



Trefilado preciso: diseño de etapas y predicción de propiedades

Jon Alkorta - CEIT

Trefilado preciso: Diseño de etapas y predicción de propiedades

Dr. Jon Alkorta

Co-Director del Grupo de Diseño y Comportamiento Mecánico

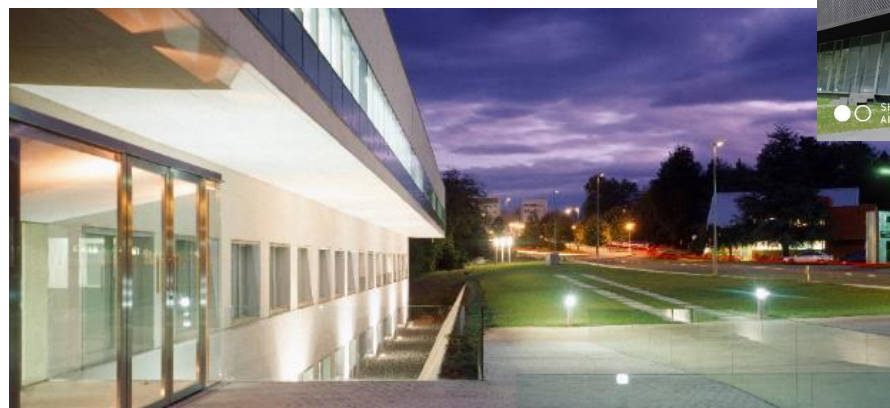
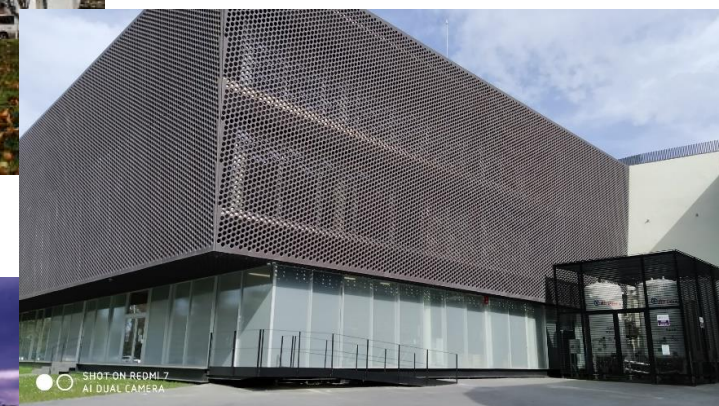
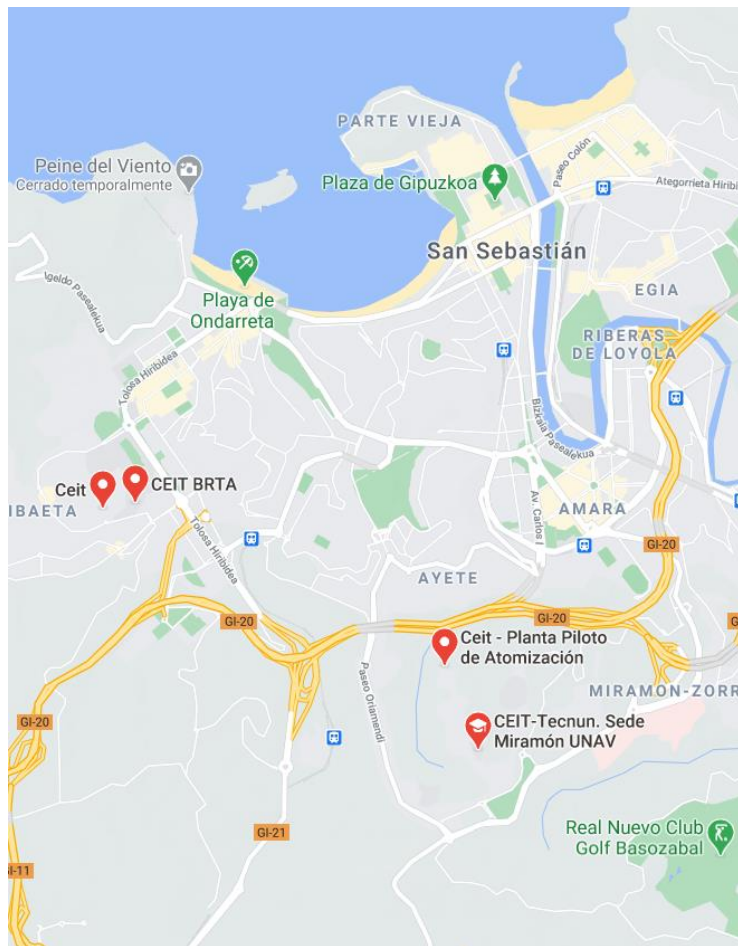
División de Materiales y Fabricación (CEIT-BRTA)

MathWorks Industry Day con Centros Tecnológicos de BRTA

Zamudio 27/09/2023

INSTITUTIONAL PROFILE

OUR LOCATION

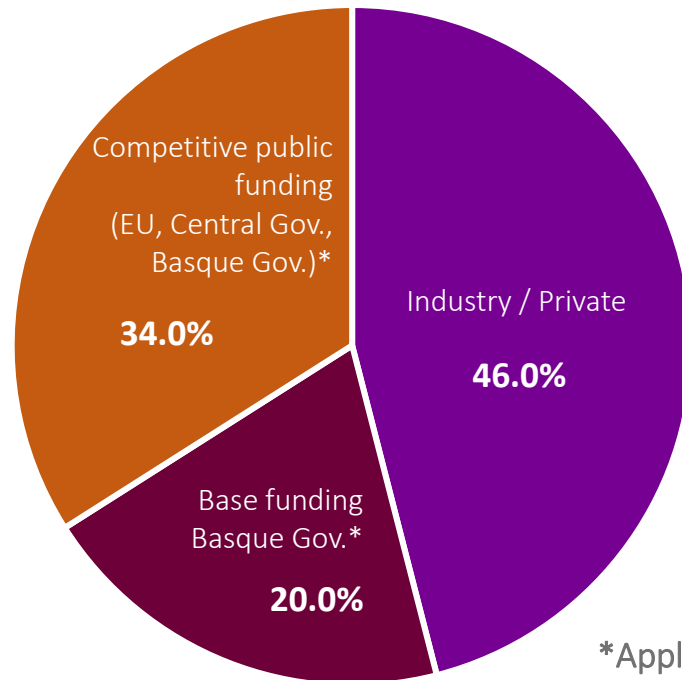


FUNDING AND KEY FIGURES

BUDGET 2021: 18 MILLION EUROS



Funding sources and type of research



*Applied Research/
knowledge generation



Personnel

Total: 224
Doctors: 95
PhD students: 39

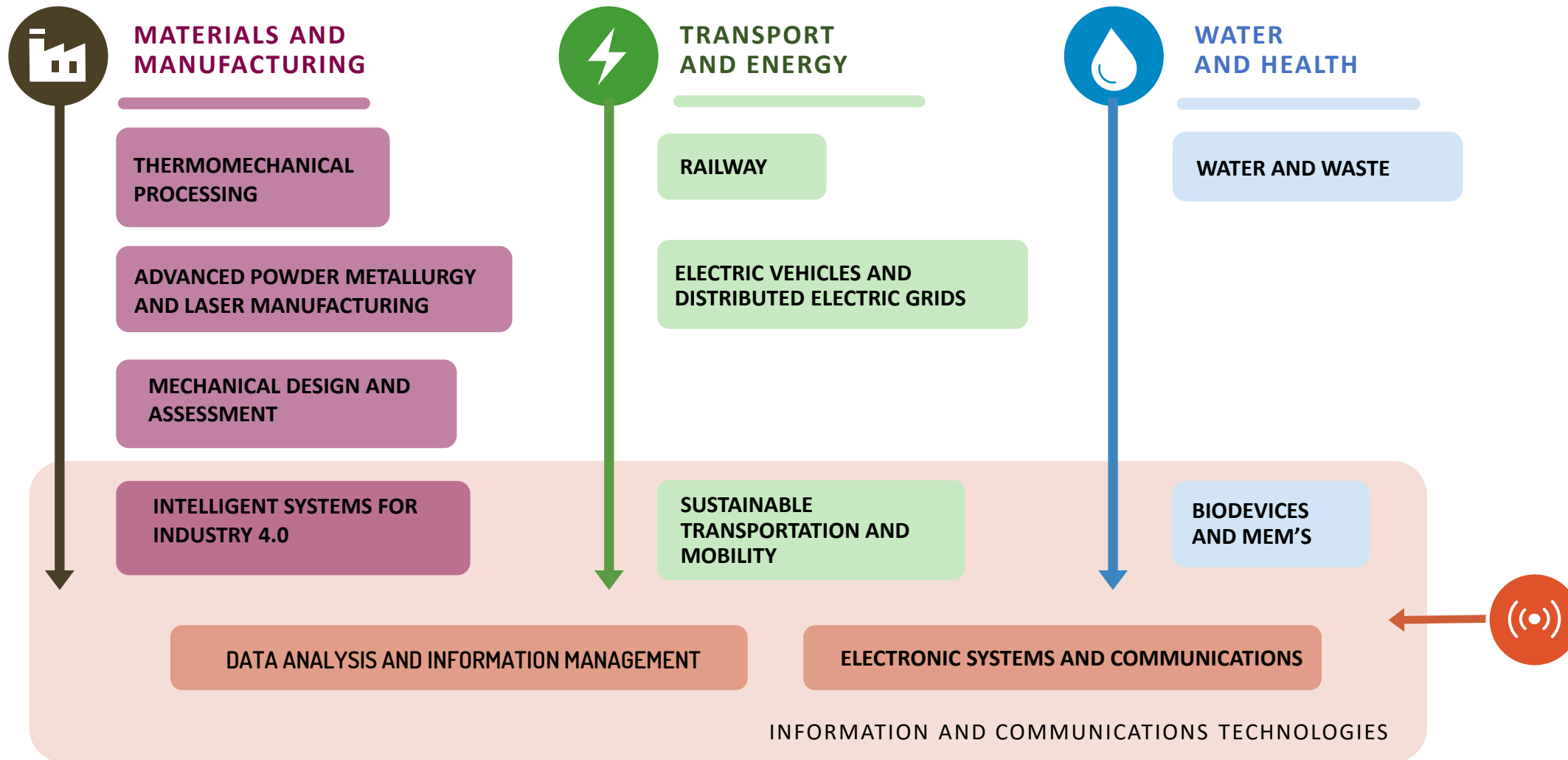


Scientific production

Journal papers: > 60
Conferences: > 75
PhD theses: >10

Organisation

Groups and numbers



Organisation

Groups and numbers



MATERIALS AND MANUFACTURING

THERMOMECHANICAL
PROCESSING

ADVANCED POWDER METALLURGY
AND LASER MANUFACTURING

MECHANICAL DESIGN AND
ASSESSMENT

INTELLIGENT SYSTEMS FOR
INDUSTRY 4.0

DATA ANALYSIS AND INFORMATION MANAGEMENT

ELECTRONIC SYSTEMS AND COMMUNICATIONS

INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGIES

8+M€ Budget

110+ Researchers

70+ Doctors

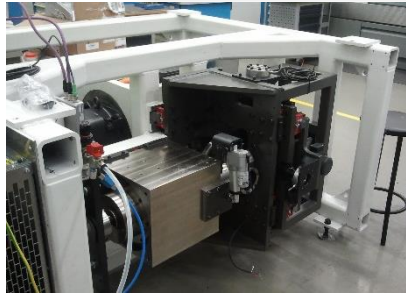
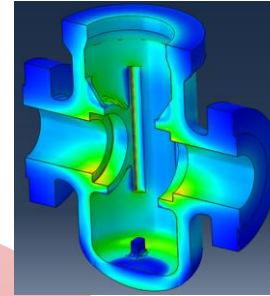
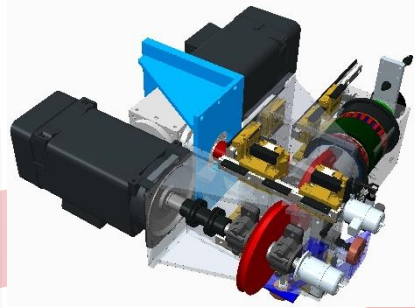
20 PhD Students



Research lines

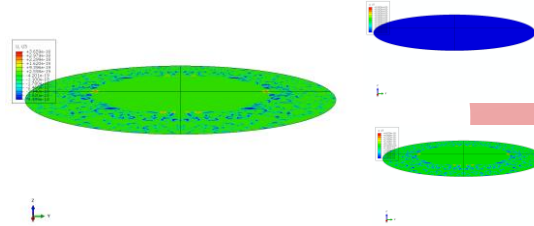
1. Optimal Design of Machines & Comp.

Function, structure and behavior
From concept to detailed design
Prototypes and manufacturing



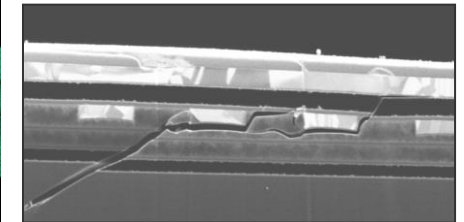
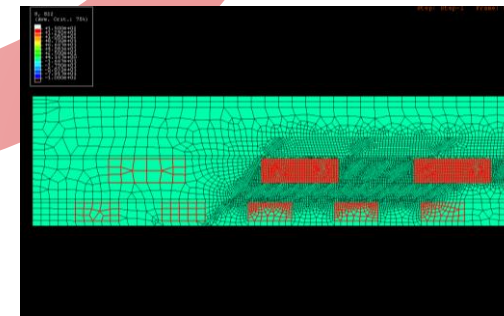
2. Modeling & Simulation of Manufacturing Processes

Constitutive equations of materials
Densification & geom. distortions
Design for Near Net Shape manuf.



3. Life Prediction & Mechanical Reliability

Fracture Mechanics
Crack propagation
Remaining life prediction



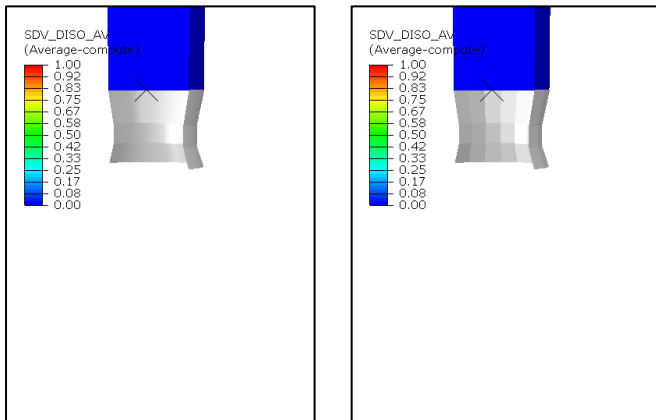
Modeling & Simulation of Manufacturing Processes

- Simulation of forming processes:
 - Determination of optimal process window (t: thickness, P: Pressure)

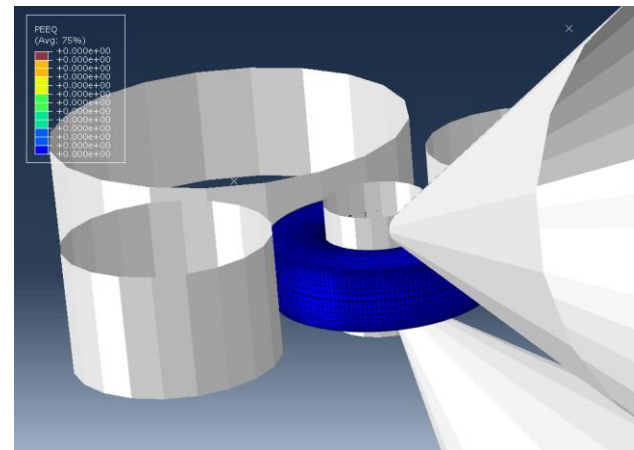
- Safe
- Wrinkling
- Fracture

		P					
		2	4	8	16	32	64
t	0.1	Safe	Safe	Fracture	Fracture	Fracture	Fracture
	0.2	Safe	Safe	Wrinkling	Fracture	Fracture	Fracture
	0.4	Wrinkling	Wrinkling	Wrinkling	Fracture	Fracture	Fracture
	0.8	Wrinkling	Fracture	Fracture	Fracture	Fracture	Fracture

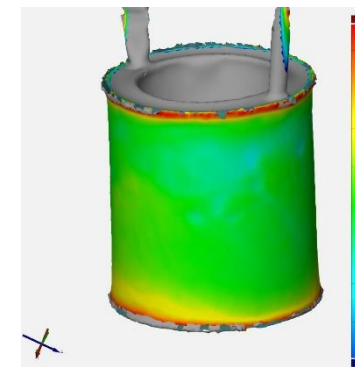
- Material mathematical models for forming processes and powder sintering



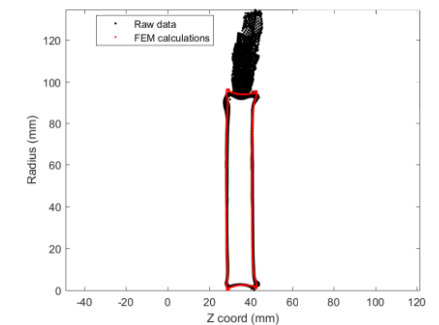
Advanced material models for cold drawing of pearlitic steels



Advanced material models for ring-rolling of IN718



Advanced material models for HIP sintering of powders



Esquema

- Contexto y objetivos del problema
- Modelos físicos
 - Modelo mecánico del trefilado
 - Modelo de tratamientos térmicos
- Elaboración de la app
 - Módulo de diseño automático de pasadas de trefilado / tratamientos térmicos
 - Módulo de cálculo de propiedades
- Estado actual y líneas de futuro
 - Generación automática de reports
 - Optimización de tratamiento en horno

Esquema

- Contexto y objetivos del problema
- Modelos físicos
 - Modelo mecánico del trefilado
 - Modelo de tratamientos térmicos
- Elaboración de la app
 - Módulo de diseño automático de pasadas de trefilado / tratamientos térmicos
 - Módulo de cálculo de propiedades
- Estado actual y líneas de futuro
 - Generación automática de reports
 - Optimización de tratamiento en horno

Contexto y objetivos del problema

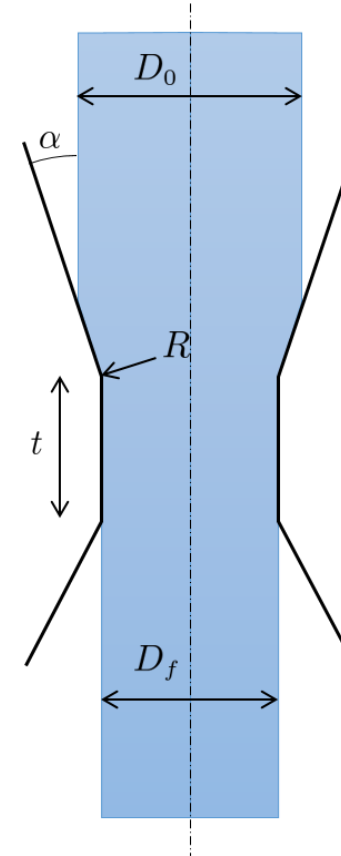
El **trefilado de alambres** consiste en arrastrar un alambre a través de una matriz con un diámetro menor. Ventajas:

1. Excelente **control dimensional**
2. Buen **acabado** superficial
3. **Versátil** en tamaños y materiales

En el caso de **aleaciones de aluminio** el proceso debe estar diseñado para que el producto resultante cumpla con los requisitos del cliente. Ello implica una serie de retos:

1. Control fino sobre el **endurecimiento** del material durante el trefilado
2. Control sobre los **tratamientos térmicos** adecuados en las etapas adecuadas del proceso

El **problema** de la industria es que sus **estrategias de procesado** están basadas en el **know-how anterior** adquirido y sujeto a **iteraciones de prueba-error** costosas.



+

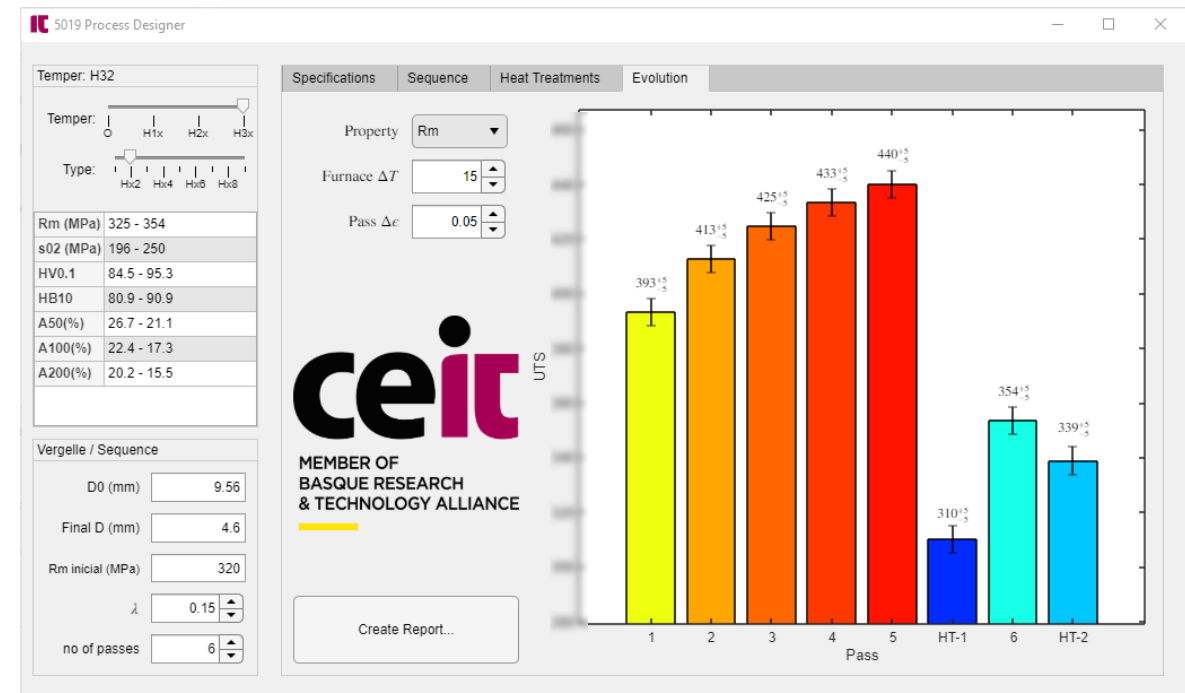


Contexto y objetivos del problema

OBJETIVO:

Desarrollo de una **herramienta** que permita **diseñar el proceso** de trefilado y prever el efecto de **tratamientos térmicos** en las propiedades del material.

1. Define reducciones por pasada, ángulos óptimos de trefilado, etc.
2. Define qué tratamientos térmicos aplicar y en qué etapa del proceso.
3. Permite estimar las propiedades mecánicas de un proceso a la carta definido por el usuario



Esquema

- Contexto y objetivos del problema
- Modelos físicos
 - Modelo mecánico del trefilado
 - Modelo de tratamientos térmicos
- Elaboración de la app
 - Módulo de diseño automático de pasadas de trefilado / tratamientos térmicos
 - Módulo de cálculo de propiedades
- Estado actual y líneas de futuro
 - Generación automática de reports
 - Optimización de tratamiento en horno

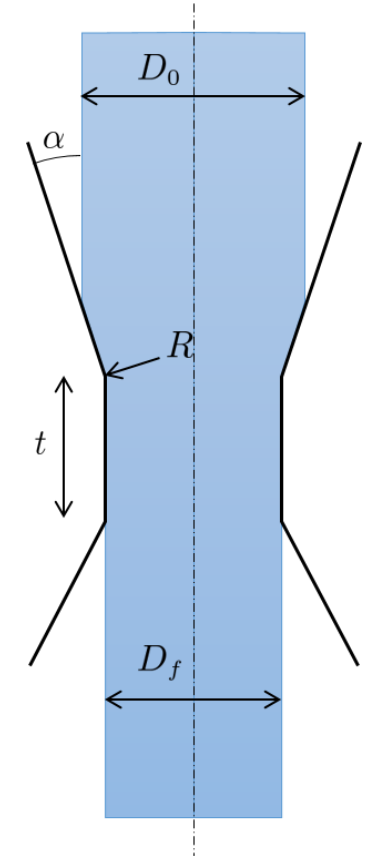
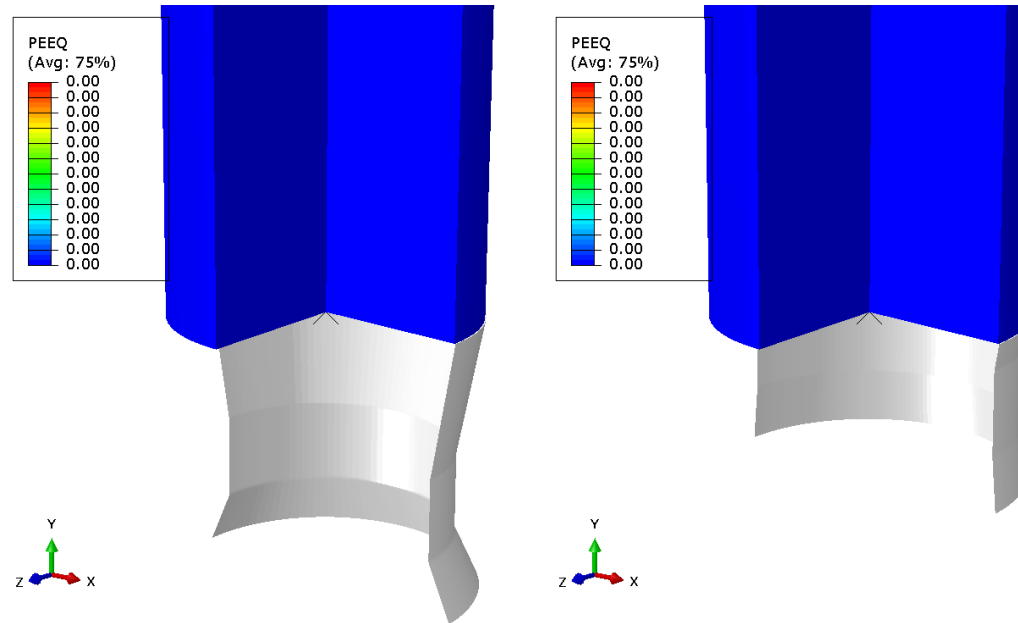
Modelos físicos – Trefilado

Modelos **paramétricos FEM** (utilizando Abaqus – SIMULIA) para calcular el efecto de los parámetros de trefilado en las propiedades del material

- Efecto de la reducción en área
- Efecto del ángulo de trefilado



- Distribución de deformaciones
- Potencias de trefilado
- Tensiones en la matricería (desgaste)



Contexto y objetivos del problema

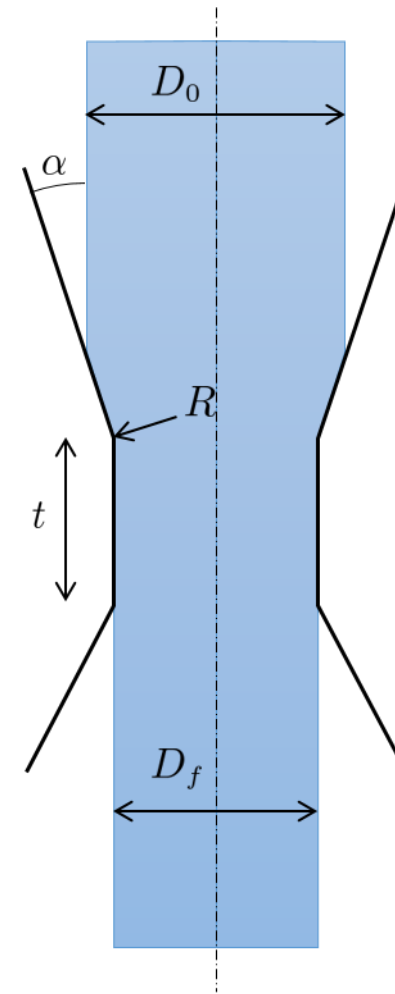
Se realizó un estudio paramétrico de 144 simulaciones, variando:

1. Ángulo de apertura (12 ángulos):

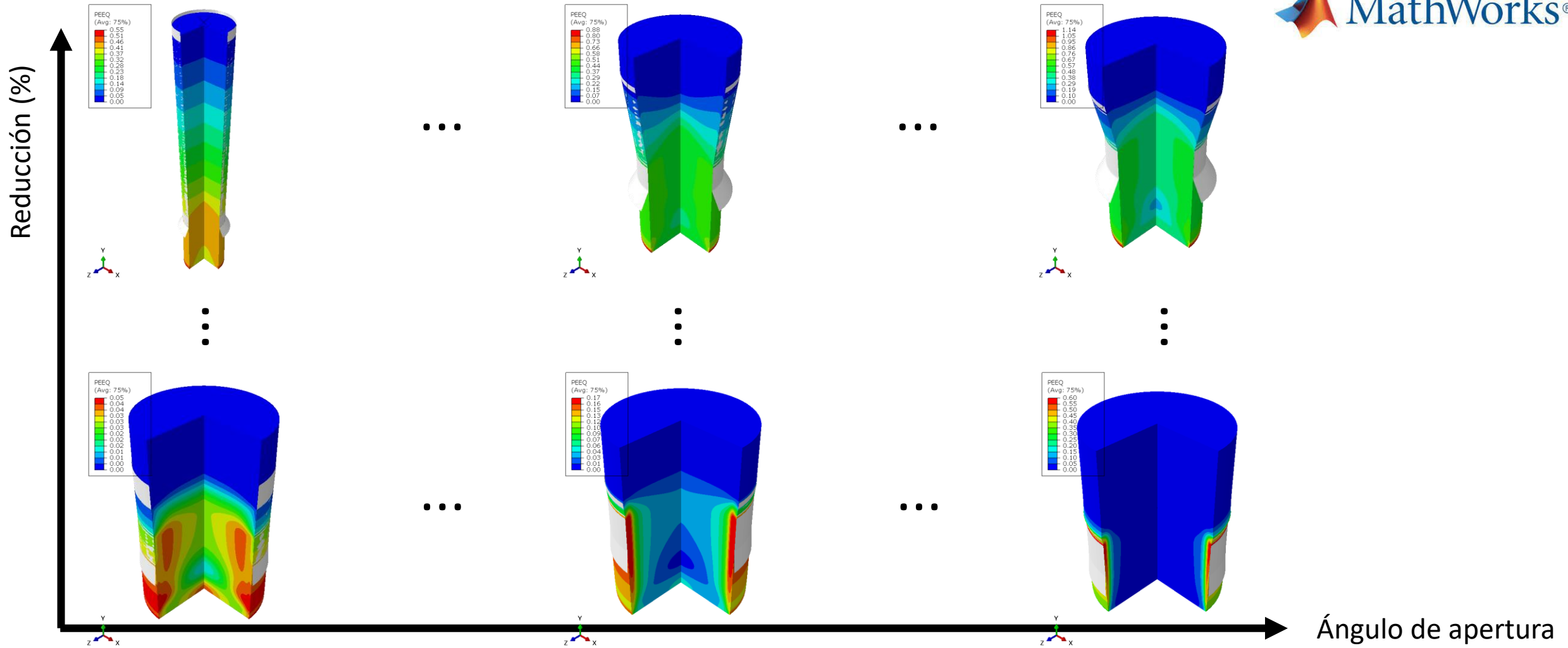
α desde 3° hasta 26°

2. Reducción en área (12 reducciones):

$$R_A = 1 - \left(\frac{D_f}{D_0}\right)^2 \text{ desde } 3\% \text{ hasta } 35\%$$

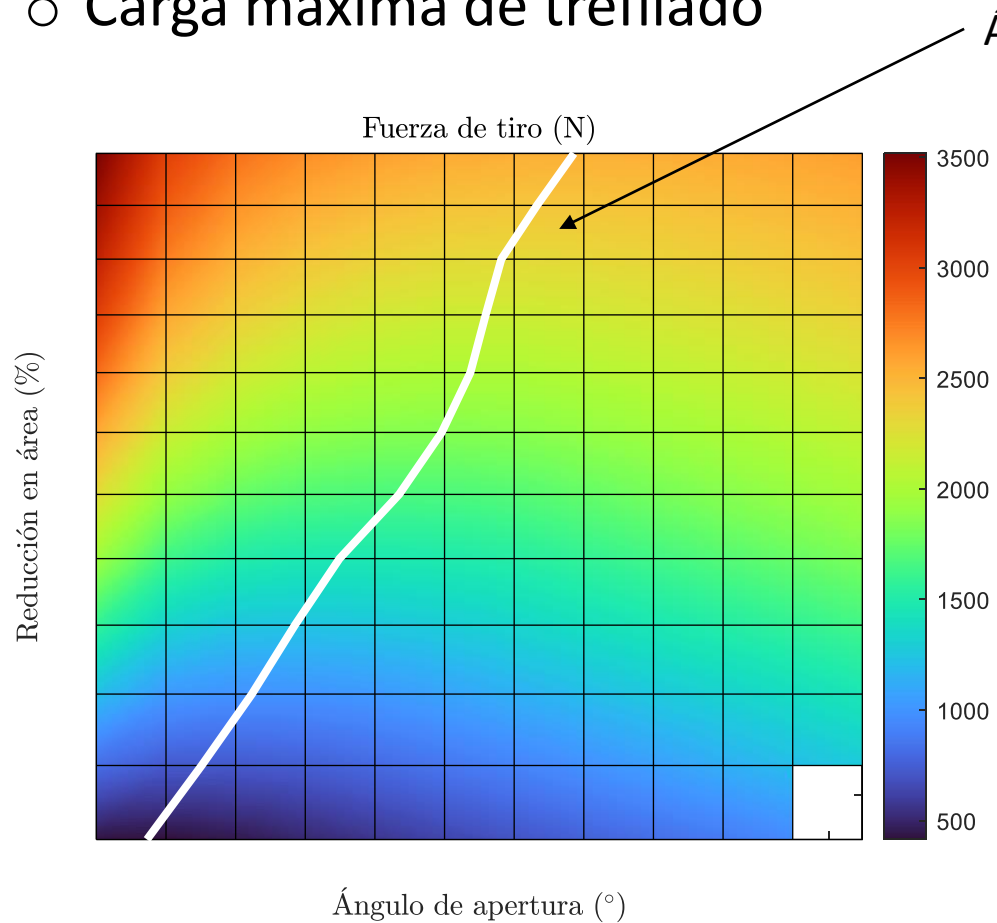


Estudio paramétrico FEM

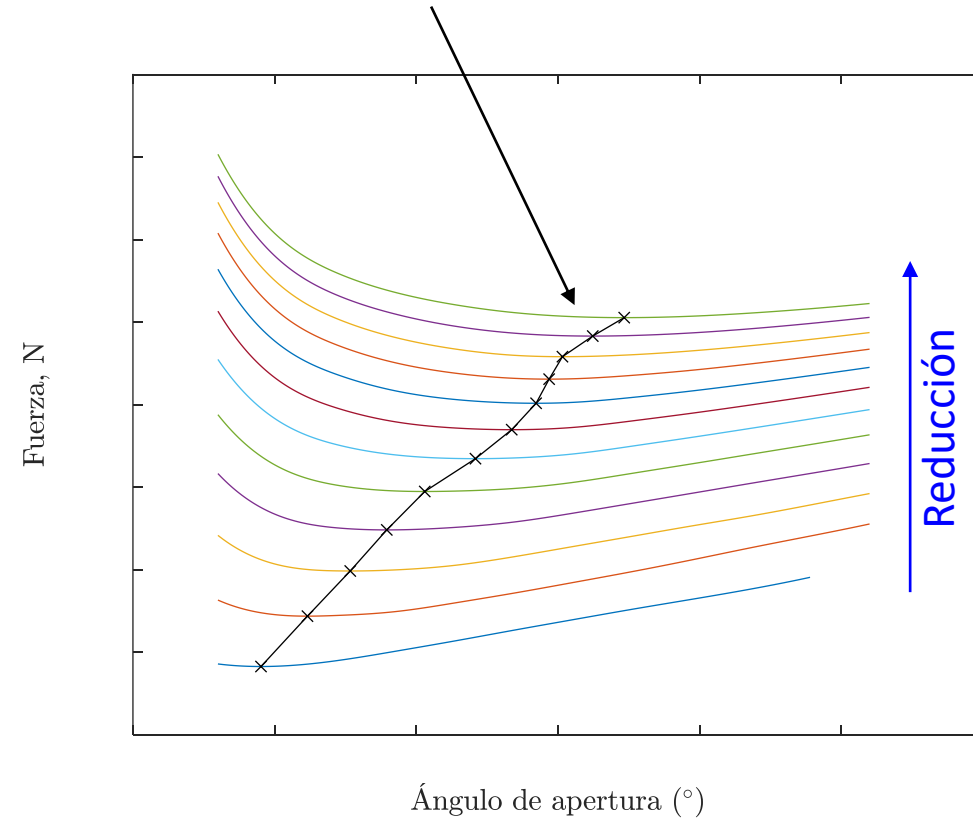


Estudio paramétrico FEM

- Carga máxima de trefilado



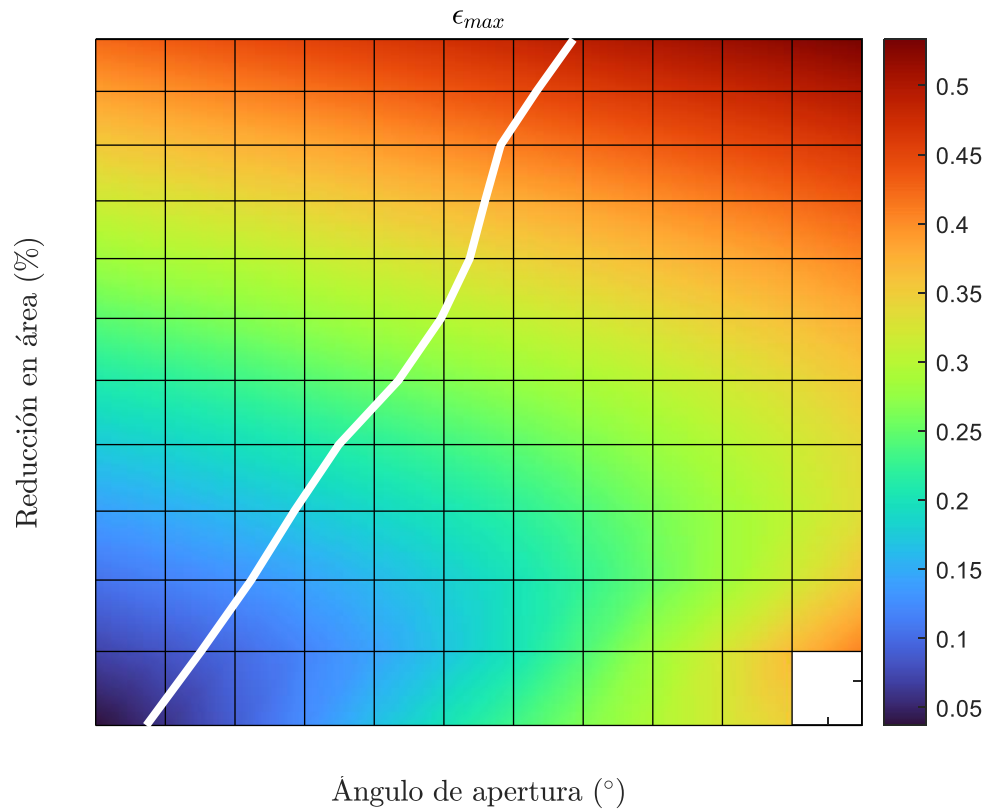
Ángulo óptimo de trefilado (Carga mínima para cada reducción)



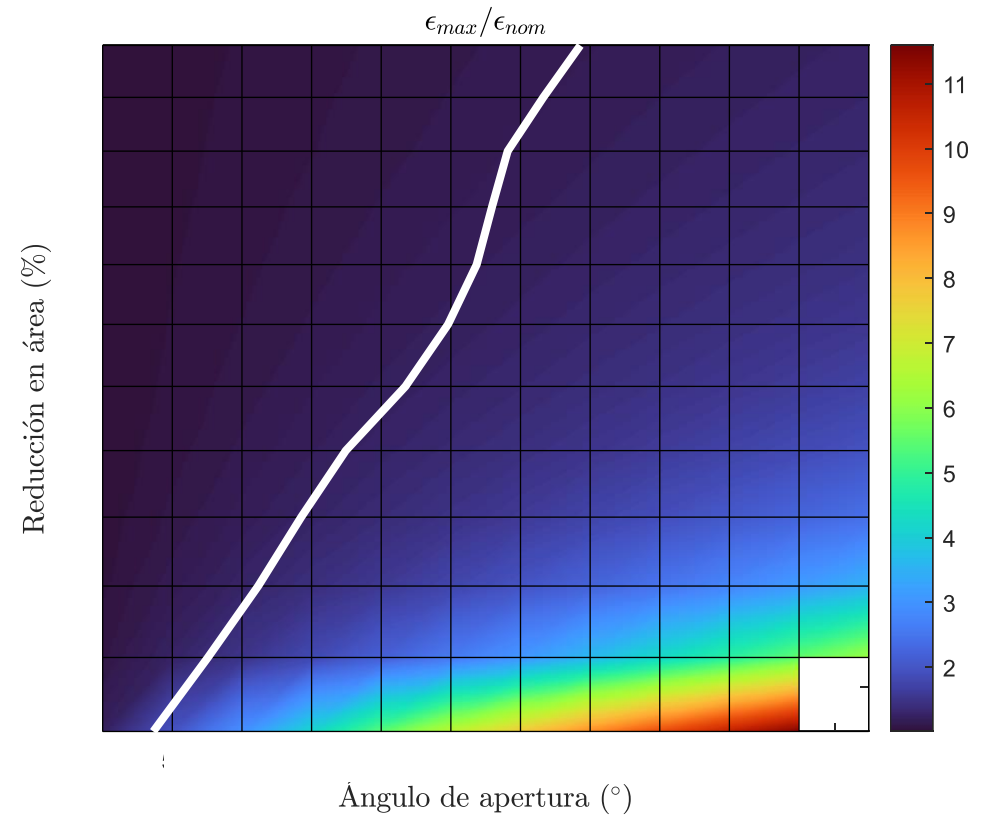
Estudio paramétrico FEM

- Homogeneidad de deformación

Deformación máxima (superficial)

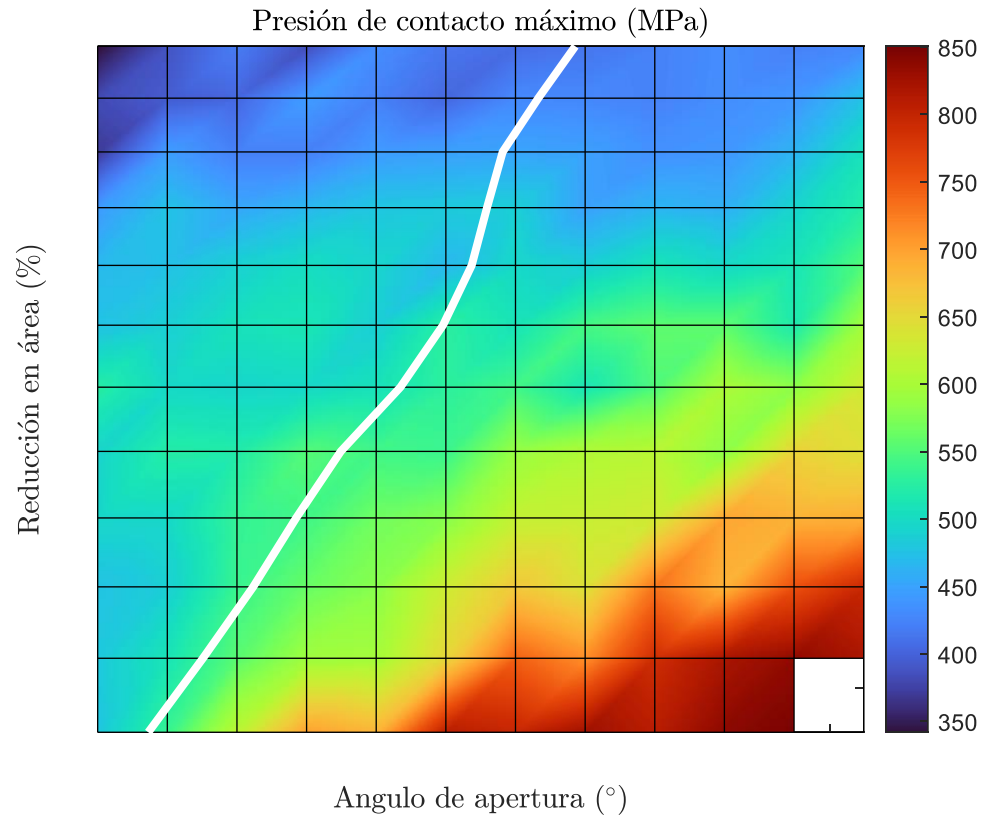


Homogeneidad de la deformación
(Deformación máxima / mínima)



Estudio paramétrico FEM

- Desgaste de herramientas



Esquema

- Contexto y objetivos del problema
- Modelos físicos
 - Modelo mecánico del trefilado
 - Modelo de tratamientos térmicos
- Elaboración de la app
 - Módulo de diseño automático de pasadas de trefilado / tratamientos térmicos
 - Módulo de cálculo de propiedades
- Estado actual y líneas de futuro
 - Generación automática de reports
 - Optimización de tratamiento en horno

Modelos físicos – Tratamientos

Se realizaron una serie de tratamientos térmicos en alambres de aluminio variando temperaturas y tiempos:

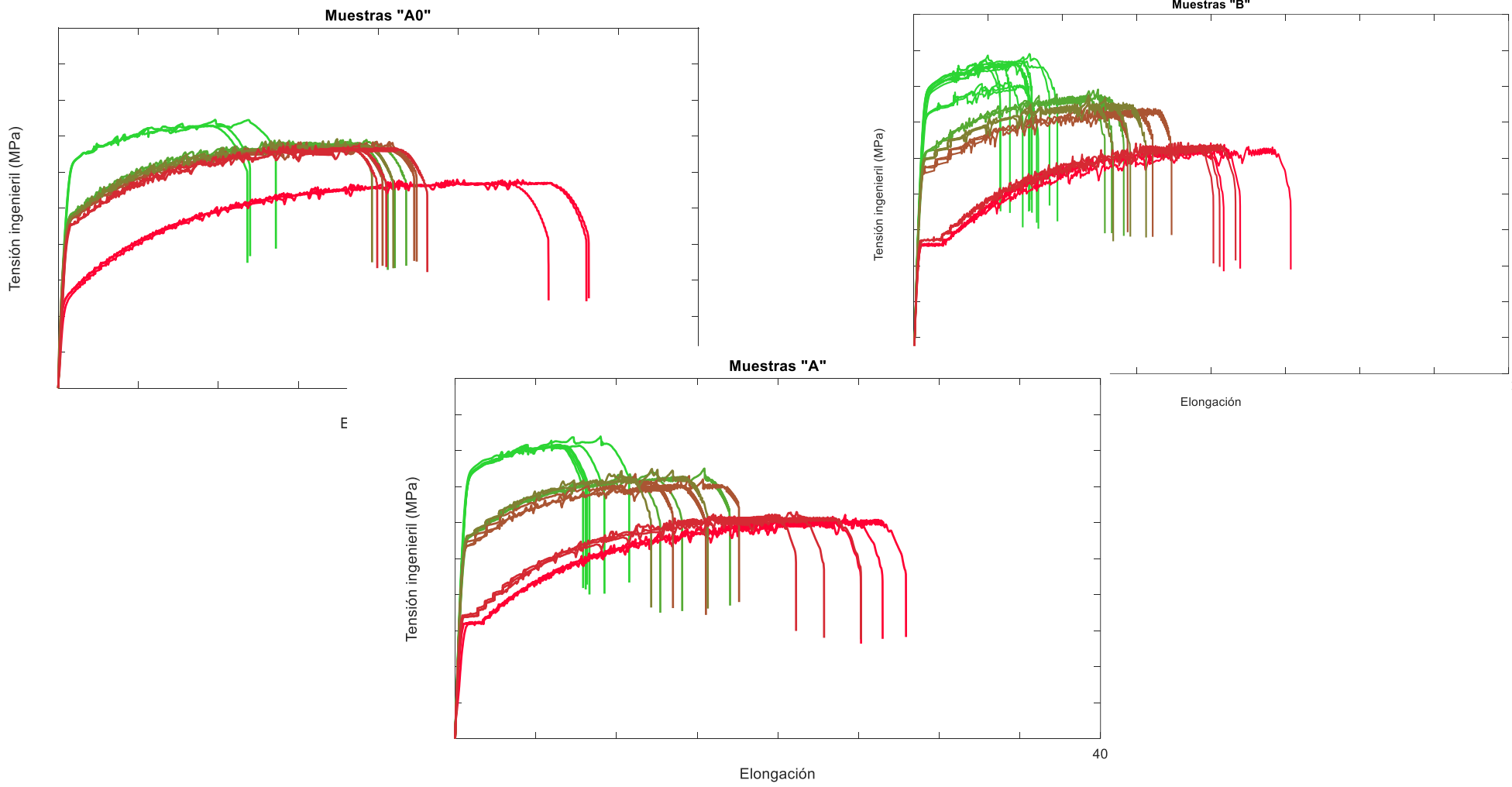
1. Estado inicial: Predeformado (45% – 90%)
2. Temperaturas: $200^{\circ}C$ – $350^{\circ}C$
3. Tiempos: 0.5 – 8 horas

para evaluar:

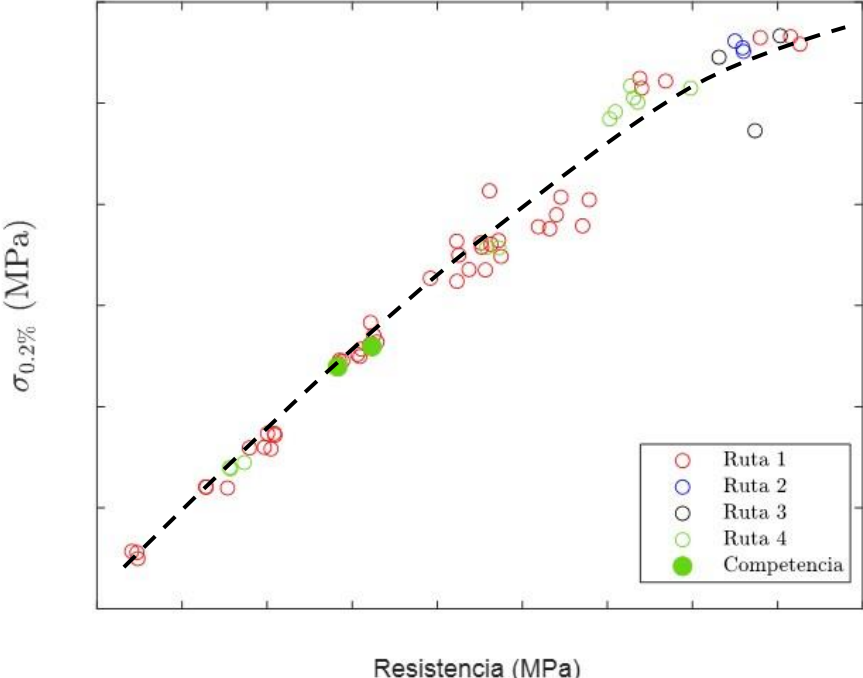
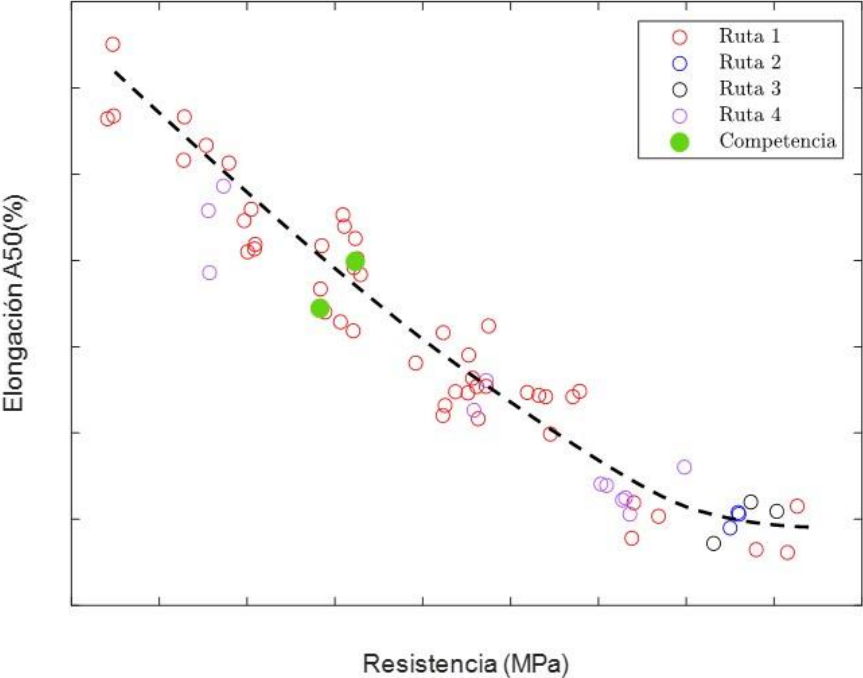
1. La resistencia mecánica (UTS)
2. La dureza (HV/HB)
3. La elongación a fractura (A%)



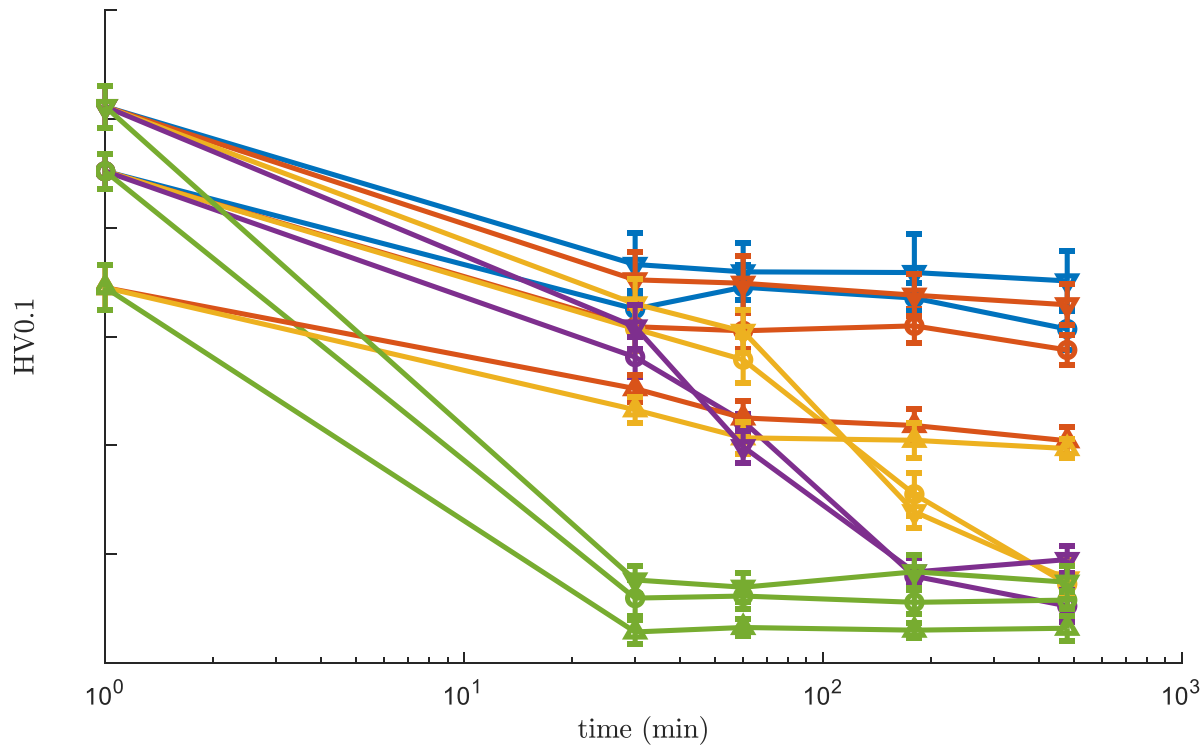
Modelos físicos – Tratamientos



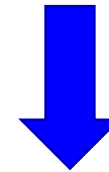
Modelos físicos – Tratamientos



Modelos físicos – Tratamientos



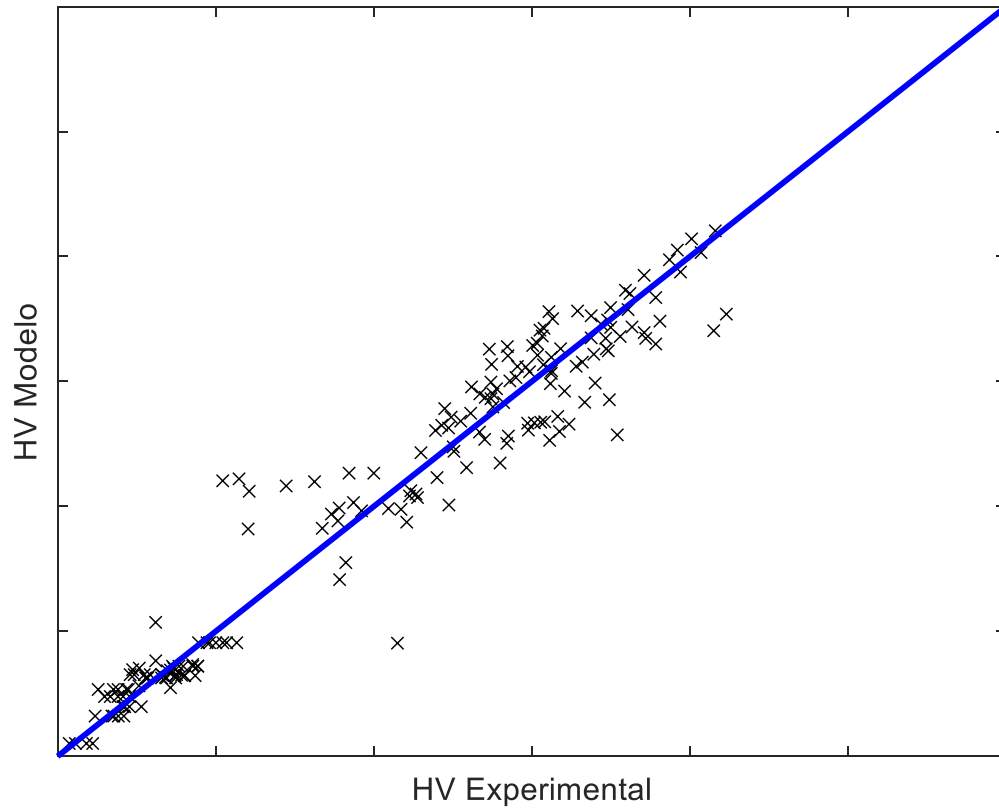
Fenómenos de restauración +
recristalización estáticas
promueven un ablandamiento
del material



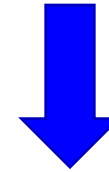
Modelo fenomenológico
ajustado a resultados
experimentales mediante
MATLAB



Modelos físicos – Tratamientos



Fenómenos de restauración +
recristalización estáticas
promueven un ablandamiento
del material



Modelo fenomenológico
ajustado a resultados
experimentales mediante
MATLAB



Esquema

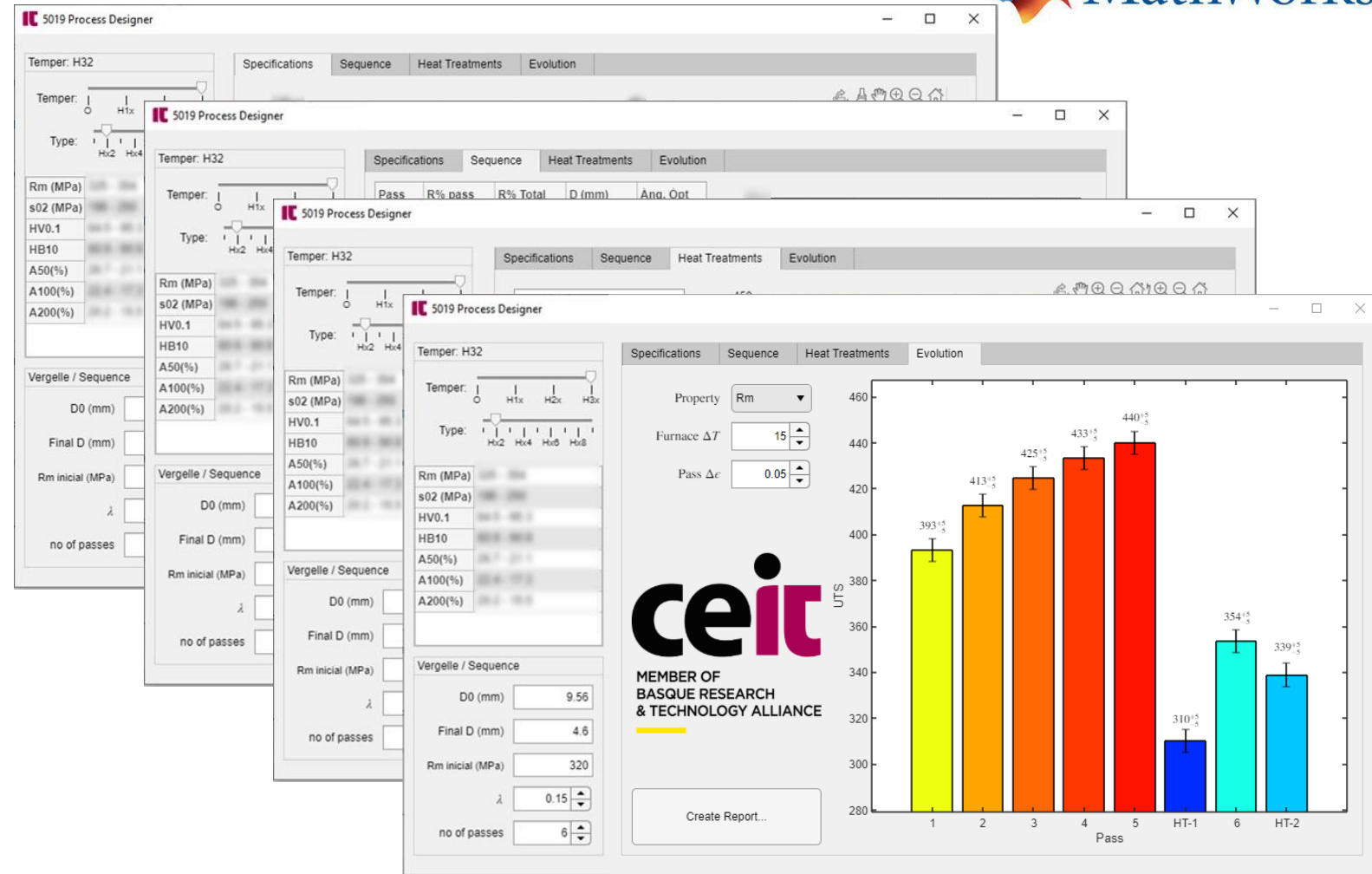
- Contexto y objetivos del problema
- Modelos físicos
 - Modelo mecánico del trefilado
 - Modelo de tratamientos térmicos
- **Elaboración de la app**
 - Módulo de diseño automático de pasadas de trefilado / tratamientos térmicos
 - Módulo de cálculo de propiedades
- Estado actual y líneas de futuro
 - Generación automática de reports
 - Optimización de tratamiento en horno

App para el diseño de proceso

Se desarrolló una app mediante **MATLAB® App Designer** para generar una interfaz de fácil uso para un usuario sin experiencia con los modelos desarrollados.

Ventajas del desarrollo de la aplicación mediante **MATLAB® App Designer** :

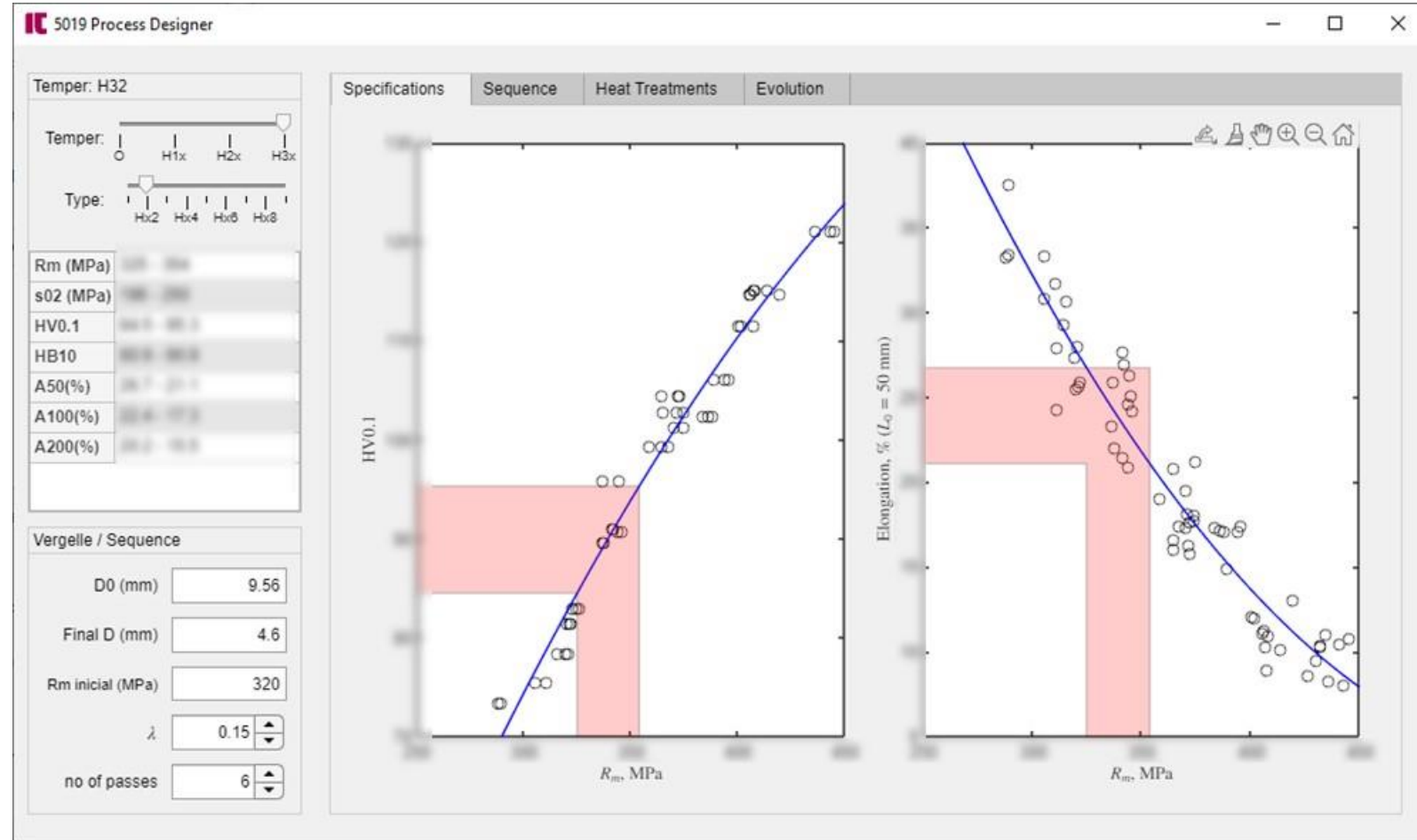
- 1) Herramienta sencilla para programadores no tan expertos
- 2) Documentación extensa y comunidad de usuarios amplia
- 3) Interfaz de aspecto profesional y personalizable
- 4) Integración fluida con otras herramientas de Matlab



App para el diseño de proceso

Se desarrolló una app mediante
MATLAB® App Designer

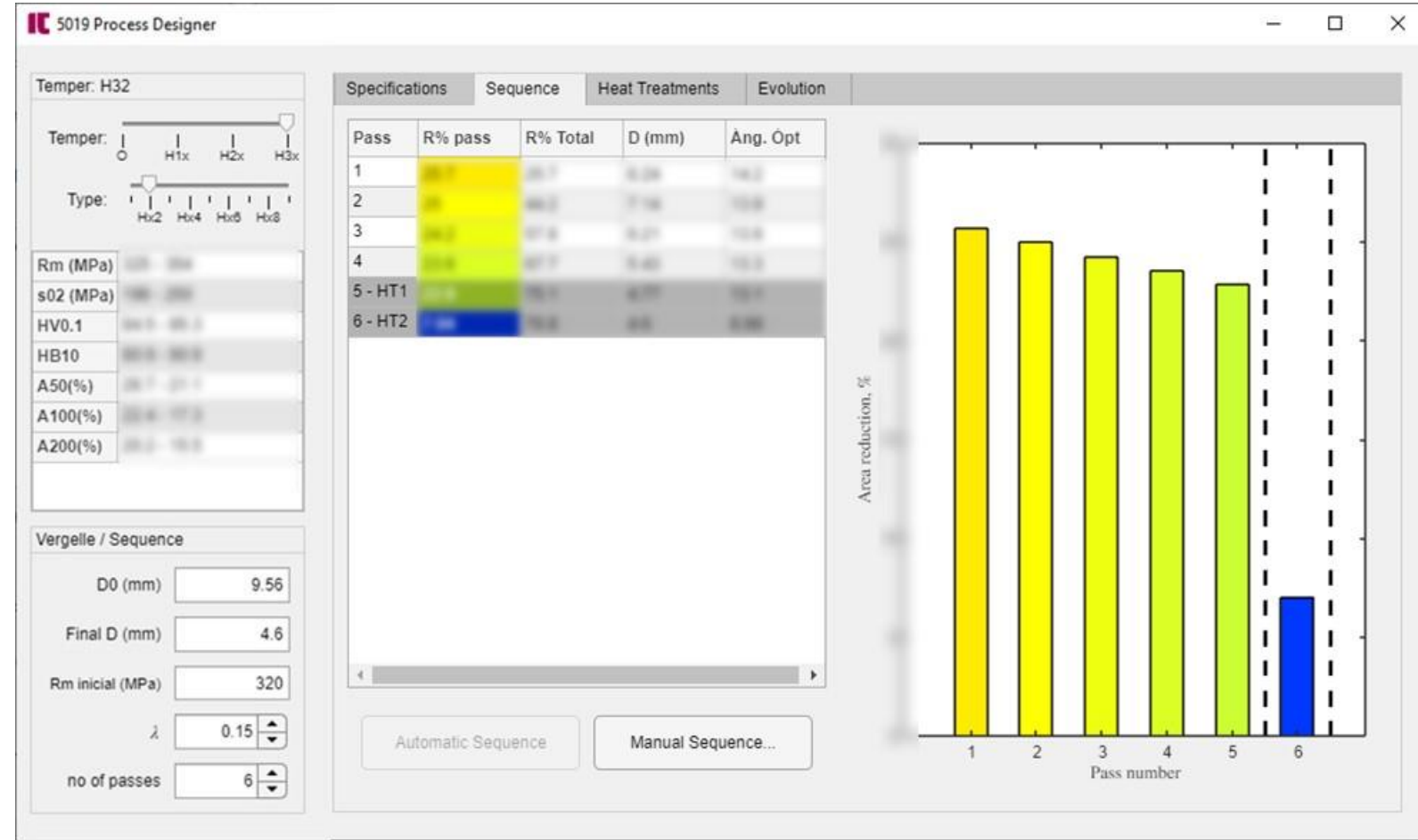
1. Módulo de **selección** del alambión y **especificaciones** de cliente (selección de temper)



App para el diseño de proceso

Se desarrolló una app mediante
MATLAB® App Designer

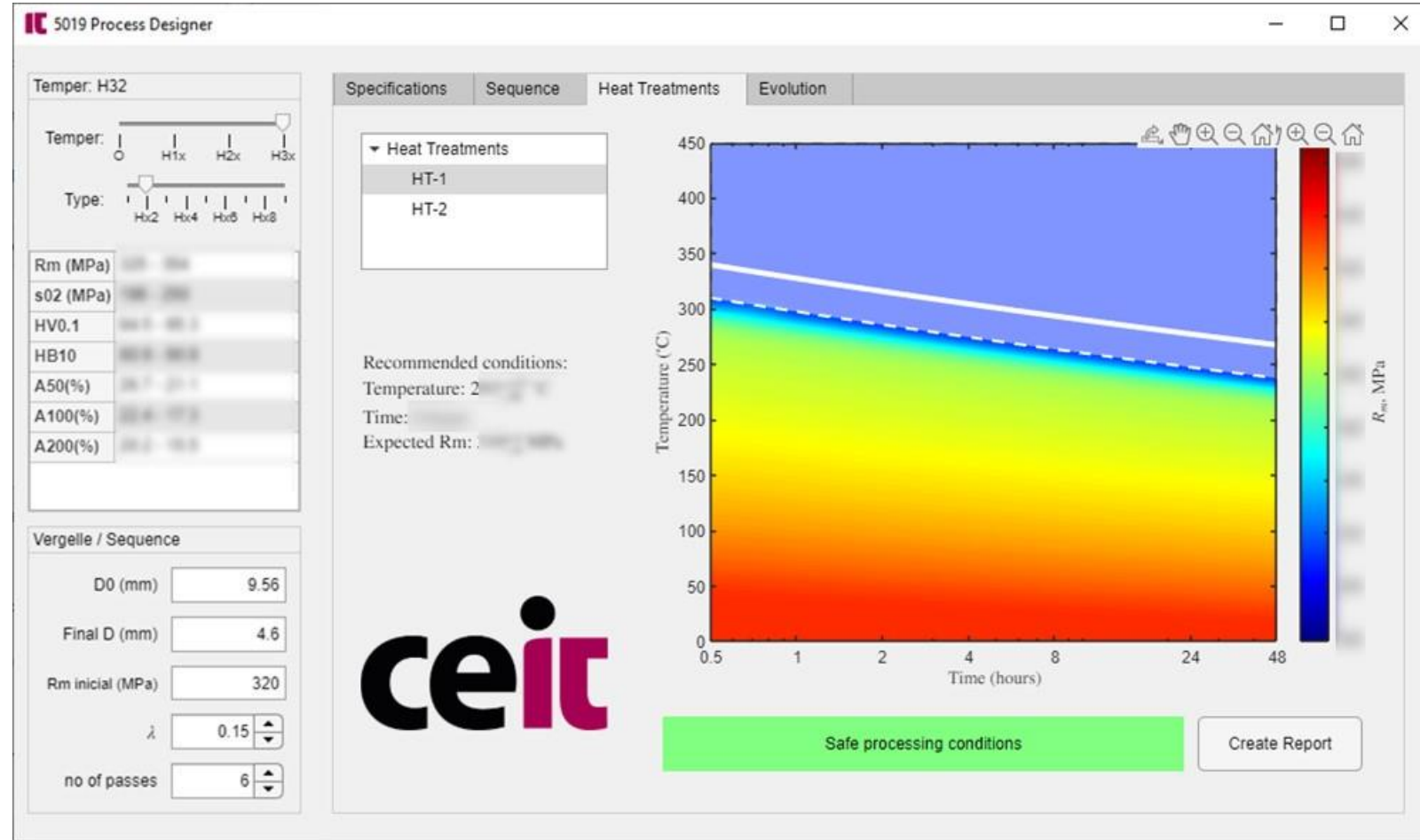
2. Módulo de **cálculo automático** de pasadas, reducciones y ángulos de trefilado y de tratamientos térmicos



App para el diseño de proceso

Se desarrolló una app mediante
MATLAB® App Designer

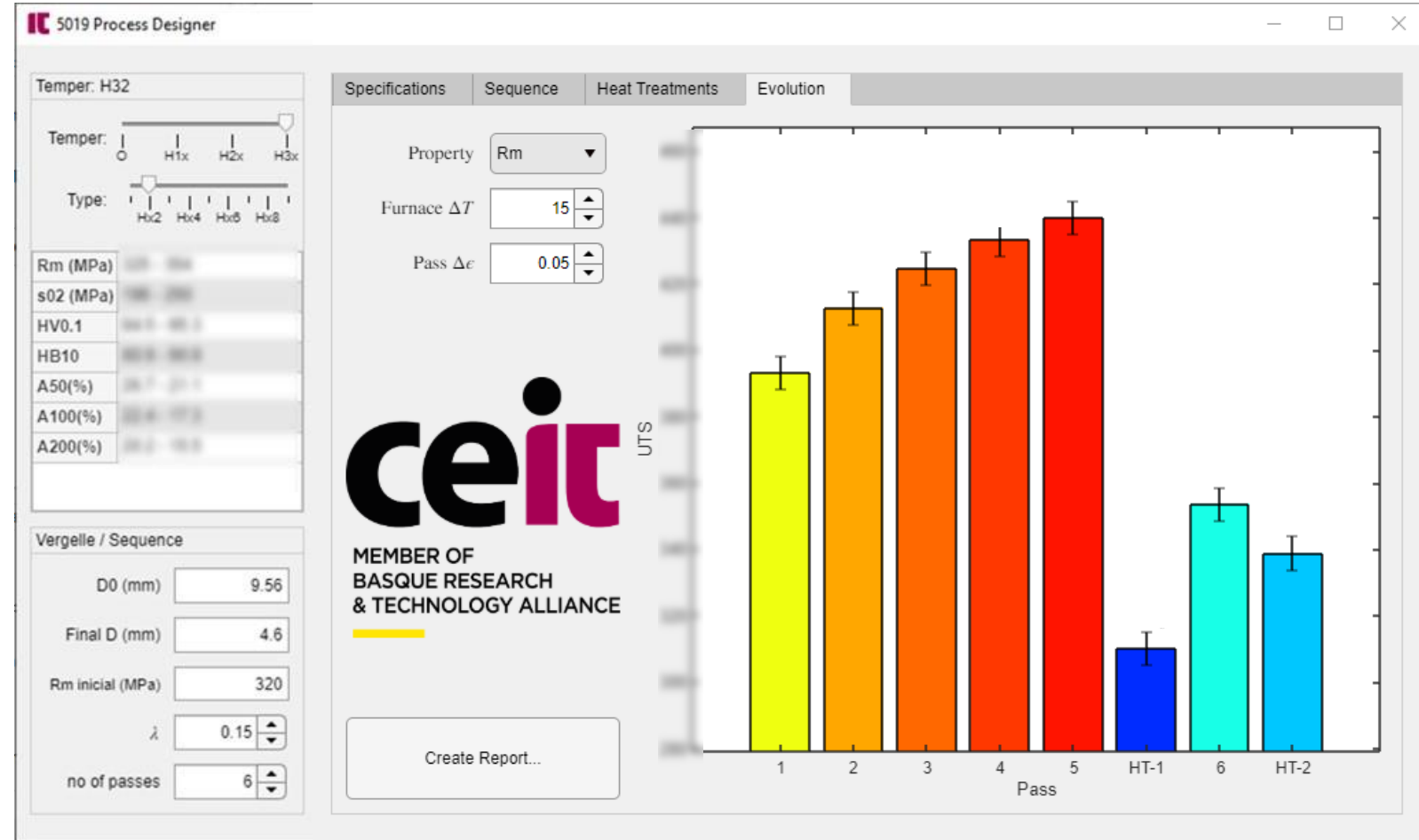
3. Módulo de visualización de tratamientos térmicos



App para el diseño de proceso

Se desarrolló una app mediante
MATLAB® App Designer

4. Módulo de visualización de
resultados



App para el diseño de proceso

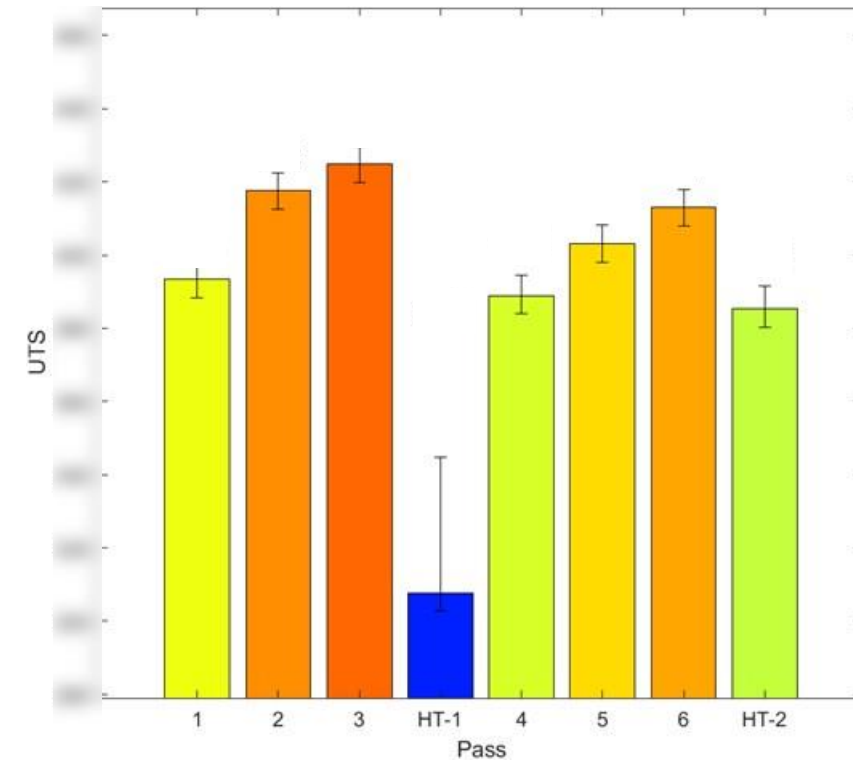
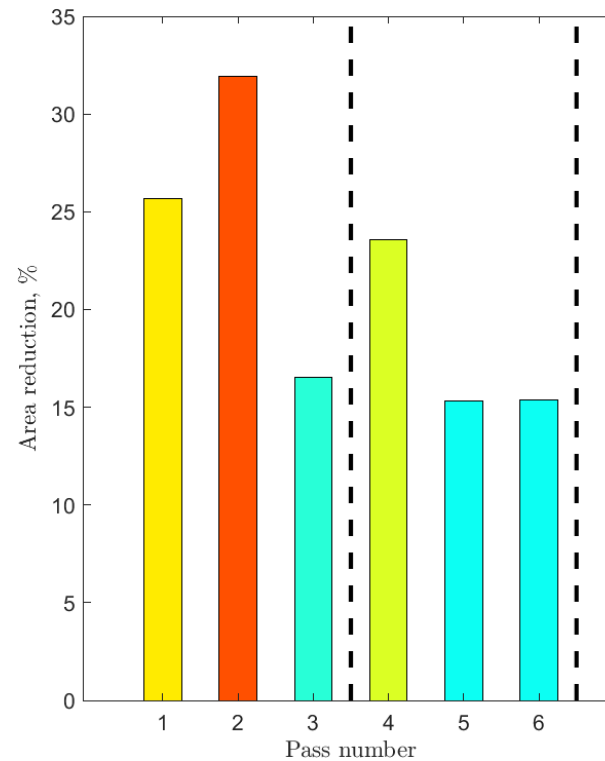
5. Módulo de **cálculo manual** de proceso

Manual Designer

	D (mm)	HT
1	8.24	<input type="checkbox"/>
2	6.8	<input type="checkbox"/>
3	6.21	<input checked="" type="checkbox"/>
4	5.43	<input type="checkbox"/>
5	5	<input type="checkbox"/>
6	4.6	<input checked="" type="checkbox"/>

After pass:	T (°C)	t (hours)
3	270	8
6	119.7	8

OK



Esquema

- Contexto y objetivos del problema
- Modelos físicos
 - Modelo mecánico del trefilado
 - Modelo de tratamientos térmicos
- Elaboración de la app
 - Módulo de diseño automático de pasadas de trefilado / tratamientos térmicos
 - Módulo de cálculo de propiedades
- Estado actual y líneas de futuro
 - Generación automática de reports
 - Optimización de tratamiento en horno

Generación de Informes

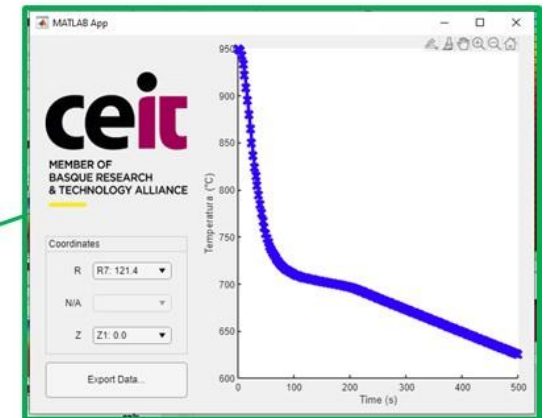
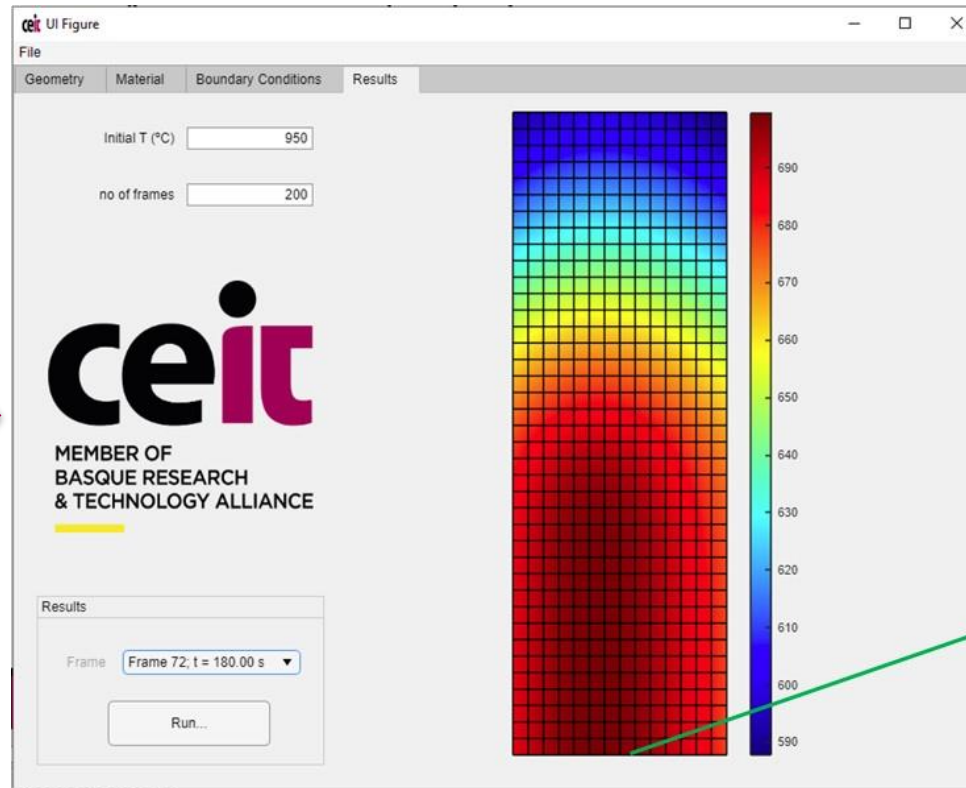
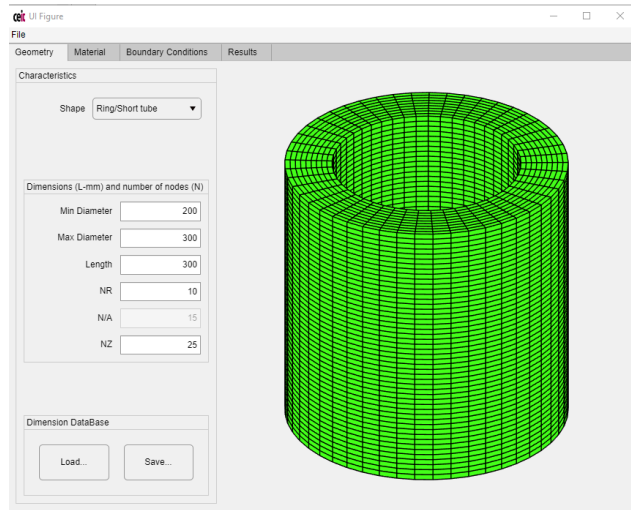
– Generación de informes de proceso automáticos en PDF para

MATLAB Report Generator

Diseñe y genere informes automáticamente desde las aplicaciones de MATLAB

App de tratamientos térmicos

– Calculador térmico para tratamiento en horno (FDM)



Trefilado preciso: Diseño de etapas y predicción de propiedades

Dr. Jon Alkorta

Co-Director del Grupo de Diseño y Comportamiento Mecánico

División de Materiales y Fabricación (CEIT-BRTA)

MathWorks Industry Day con Centros Tecnológicos de BRTA

Zamudio 27/09/2023