. La primera sólo es útil cuando se

trabaje con un fichero de Datos de Ensayos, e indica la evolución del proceso respecto al número total de ensayos a calcular. En cuanto a la segunda barra, indica el estado del proceso para cada uno de los métodos de cálculo para cada uno de los ensayos; en caso de trabajar con fichero de Datos Iniciales, es como si sólo existiera un único ensayo y por tanto, muestra la evolución del proceso para él únicamente. La figura 7.7 muestra un detalle de estas barras en un instante de un proceso.

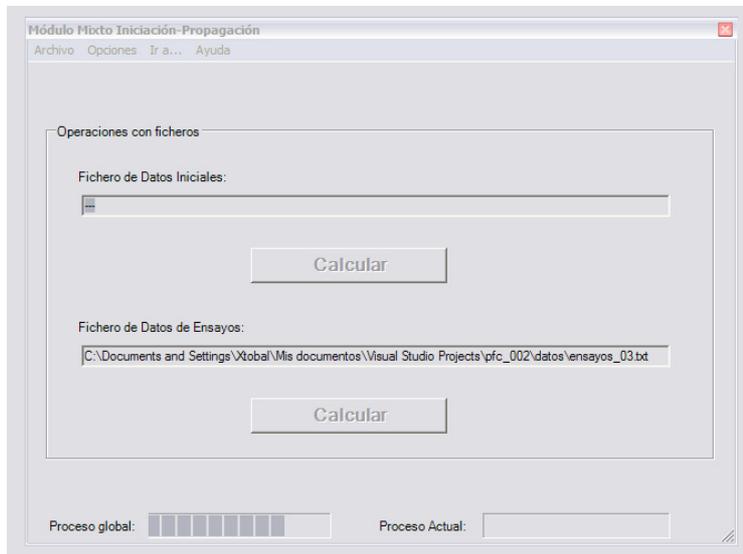


Figura 7.7: Barras de proceso del Módulo Mixto. Detalle durante un proceso.

7.2.1 Proceso de cálculo

Durante el proceso de cálculo de cada ensayo, pueden observarse (mediante las barras de proceso) etapas con distinta evolución, una primera etapa más lenta seguida de otra serie mucho más rápida.

En la fase más lenta se realiza el cálculo del FIT (Factor de Intensidad de Tensiones) a lo largo del camino de la grieta; mientras que en las fases más rápidas se realizan las manipulaciones para cada una de las leyes derivadas de la Ley de Paris.

El cálculo de la parte de iniciación es casi instantáneo en comparación con los de la parte de propagación. El tiempo típico de cálculo es de aproximadamente un minuto por ensayo (seleccionando todos los métodos de cálculo); este valor puede variar en función de las condiciones de cada ensayo, del tipo de cálculo realizado, de las condiciones de cargas, geometrías, etc.; pero sobre todo depende del equipo sobre el que se lance la aplicación. El tiempo típico ha sido medido sobre un equipo a 1.8GHz, 1GB de memoria RAM y una velocidad de disco de 4.200 rpm.

7.2.2 Selección de métodos: criterio y ley

Un método de cálculo está compuesto por una combinación de criterio de iniciación y ley de crecimiento, de acuerdo con el modelo combinado desarrollado en el documento de la Memoria.

La selección de los métodos de cálculo puede hacerse una vez iniciado el cálculo (de forma automática, la aplicación solicita la información por pantalla) o bien, antes de iniciarlo o incluso de seleccionar un fichero de Datos Iniciales o Datos de Ensayos.

La aplicación está diseñada para que la selección se realice una única vez en cada ejecución de la misma; es decir, mientras no la cierre, recordará la selección que hizo una vez; si desea volver a cambiar durante la ejecución, debe acudir al menú “Opciones”. La figura 7.8 muestra las distintas opciones de selección. Observe que la selección de los métodos es aditiva, es decir, se añaden a las opciones de cálculo uno tras otro.

En el caso de que no se realice ninguna selección en alguno de los casos, la aplicación toma por defecto el criterio de McDiarmid y la Ley de Paris (en cada caso); esto evita complicaciones ante los posibles fallos que puedan ocurrir durante la ejecución de la aplicación. La figura 7.9 muestra los mensajes que tienen lugar cuando la situación anterior se produce.

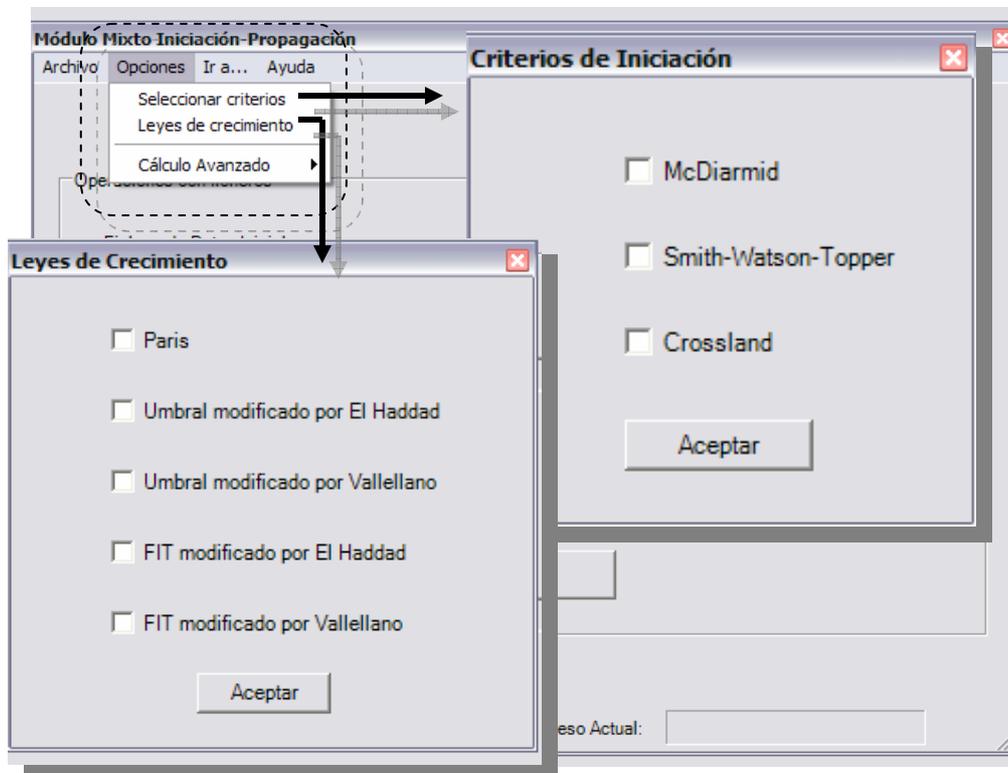


Figura 7.8: Opciones de selección de método de cálculo.

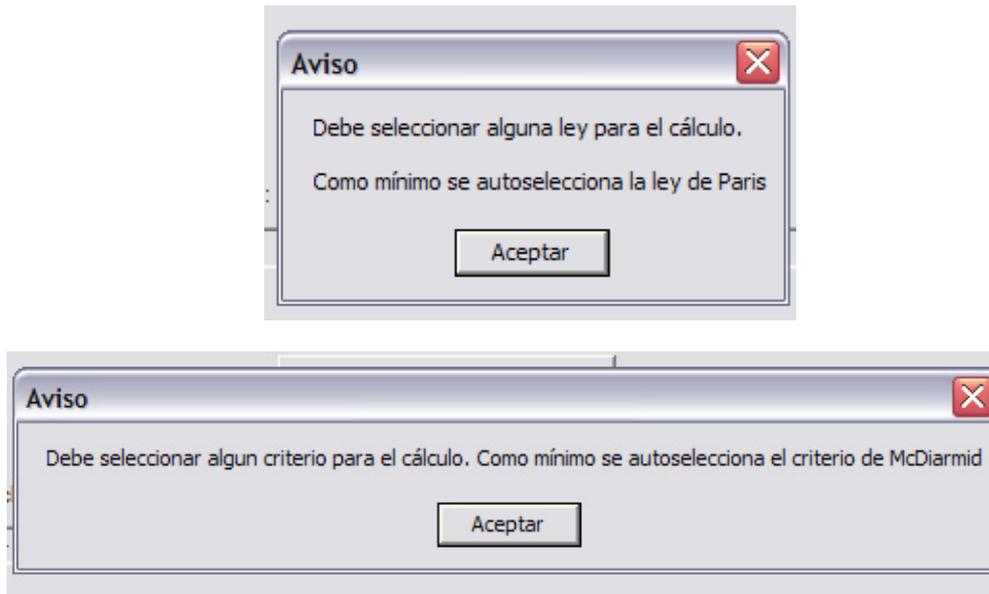


Figura 7.9: Mensajes de advertencia por falta de selección del método de cálculo.

7.3 Ficheros de resultados

El objetivo de la aplicación es proporcionar resultados, y la mejor forma de hacer es a través de los ficheros de texto tabulado. En este caso, los resultados obtenidos a través de un fichero de Datos de Ensayo y un fichero de Datos Iniciales (es decir, con un ensayo o con varios) no es la misma.

Durante el proceso de cálculo, la aplicación pedirá que se seleccione un directorio de trabajo (mediante un formulario clásico de Windows); en su interior volcará los datos de resultados:

- Para un fichero de Datos Iniciales (un único ensayo): la aplicación proporciona un fichero por cada combinación criterio y ley, es decir, para cada método.
- Para un fichero de Datos de Ensayo (varios ensayos): la aplicación genera varios archivos de resultados y no en el mismo lugar;
 - se crea un subdirectorío con cada nombre de ensayo (contenido del fichero de Datos de Ensayos) y en su interior se procede como en el caso anterior de un único ensayo;
 - en el directorío de trabajo, se crea un fichero de resultados resumen, donde se aprecia las principales características del cálculo efectuado.

De esta forma, el tipo de archivo proporciona una misma información pero la presentación es distinta. Se posibilita así que en el caso de varios ensayos, para obtener una primera impresión de los resultados haya que consultar varios archivos.

NOTA:

Observe que nada impide trabajar con un fichero de Datos de Ensayos que contenga un único ensayo, de forma que puede obtener el mismo tipo de resultados que en el caso de varios ensayos.

7.3.1 Fichero de resultados para un método

Este fichero es el mismo para el caso de uno o varios ensayos, pero aparece en una disposición distinta dependiendo del caso.

Estás compuesto por una serie de datos dispuesto ordenadamente en filas y columnas cuya separación es la tabulación. Esto permite que se pueda trabajar con Microsoft Excel, como puede comprobarse en la figura 7.10. En ella se observa un fichero de resultados para una combinación de criterio y ley; los campos de que se dispone son:

- z[m]: profundidad de cálculo (dirección z)
- a[m]: longitud de grieta de cálculo
- Kmax: FIT máximo
- Kmin: FIT mínimo
- Ni: Número de ciclos a iniciación
- Np: Número de ciclos a propagación
- Nt: Número total de ciclos (suma de Ni y Np)
- Ntmin, z_ini y a_ini: Predicción de vida en ciclos, profundidad de iniciación y longitud de iniciación respectivamente (sólo aparecen en la primera línea de valores).

Esta misma distribución aparece en el resto de métodos.

7.3.2 Fichero de resultados para un grupo de ensayos

En este caso, se tiene un directorio de trabajo que alberga subdirectorios en los que aparecen ficheros de las características del anterior, y en el directorio de trabajo aparece el fichero resumen.

La figura 7.11 muestra el aspecto de un fichero resumen; se trata igualmente de un fichero de texto tabulado, que puede manipularse en Excel para mayor comodidad. Está compuesto por campos ordenados en filas y columnas; se pueden encontrar:

- Nombre del ensayo (1)
- Material del ensayo (1)
- Cargas del ensayo (1)
 - Carga normal P
 - Carga tangencial Q
 - Tensión axial σ_a
- Variables de ensayo (1)
 - Profundidad máxima permitida (long. Final)
 - Espesor de probeta (w)
- Resumen de resultados (2)
 - Predicción de vida (Ntot)
 - Porcentaje de la fase de iniciación (% , Ni)
 - Longitud de iniciación (a_ini)

(1) Datos que provienen del fichero de entrada (fichero de Datos de Ensayos)

(2) Datos para cada combinación de criterio y ley (para cada método)

Manual de Usuario - Capítulo 7
Módulo Mixto Iniciación-Propagación

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	z[m]	a[m]	Kmax[MPa m]	Kmin[MPa m]	Ni[ciclos]	Np[ciclos]	Nt[ciclos]	Nt_min[ciclos]	z_in[micras]	a_in[micras]		
2	7.62E-12	7.62E-12	0.00158991	-0.00136168	14080.2179	1.7087E+13	1.7087E+13	425609.668	9.14216423	9.14216423		
3	1.52E-06	1.52E-06	0.66119057	-0.59530423	23184.0731	498506.592	521690.665					
4	3.05E-06	3.05E-06	0.90656012	-0.83309722	28437.6877	430305.143	458742.831					
5	4.57E-06	4.57E-06	1.08390186	-1.01172207	33148.4916	406401.676	439550.168					
6	6.09E-06	6.09E-06	1.2261869	-1.1595957	37967.6342	393197.736	431165.37					
7	7.62E-06	7.62E-06	1.34616983	-1.28774594	42766.0366	384432.567	427198.603					
8	9.14E-06	9.14E-06	1.450384	-1.40183892	47605.1611	378004.507	425609.668					
9	1.07E-05	1.07E-05	1.54270592	-1.50524673	52977.8212	372986.788	425964.61					
10	1.22E-05	1.22E-05	1.62565841	-1.60017049	58021.3416	368899.089	426920.431					
11	1.37E-05	1.37E-05	1.70099182	-1.68814193	63190.5394	365464.155	428654.694					
12	1.52E-05	1.52E-05	1.76997914	-1.77027838	69096.7044	362509.09	431605.794					
13	1.68E-05	1.68E-05	1.83358028	-1.84742492	74572.5839	359919.617	434492.201					
14	1.83E-05	1.83E-05	1.89254019	-1.92023932	80226.1475	357616.688	437842.835					
15	1.98E-05	1.98E-05	1.94745063	-1.98924568	86762.7874	355543.586	442306.374					
16	2.13E-05	2.13E-05	1.99879087	-2.05486976	92796.3868	353658.384	446454.77					
17	2.29E-05	2.29E-05	2.04695547	-2.11746312	99839.781	351929.293	451769.074					
18	2.44E-05	2.44E-05	2.09227382	-2.17732014	106295.629	350331.702	456627.331					
19	2.59E-05	2.59E-05	2.13502426	-2.23469032	113878.521	348846.197	462724.719					
20	2.74E-05	2.74E-05	2.17544444	-2.28978736	121821.381	347457.225	469278.606					
21	2.90E-05	2.90E-05	2.2137392	-2.34279601	128954.909	346152.149	475107.058					
22	3.05E-05	3.05E-05	2.25008657	-2.39387732	137488.492	344920.573	482409.065					
23	3.20E-05	3.20E-05	2.28464239	-2.4431727	145148.505	343753.854	488902.359					
24	3.35E-05	3.35E-05	2.317544	-2.49080717	154305.2	342644.735	496949.935					
25	3.50E-05	3.50E-05	2.34891315	-2.5368919	163875.654	341587.065	505462.718					
26	3.66E-05	3.66E-05	2.3788584	-2.58152631	172357.868	340575.593	512933.461					
27	3.81E-05	3.81E-05	2.40747698	-2.62479971	182604.422	339605.802	522210.224					
28	3.96E-05	3.96E-05	2.43485638	-2.66679274	193300.025	338673.782	531973.807					
29	4.11E-05	4.11E-05	2.46107569	-2.7075785	202698.702	337776.124	540474.826					
30	4.27E-05	4.27E-05	2.48620662	-2.74722351	214125.93	336909.843	551035.773					
31	4.42E-05	4.42E-05	2.51031449	-2.78578851	226038.422	336072.311	562110.733					
32	4.57E-05	4.57E-05	2.53345894	-2.82332915	236460.541	335261.201	571721.742					
33	4.72E-05	4.72E-05	2.55569463	-2.85989659	249163.509	334474.446	583637.954					

Figura 7.10: Fichero de resultados para un método de cálculo.

Ensayo	Material	N(N)	Q(N)	Sa(Mpa)	long.final(mm)	espesor(mm)	McD-PS-Ntot	McD-PS-Ni(%)	McD-PS-a.in	McD-UM1-Nti	McD-UM1-Ni(Mc
1	AL7075T651	230	117	82.5	5.00E-03	10	353983.617	7.87944763	10.665857	393887.265	7.0812022
2	AL7075T651	230	109	81.7	5.00E-03	10	425609.668	11.1851691	9.14216423	482654.538	10.9763437
3	AL7075T651	230	121	81.6	5.00E-03	10	501868.295	21.5618246	9.14216423	570671.354	20.392663
4	AL7075T651	230	127	111.6	5.00E-03	10	143571.235	11.0639923	16.7606281	149913.408	10.5959237
5	AL7075T651	230	122	111.3	5.00E-03	10	166414.778	14.9066067	15.2369353	174930.687	14.1809289
6	AL7075T651	230	120	111	5.00E-03	10	232555.41	25.9642927	13.7132425	248865.801	25.7715351
7	AL7075T651	120	67	111	5.00E-03	10	202375.637	15.7284913	12.2663521	217085.429	15.6987209
8	AL7075T651	120	65	110.7	5.00E-03	10	240356.937	20.4580171	11.0397175	260473.616	20.0907305
9	AL7075T651	120	64	110.2	5.00E-03	10	363781.816	34.8402797	11.0397175	406844.224	34.3837887
10	AL7075T651	70	29	110	5.00E-03	10	336581.626	21.236179	8.19931808	384689.373	20.0066458
11	AL7075T651	70	36	110.6	5.00E-03	10	344591.624	25.5388283	8.19931808	390747.927	25.5737162
12	AL7075T651	70	36	110.5	5.00E-03	10	538197.885	40.3993954	8.19931808	641221.246	39.1539994
13	AL7075T651	420	207	68.3	5.00E-03	10	470534.1	4.03760018	13.0367571	532450.171	3.56808706
14	AL7075T651	420	177	66.77	5.00E-03	10	636400.955	6.39180513	11.1743646	761345.005	5.34284834
15	AL7075T651	420	186	66.6	5.00E-03	10	702803.213	12.6117952	9.31197202	832245.28	11.7252246
16	AL7075T651	120	59.7	82.5	5.00E-03	10	501110.192	12.2547409	7.35981373	598487.135	11.3674033
17	AL7075T651	120	55.5	82.6	5.00E-03	10	604159.905	18.4630045	7.35981373	743413.036	16.5711096
18	AL7075T651	120	61	82.6	5.00E-03	10	803683.392	29.8567601	6.13317913	1017946.78	29.1135125
19	AL7075T651	230	119.5	67.9	5.00E-03	10	588918.998	6.2647218	9.14216423	706087.04	5.87095623
20	AL7075T651	230	119.5	68.35	5.00E-03	10	619805.236	9.61742386	9.14216423	741574.107	8.89545172
21	AL7075T651	230	122.5	68	5.00E-03	10	768825.238	18.7497054	7.61847146	932348.14	16.8271625
22	AL7075T651	120	62.5	67.9	5.00E-03	10	811620.283	11.2790603	7.35981373	1103755.36	8.29378904
23	AL7075T651	120	57	69.5	5.00E-03	10	936131.426	16.2194404	6.13317913	1318026.04	12.7922748
24	AL7075T651	120	55	67.85	5.00E-03	10	1457034.65	28.9845507	4.90654453	2388464.08	22.8504352
25	AL7075T651	420	213	81.9	5.00E-03	10	274406.754	5.02736038	14.8991496	294225.848	4.68871668
26	AL7075T651	420	205	81.8	5.00E-03	10	303988.893	7.84422316	14.8991496	327834.706	7.27365552
27	AL7075T651	420	211	82.9	5.00E-03	10	343588.852	15.4113691	13.0367571	371447.387	15.3274154
28	AL7075T651	420	197	60	5.00E-03	10	722787.648	3.3085812	11.1743646	888576.211	2.69127351
29	AL7075T651	420	212	59.8	5.00E-03	10	682109.733	4.8108327	11.1743646	812371.802	4.5195076
30	AL7075T651	420	219	59.6	5.00E-03	10	741780.387	10.2266671	9.31197202	873925.721	9.61841369
31	AL7075T651	340	165	59.85	5.00E-03	10	759867.306	4.01442912	10.414363	954773.955	3.19492737
32	AL7075T651	340	169	59.95	5.00E-03	10	763939.642	6.16618233	10.414363	944965.78	4.98493302

Figura 7.11: Fichero de resultados resumen para un grupo de ensayos.

7.4 Opciones de Cálculo Avanzado

Como ha podido comprobar, en el menú Opciones existe un término de “Cálculo Avanzado”, esta opción proporciona características adicionales al método estándar que se toma por defecto: crecimiento de grietas perpendiculares a la superficie de contacto.

Cuando se acude a esta opción del menú, se permite validar el cálculo con grietas no perpendiculares a la superficie de contacto (como aparece en la figura 7.12). Mediante esta opción, cuando se inicie el proceso de cálculo, se le requerirá que introduzca una serie de parámetros adicionales para definir el camino de grieta.

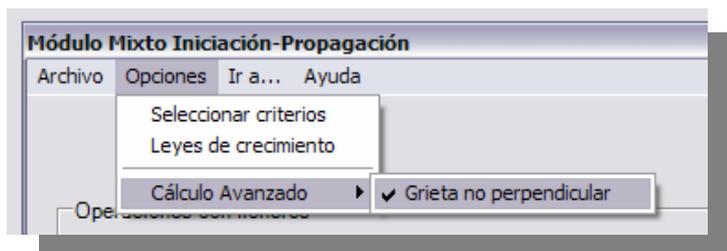


Figura 7.12: Validación de la opción de Cálculo Avanzado del Módulo Mixto.

Los parámetros que definen el nuevo camino de grieta pueden resumirse en dos ángulos y una profundidad de transición. La figura 7.13 muestra en formulario que aparece en la aplicación para solicitar esta información; como puede observar, la inclusión de un dibujo en el formulario facilita enormemente su identificación.

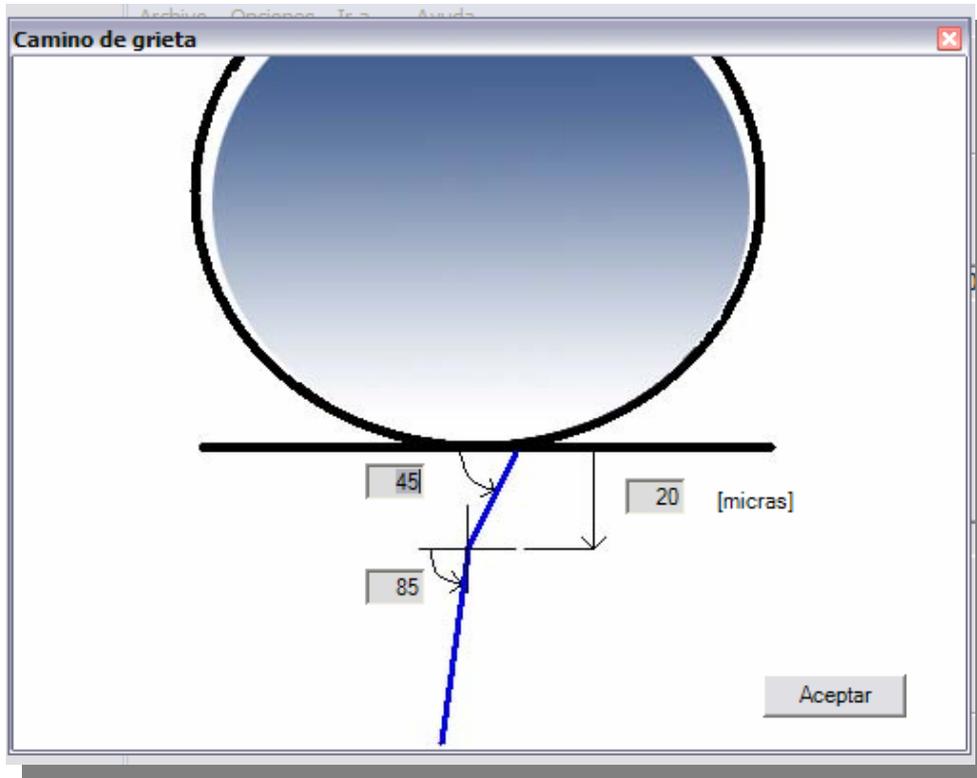


Figura 7.13: Parámetros para una grieta no perpendicular.

En este caso, la profundidad no coincide con la longitud de grieta (salvo para ángulos de 90°) y justifica el que en los ficheros de resultados se tengan como variables independientes.

La opción queda seleccionada hasta que se reinicie el módulo, mientras éste no se cierre se le solicitarán los datos de los parámetros. Observe que para ángulos de 90° y cualquier profundidad de transición, el resultado es equivalente al de grieta perpendicular.

7.5 Un ejemplo: Al7075T651

Continuando con el ejemplo de los anteriores capítulos, se dispone de un fichero de Datos Iniciales (*datos_t651_¿0.txt*) que podemos utilizar también en esta ocasión. Sobre el texto señalado en la figura 7.14 se hace clic para que en el formulario de la figura 7.15 pueda seleccionarse dicho fichero.

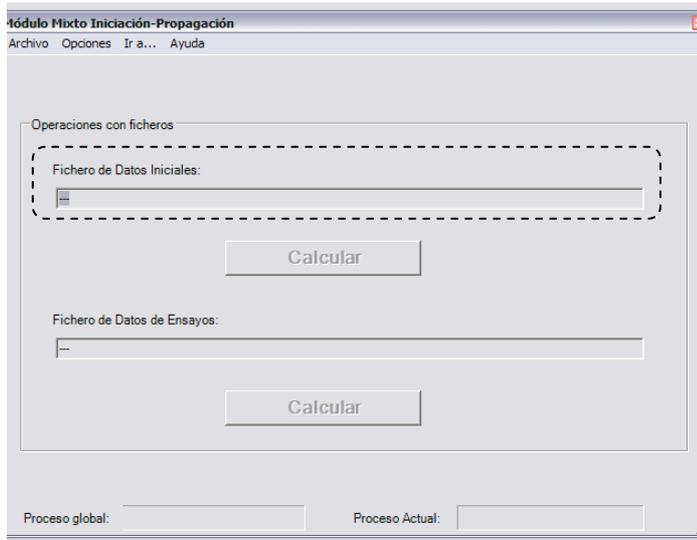


Figura 7.14: Enlace para seleccionar fichero de Datos Iniciales.

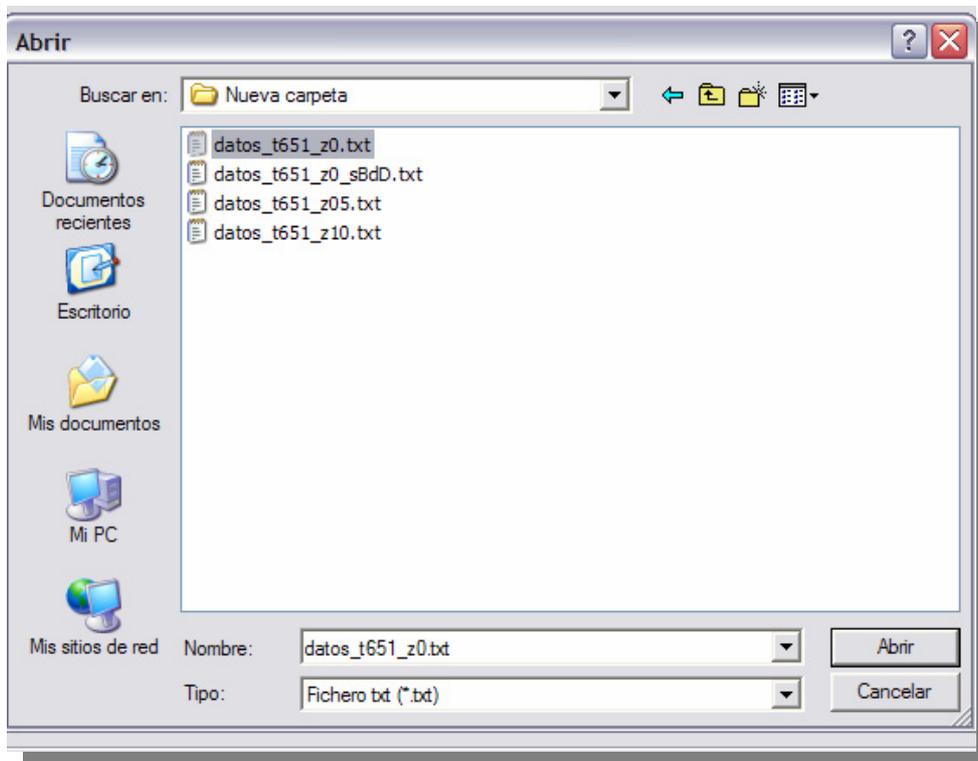


Figura 7.15: Selección de fichero de Datos Iniciales.

A continuación, al presionar el botón “Calcular”, aparecen las opciones de los métodos de cálculo; la figura 7.16 muestra que se han seleccionado todas las posibles combinaciones.

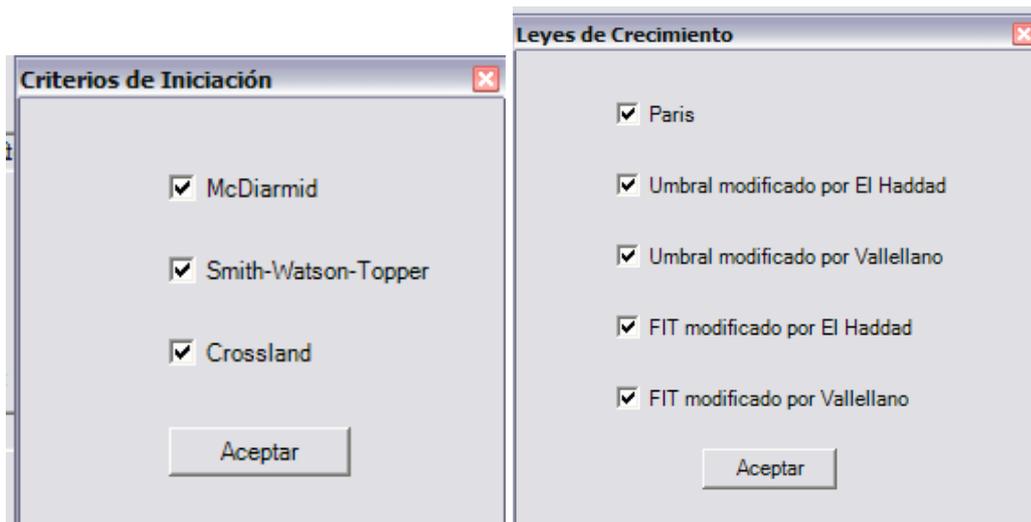


Figura 7.16: Selección de métodos para el ejemplo del Módulo Mixto.

Tras seleccionar las leyes de crecimiento:

- Si seleccionó “Cálculo Avanzado” en el menú Opciones, aparecerá la ventana para que introduzca el valor de los parámetros (figura 7.13), y a continuación se sigue normalmente.
- Si no fue así, se procede con el cálculo perpendicular

En el cálculo para un único ensayo a partir de un fichero de Datos Iniciales, se le solicitarán los parámetros de profundidad máxima permitida y espesor de probeta. La figura 7.17 muestra la ventana que espera la introducción de estos datos.

En la siguiente ventana se le solicita un directorio de trabajo; puede seleccionar una carpeta y crear una nueva dentro de ésta, para lo cual es imprescindible que tenga los permisos oportunos de lectura y escritura. La figura 7.18 muestra esta ventana.

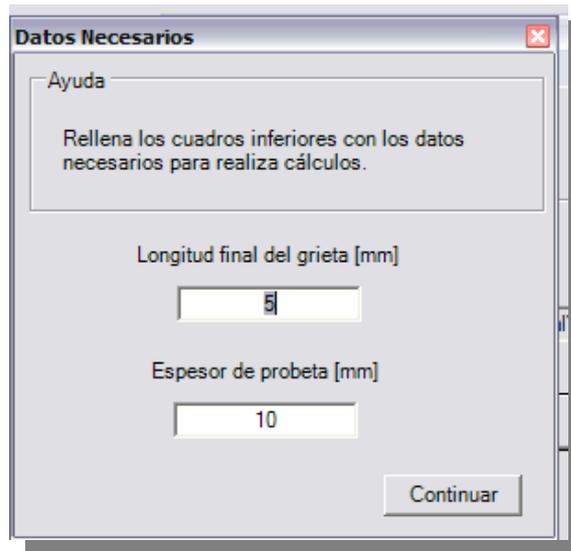


Figura 7.17: Parámetro para un único ensayo.

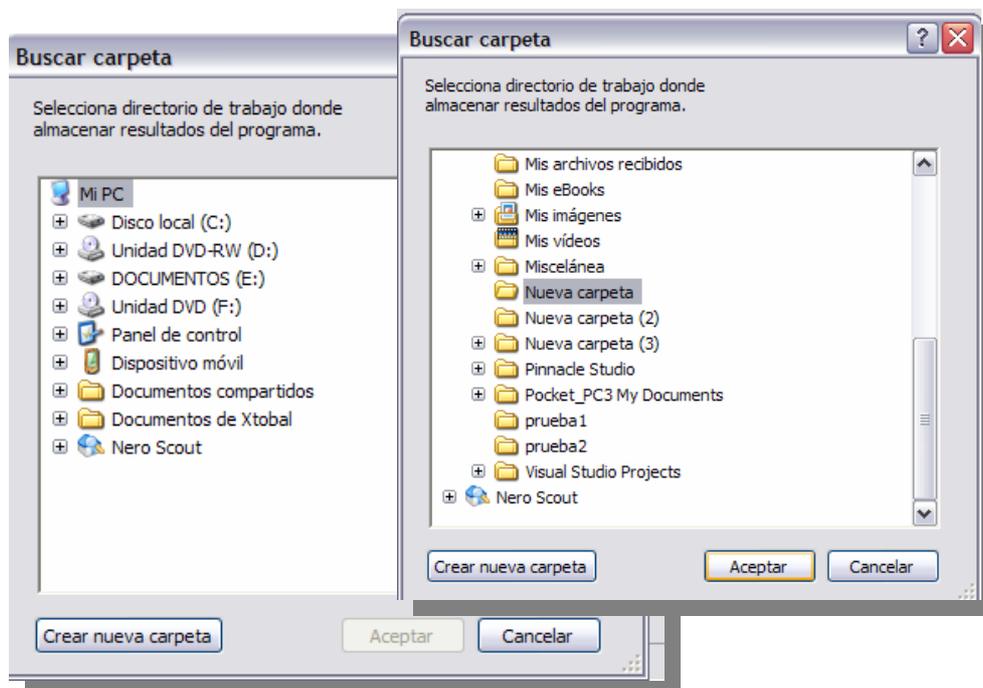


Figura 7.18: Selección de directorio de trabajo.

Tras seleccionar el directorio de trabajo, se procede a realizar los cálculos. Durante algunos instantes, la pantalla permanece inmóvil salvo la barra de procesos que es dinámica. Cuando se finaliza el cálculo, la aplicación devuelve el mensaje que se observa en la figura 7.19: “Cálculo finalizado”. El proceso de cálculo tiene una duración de entorno a un minuto.

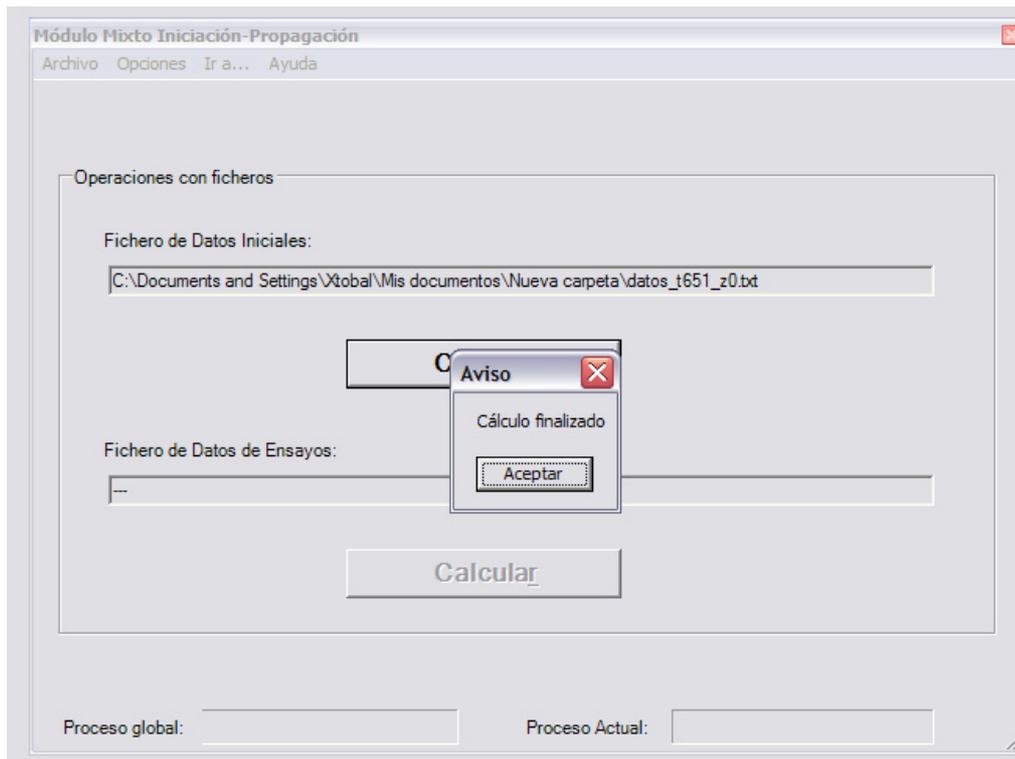


Figura 7.19: Mensaje de fin del proceso.

Puede comprobar los ficheros de resultados generados en el directorio de trabajo; la figura 7.20 es un ejemplo.

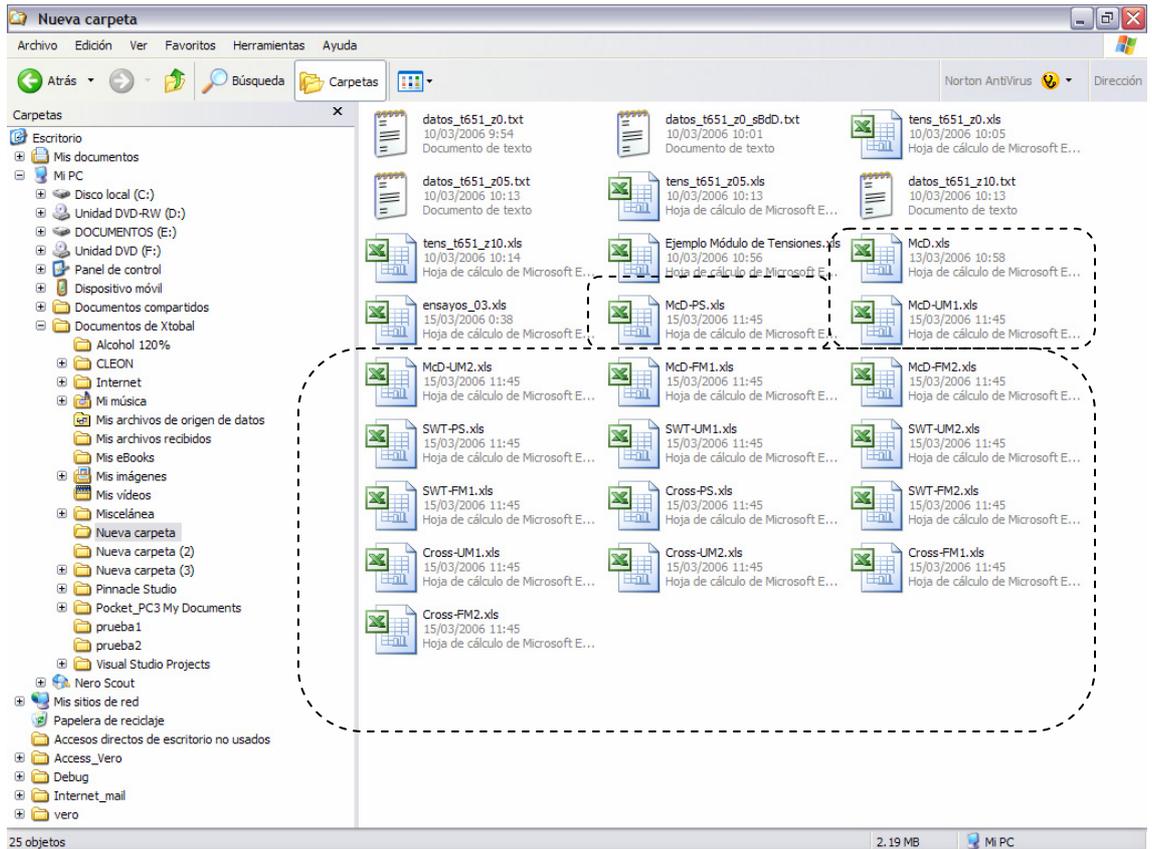


Figura 7.20: Contenido del directorio de trabajo. Fichero de resultados para un único ensayo.

NOTA:

Para el caso del cálculo con un fichero de Datos de Ensayo, se repite el mismo procedimiento, salvo el primer paso, se selecciona el texto señalado en la figura 7.21, y se busca un fichero de Datos de Ensayo como *ensayos_03.txt*.

En este caso, no se solicita el valor de los parámetros de profundidad máxima y espesor de probeta porque ya están incluidos en dicho fichero.

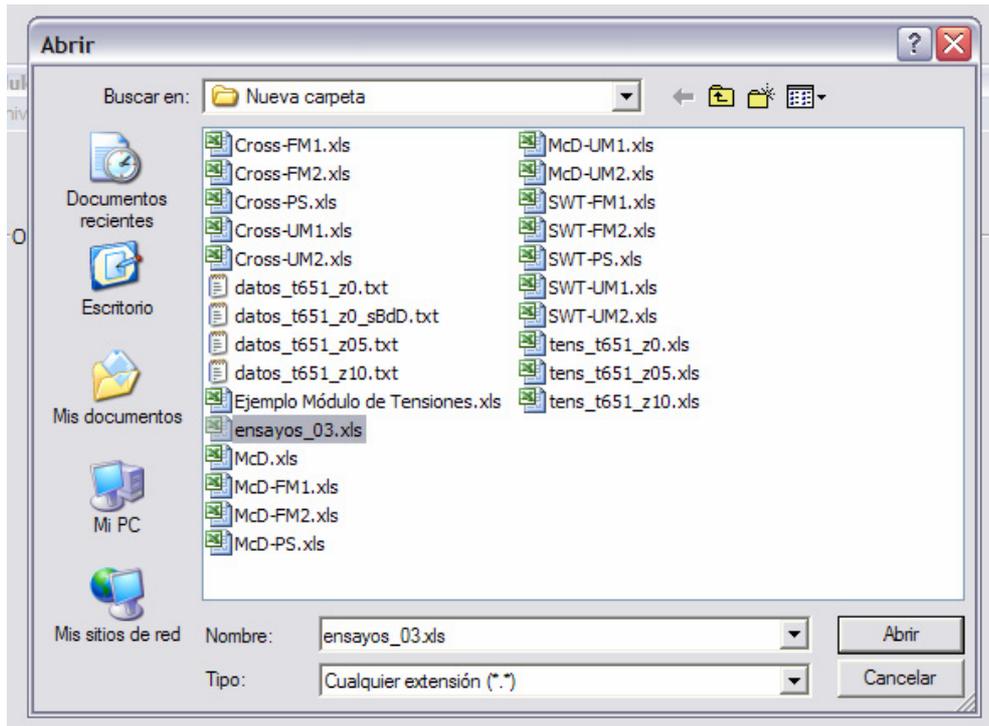


Figura 7.23: Selección de un fichero de Datos de Ensayos.