



# Desarrollo de método de Soldadura/Corte de separadores del TM

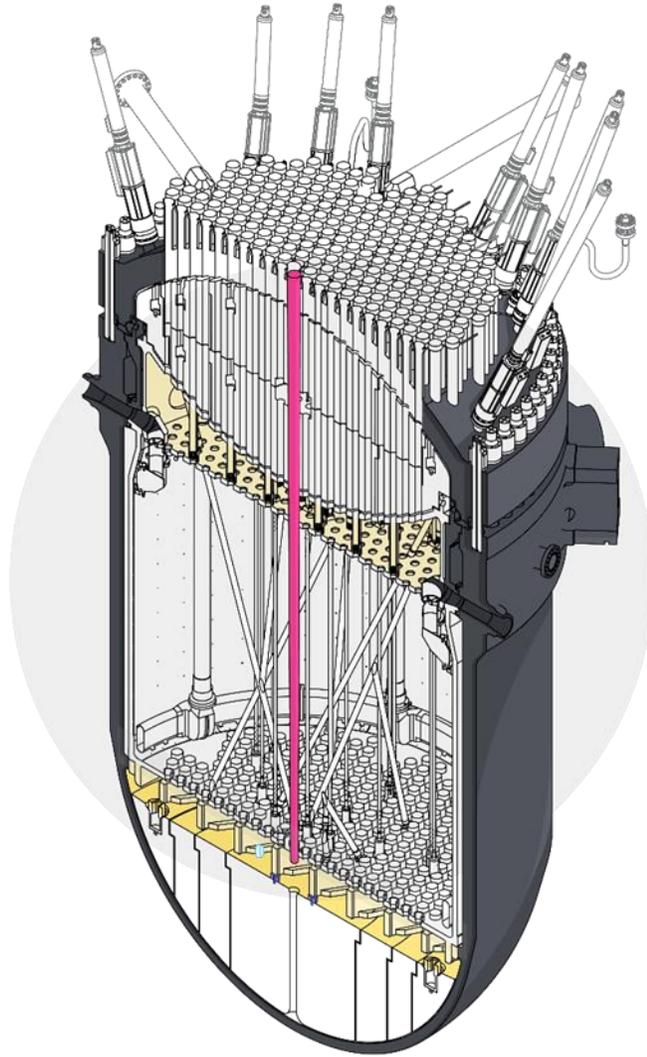
Para la intervención PP 2023 CNA UII



NUCLEOELECTRICA ARGENTINA S.A.



## Ubicación a intervenir



# Antecedentes

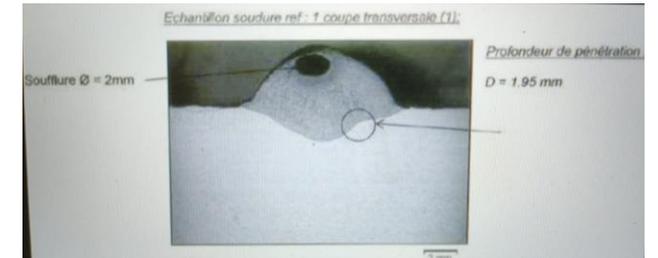


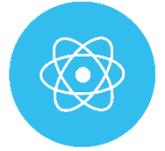
Reparación permanente resistente a la corrosión y libres de fisuras mediante equipos mecanizados o automatizados de manera remota.

La accesibilidad suele ser limitada por lo cual la soldadura seca bajo agua es difícil de llevar a cabo, excepto en casos puntuales, ya que requiere de la aplicación de cámaras hiperbáricas en la zona a soldar.

FRAMATONE reporto a 15 cm...

EPRI ha elaborado procesos de soldadura húmeda FCAW aplicable a aleaciones base níquel y aceros inoxidable para reparaciones de componentes internos de reactor bajo agua en profundidades de hasta 15 metros aproximadamente.





# Soporte de EPRI

En la reunión se analizó el problema en conjunto con especialistas en soldadura del EPRI, los cuales estuvieron de acuerdo con el planteo preliminar propuesto por NA-SA. A su vez, estos especialistas aportaron algunos aspectos a tener en cuenta.

- Se cuenta con un **informe del EPRI** en el cual se brindan detalles de pruebas realizadas en soldadura subacuática de con proceso **FCAW autoprotegido** para reparaciones de internos de acero inoxidable y aleaciones base níquel. Se pudieron lograr **soldaduras satisfactorias en ambos tipos de materiales hasta 50 ft de profundidad simulada (15 m aprox.)**, con la adición de gas externo y, hasta 20-30 ft sin gas (6-9 m).
- **Adicionalmente, se llevaron a cabo discusiones técnicas junto con EPRI para avanzar con la provisión del alambre tubular autoprotegido apropiado para soldaduras bajo agua.**



## BWRVIP-44-A: BWR Vessel and Internals Project

Underwater Weld Repair of Nickel Alloy Reactor  
Vessel Internals

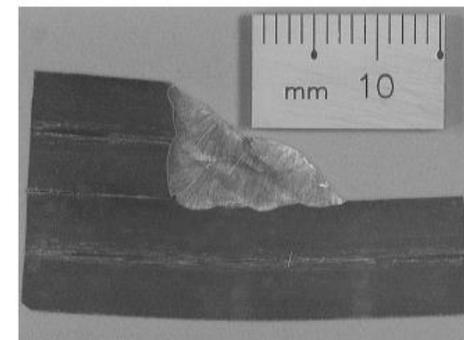
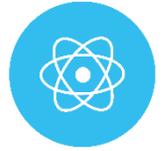
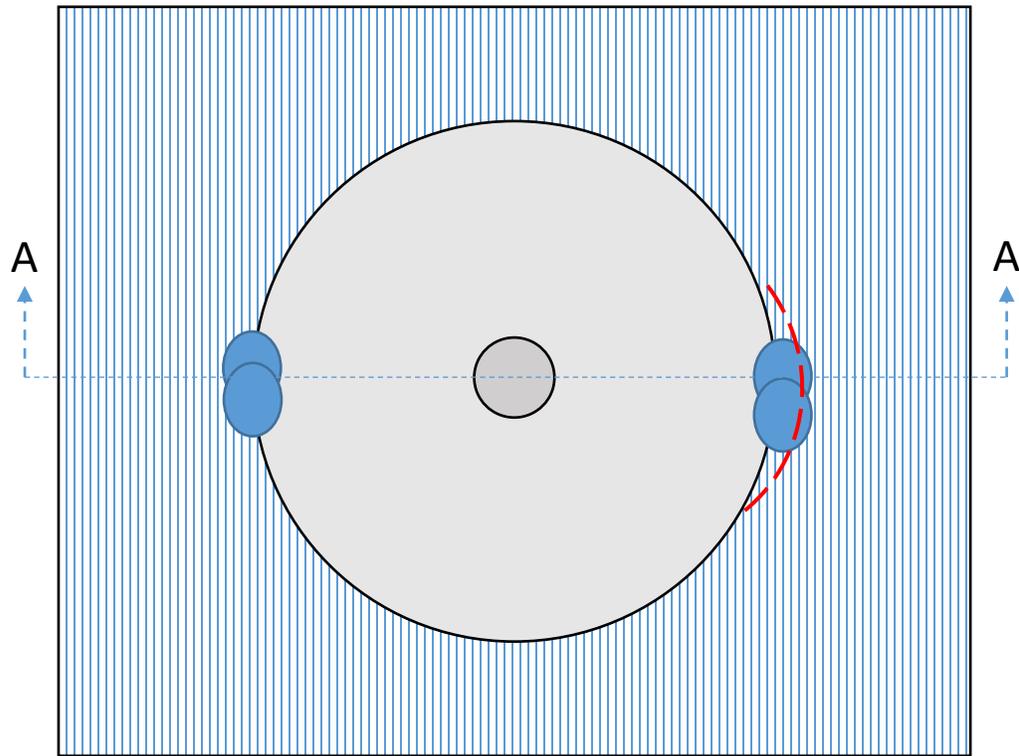


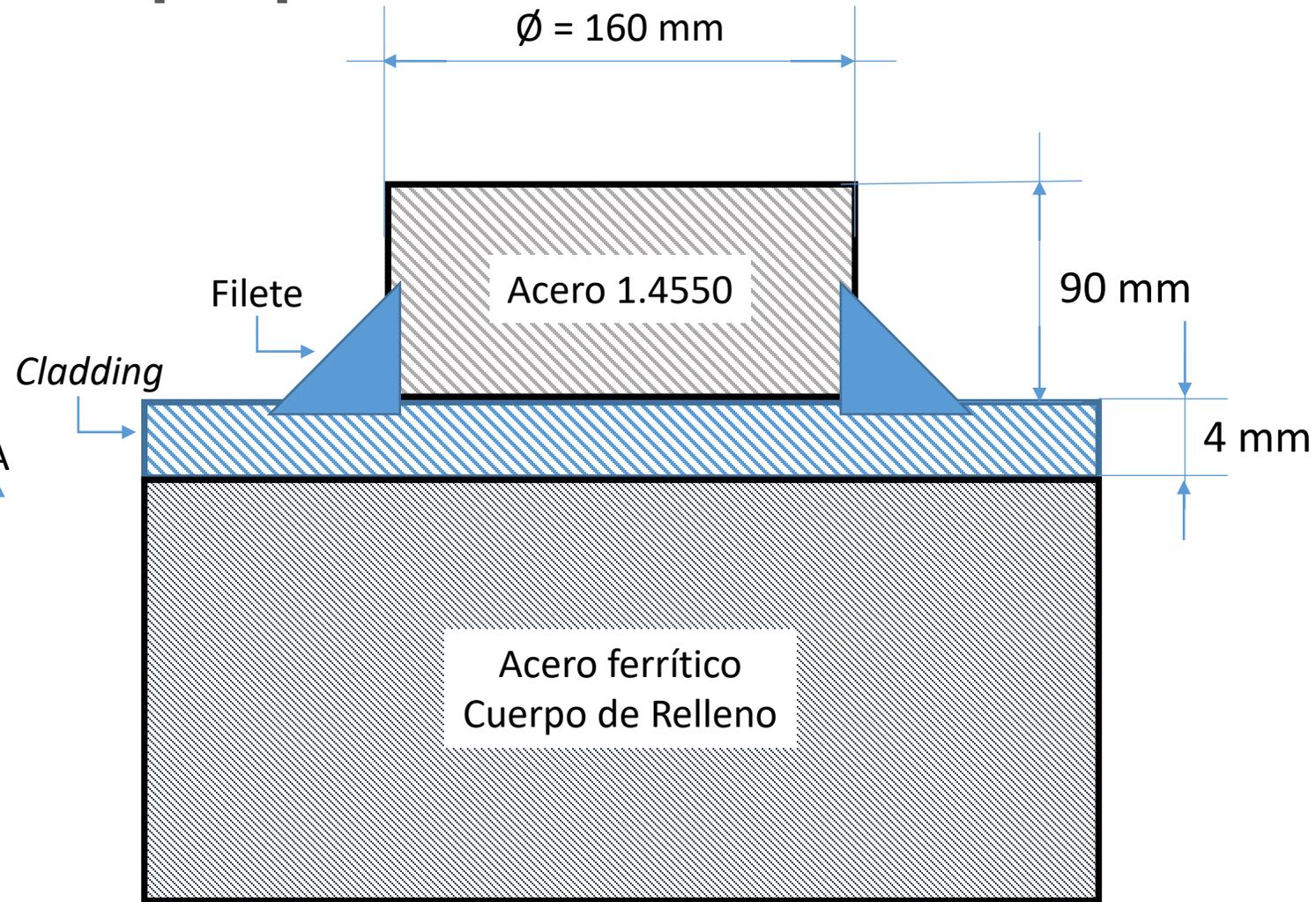
Figure 4-5  
Cross-Section of 3/8-in. to 3/8-in. Type 304 SS Lap Joint



# Esquema de la soldadura propuesta

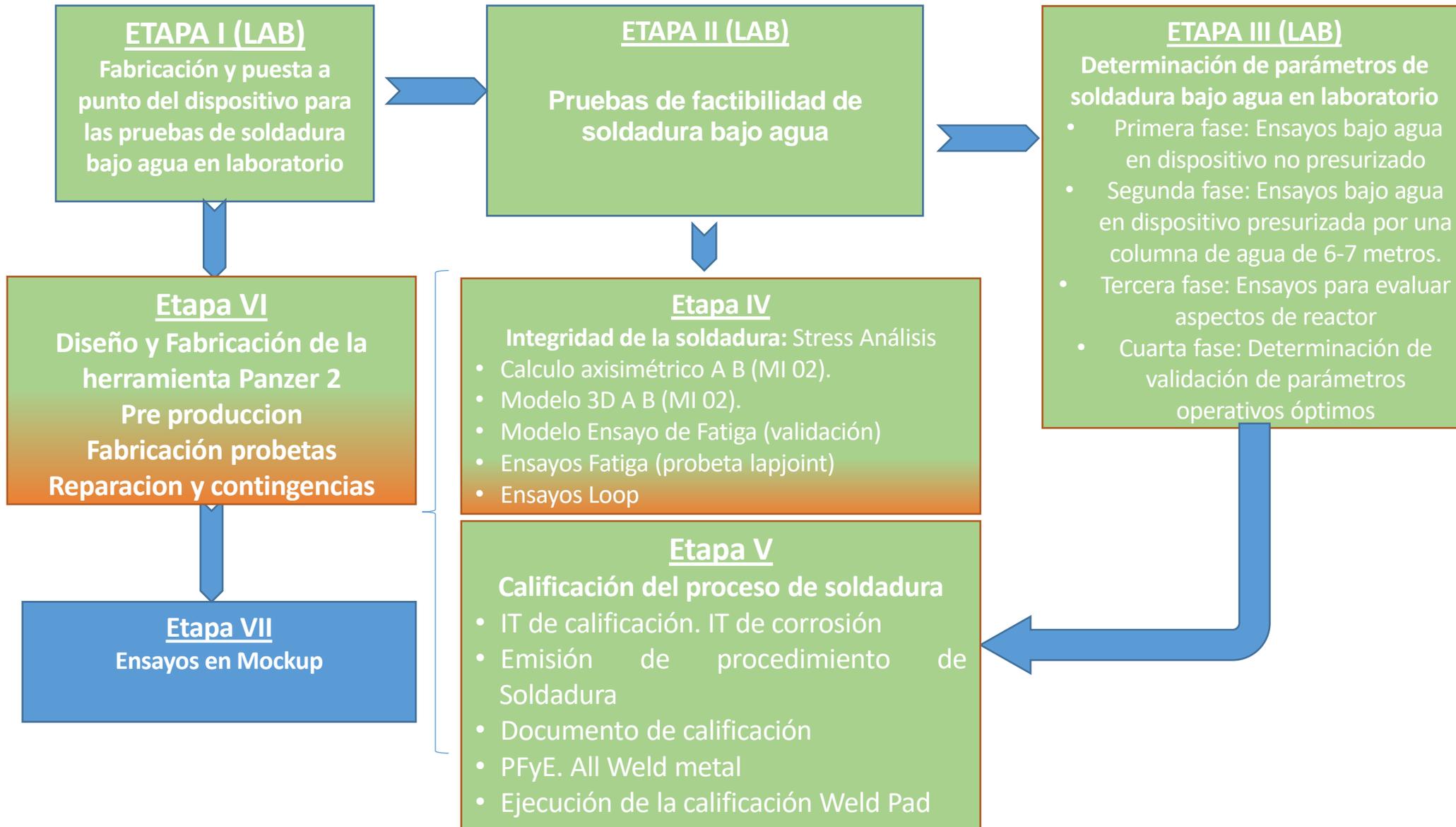


Vista en planta



Corte A-A

# Desarrollo del proceso



# Proceso de soldadura



Durante las pruebas se emplearon dos tipos de alambres tubulares autoprotegidos, los cuales se detallan a continuación:

- AWS A5.20 E71T-GS. Alambre tubular autoprotegido de acero al carbono. Diámetro 0,8mm.
- AWS A5.22 E308LT FC-O. Alambre tubular autoprotegido de acero inoxidable. Diámetros 0,9mm y 1,2mm.

El material de aporte de acero inoxidable fue provisto por la empresa COR-MET. El mismo figura como material recomendado en el artículo del EPRI, dada su alta performance en las pruebas.



Imagen 3. Soldadora AXO X-MIG 5003 SYNERGIC

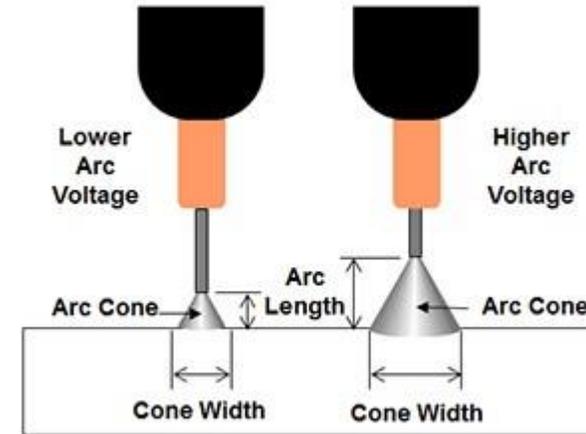
Soldadura bajo agua

# Proceso de soldadura

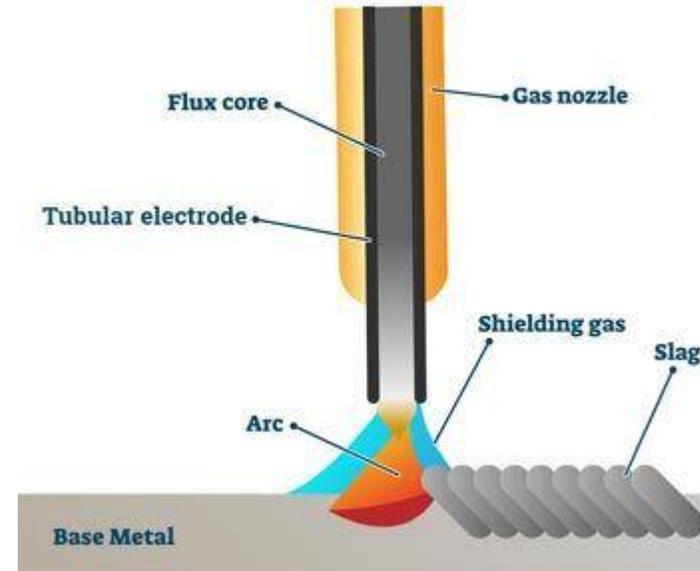
Voltaje de arco y velocidad de alimentación de alambre

Gases de protección

Material de aporte



## FCAW WELDING



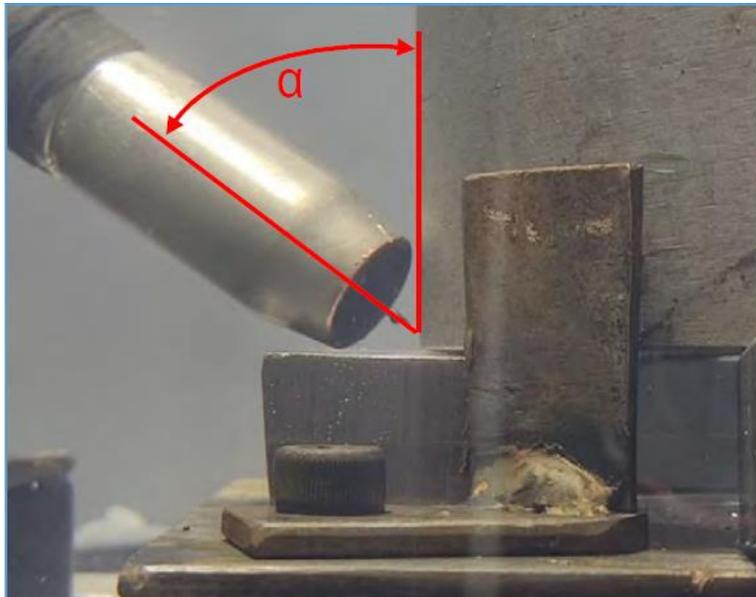
# Proceso de soldadura



## Posicionamiento de la torcha de soldadura

El posicionamiento de la torcha está definido por las siguientes variables

- Ángulo  $\alpha$ : Ángulo entre la torcha y la superficie de la pieza
- Ángulo  $\beta$ : Ángulo entre la torcha y la normal a la dirección de avance de la pieza
- Stick-out: Distancia del tubo de contacto a la pieza



# Proceso de soldadura ETAPA I



## Dispositivo para filete

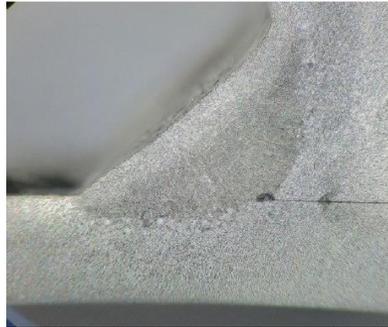
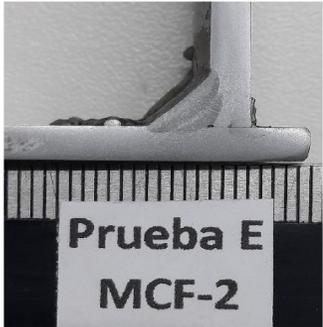
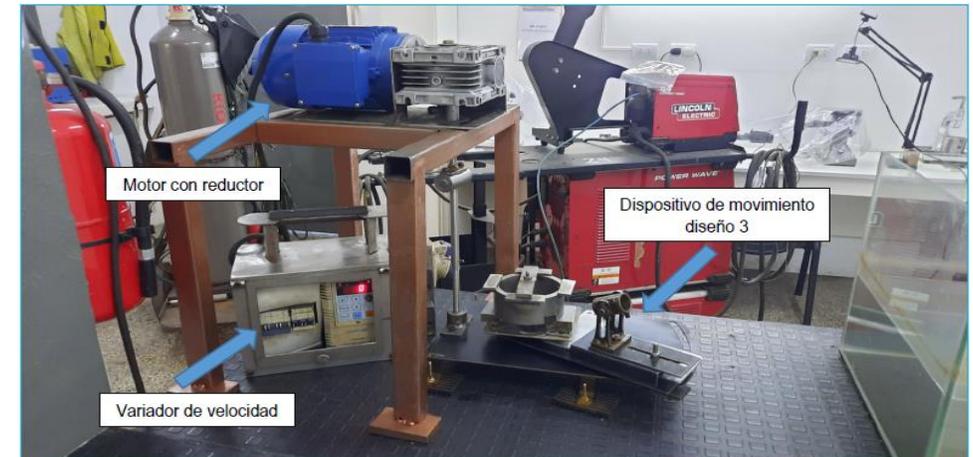
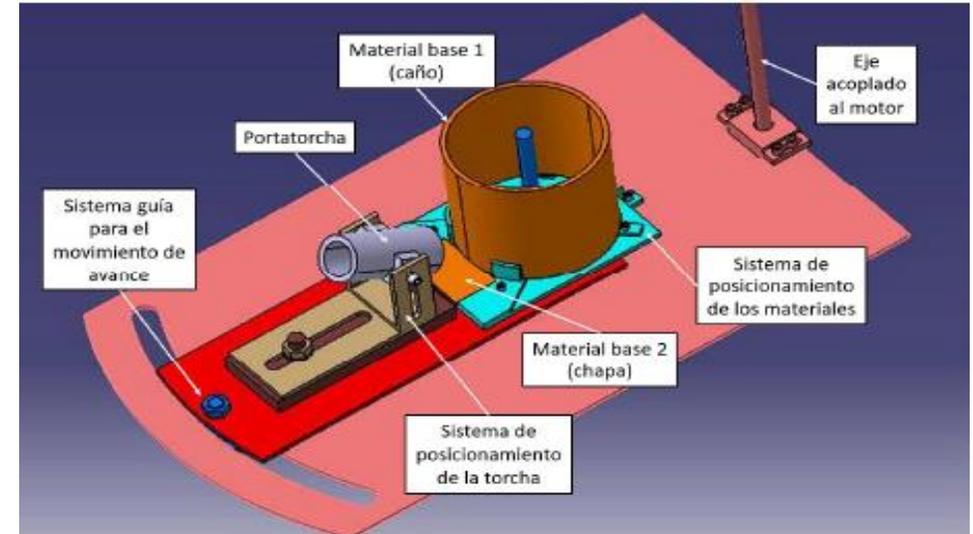
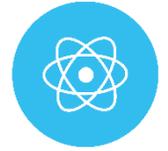


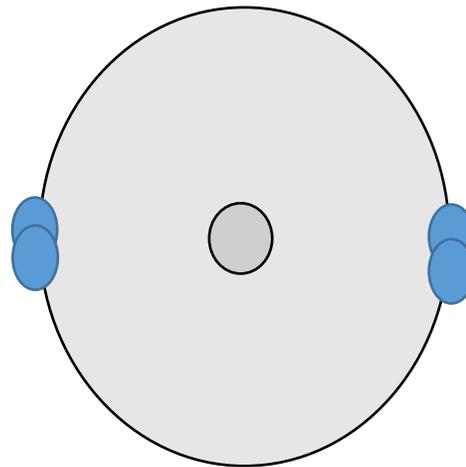
Imagen 5. Dispositivo diseño 1



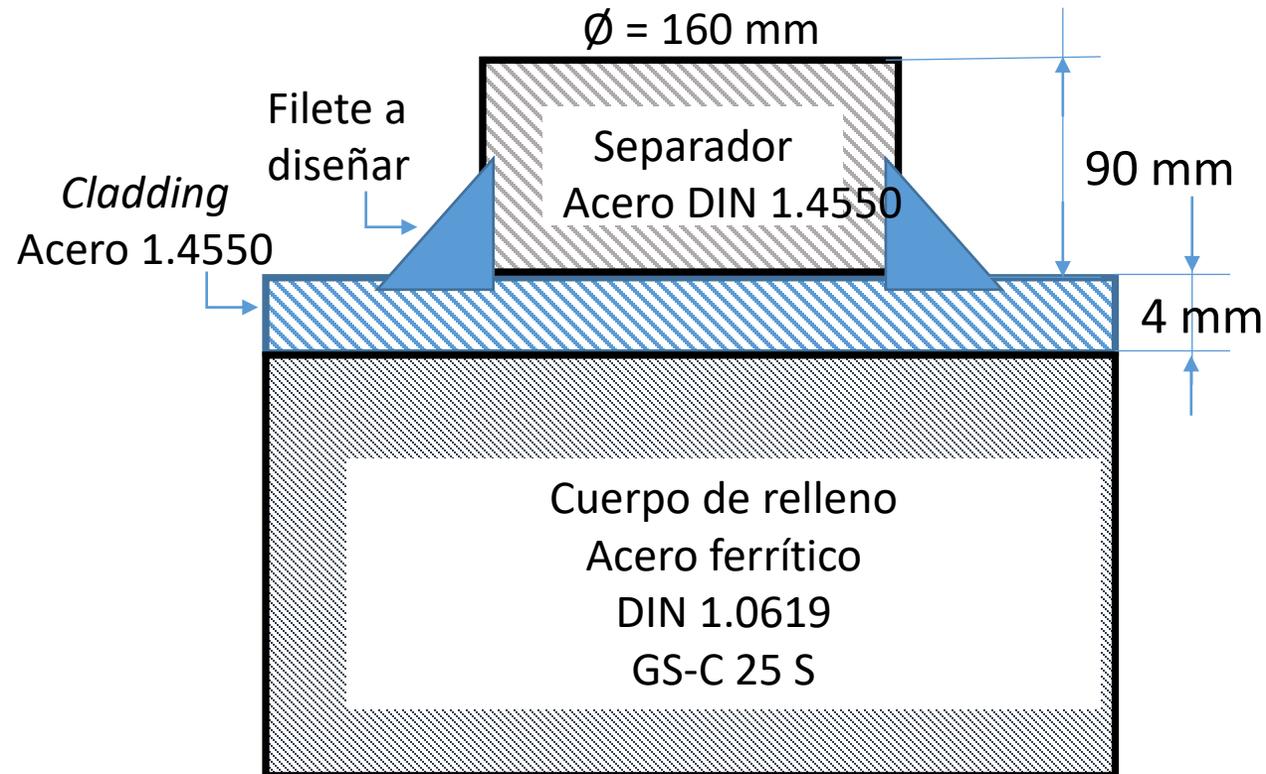


# Análisis estructural Etapa IV

- Se elaboró modelos FEM tridimensionales elásticos y elasto-plásticos para considerar los esfuerzos sobre las soldaduras debido a:
  - Diferencias de expansión térmica entre el acero ferrítico (cuerpo inferior de relleno) y el separador de acero inoxidable austenítico.
  - Cargas producto del flujo en operación.



Vista en planta

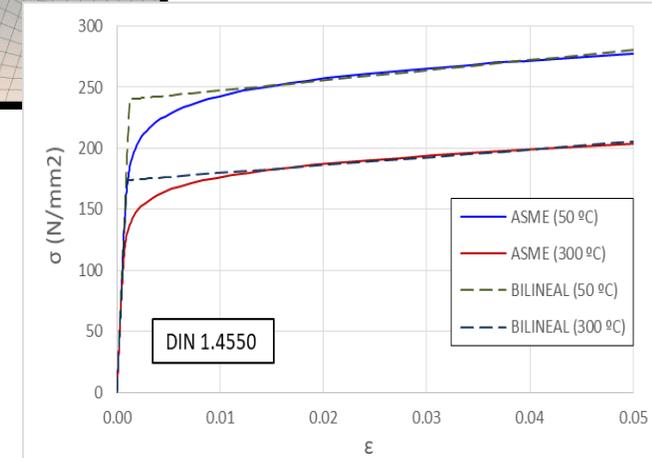
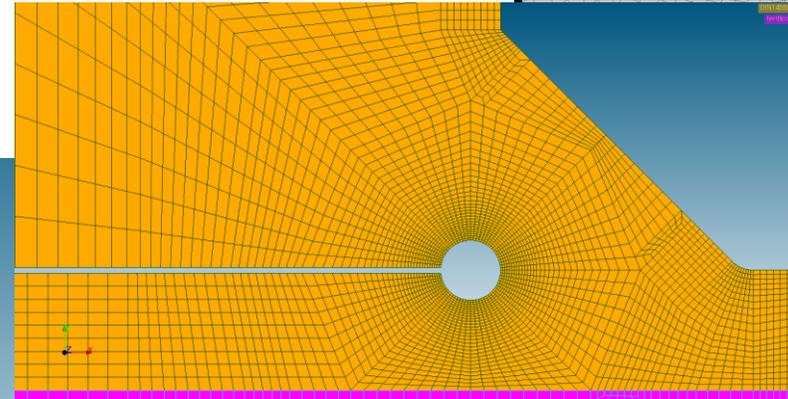
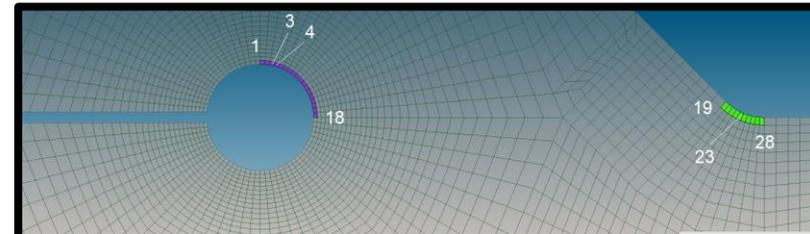
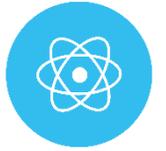


Corte A-A

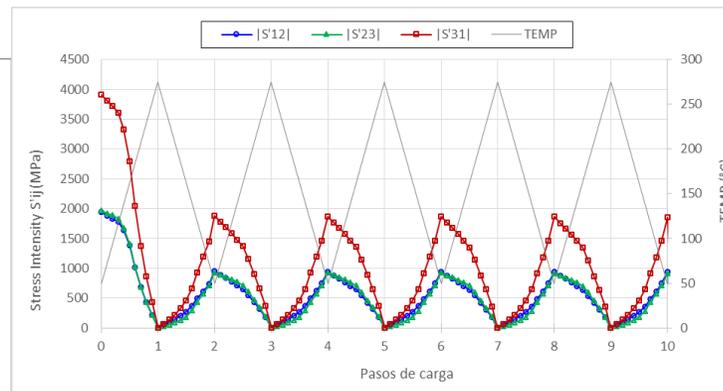
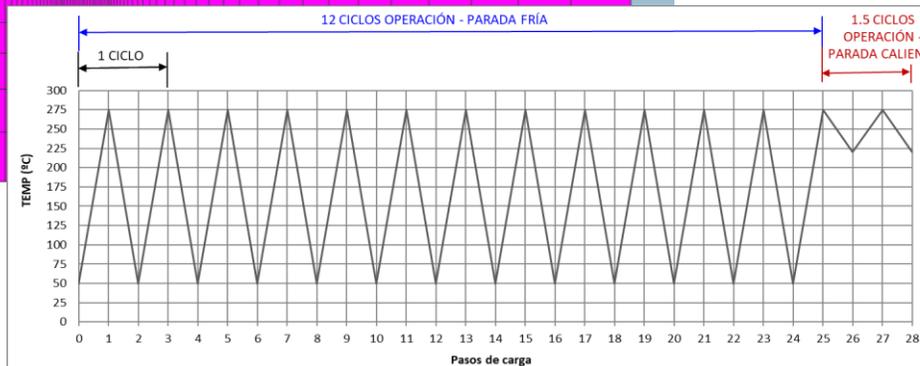
MODELO: 1° APPROACH

# AXISIMÉTRICO

Geometría + Malla



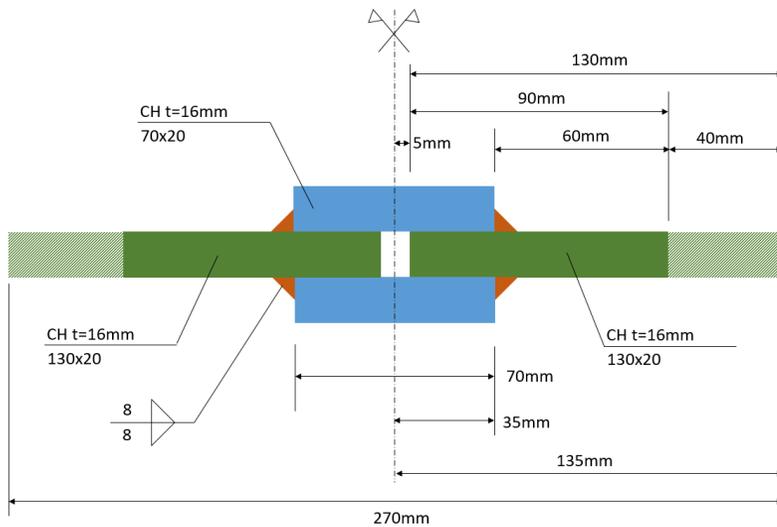
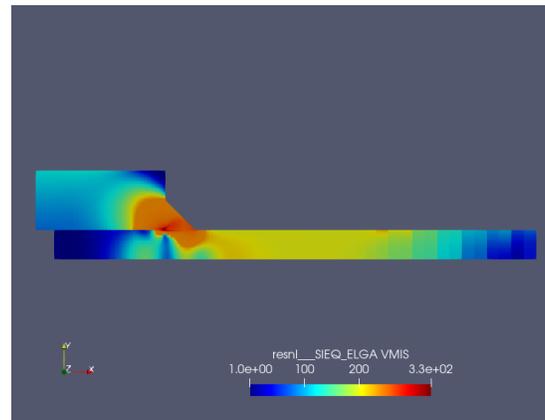
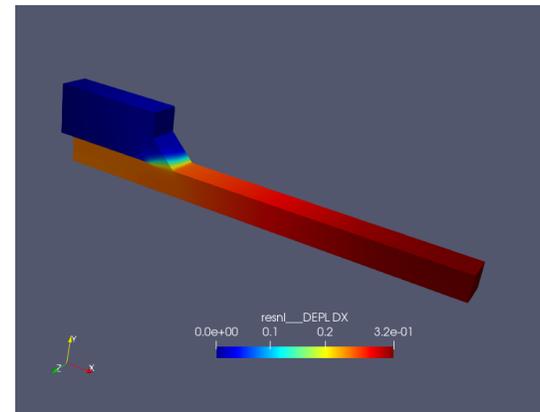
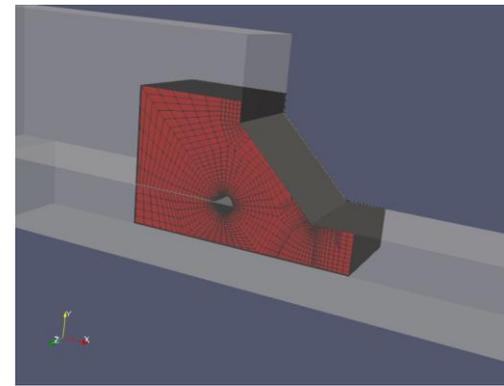
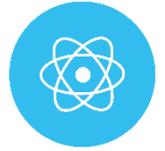
Paso 7a	Paso 7b	Paso 8	Paso 9	Paso 10	Paso 11a	Paso 11b
$S_{r,ij}$ (MPa)	$S_r$ (MPa)	$S_a$ (MPa)	$S_a^*$ (MPa)	$N_a$	$F_{en}$	$N_e$
941	1862	931	960	505	3.34	151
921						
1862						



# Soldadura bajo agua

## Validación estructural de modelos de soldadura ETAPA IV

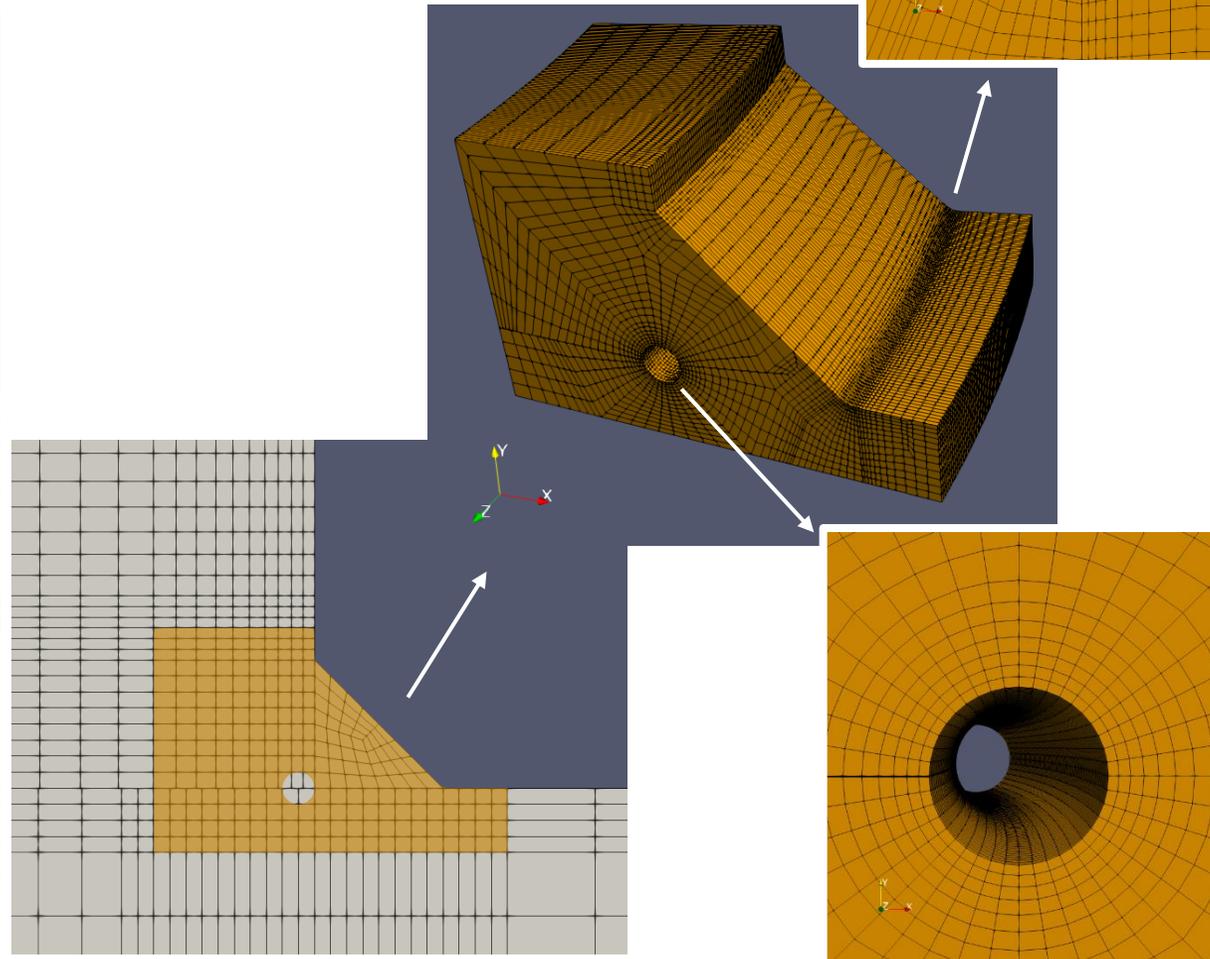
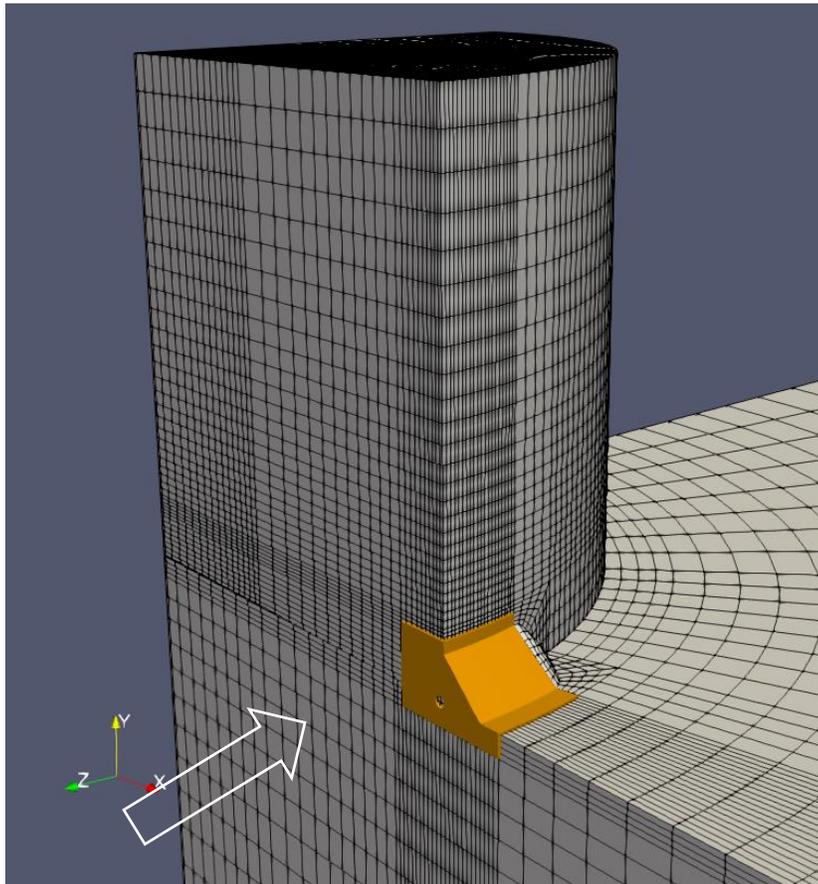
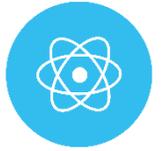
- **Probeta para ensayos de validación de modelos de soldadura**

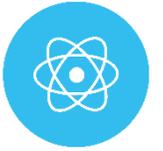


MODELO 3D

# GLOBAL+SUBMODELO

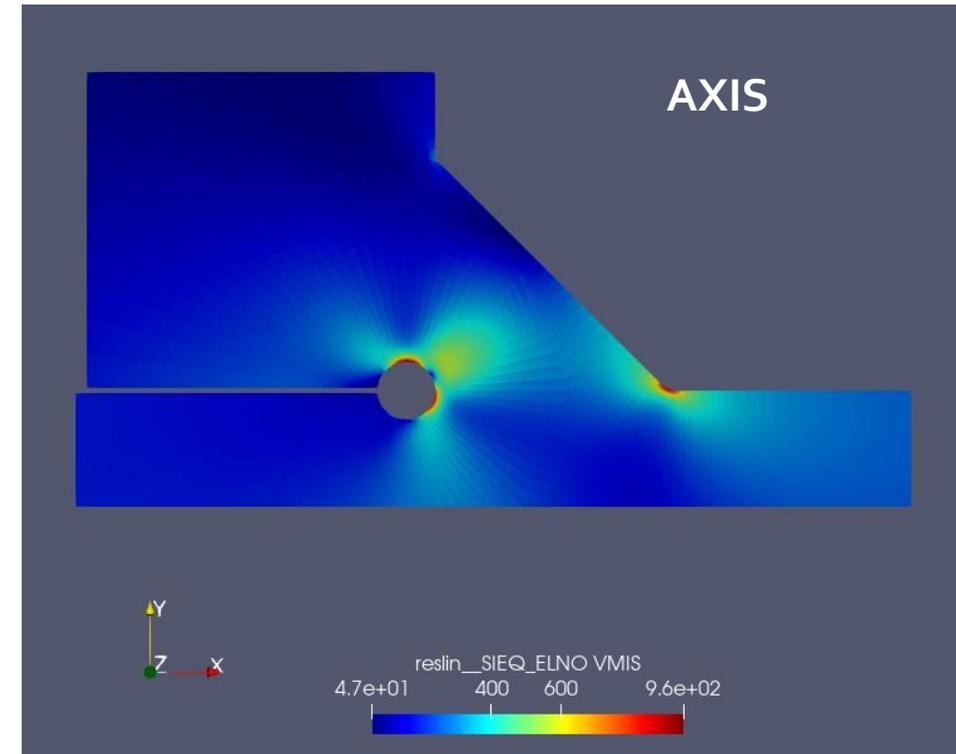
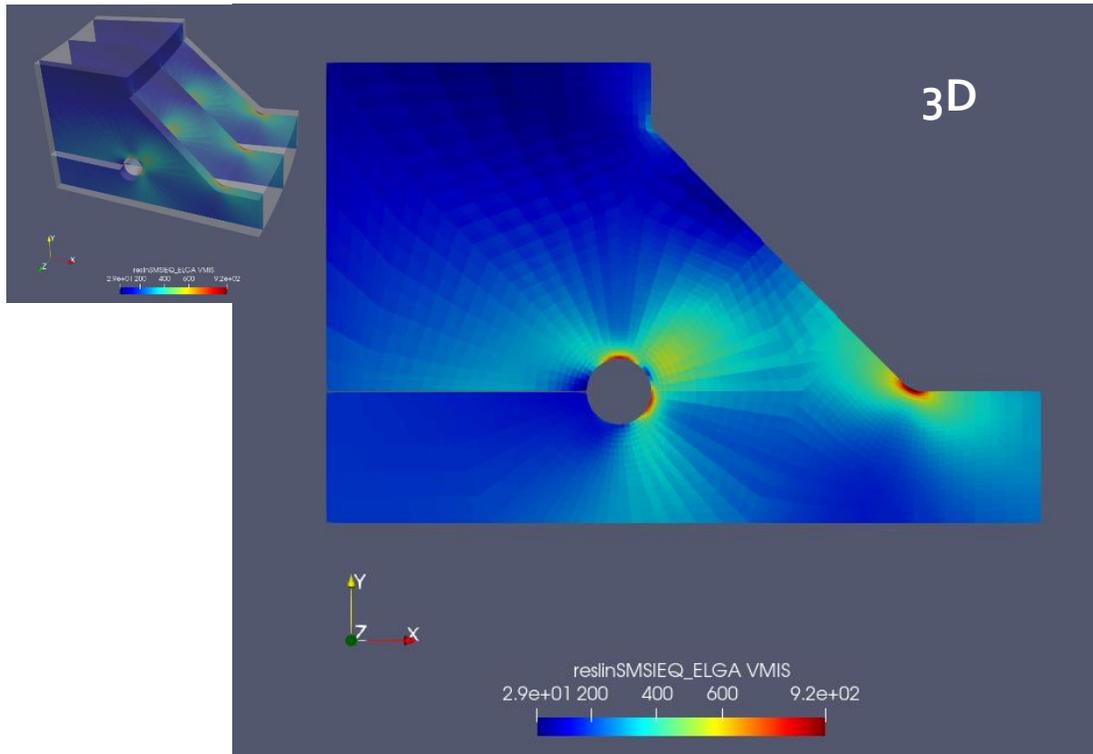
Geometría + Malla





# Comparativa con axisimétrico

## Tensiones de von Mises (Caso Elástico)



### REMARCAS:

- Máximos alrededor del *notch* en ambos modelos.
- Diferencia en máximos menor al 5%.
- Axisimétrico resulta levemente más conservador (960 MPa vs. 920 MPa).



# Esquema de Calificación Etapa V

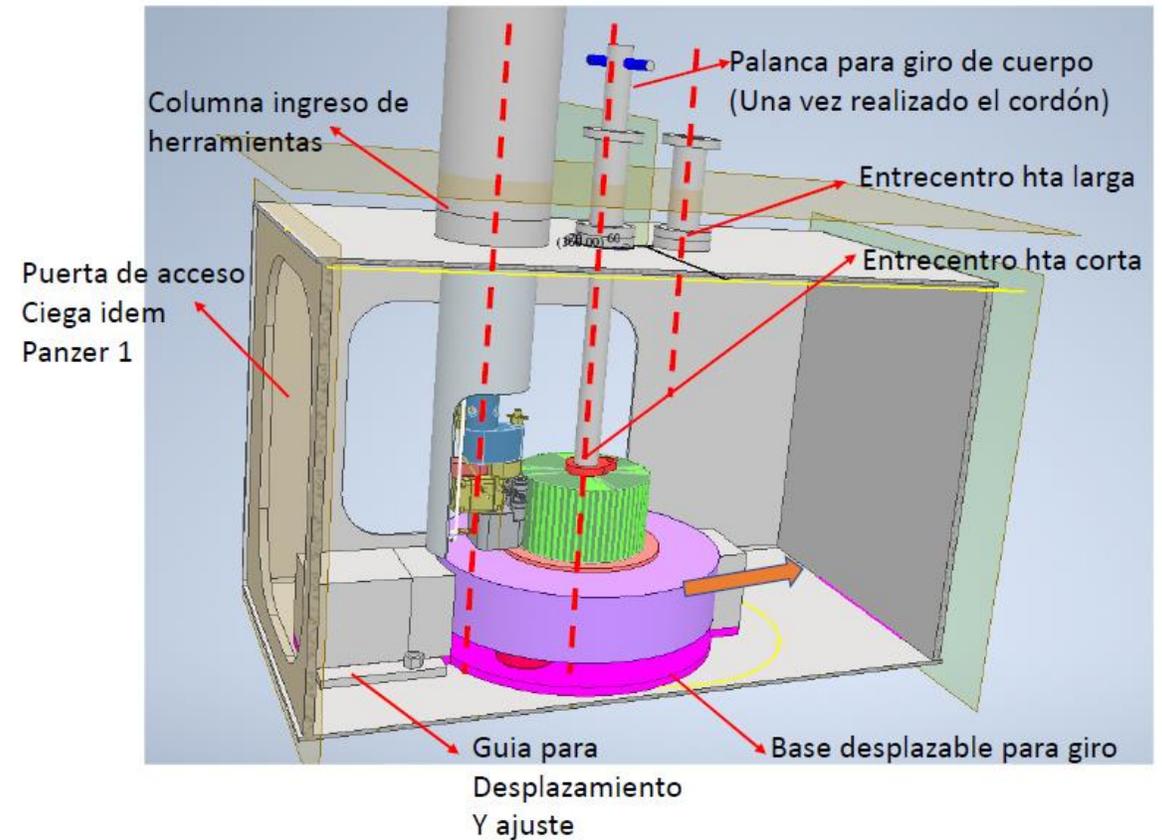




# Resumen de avances Etapa VI

- **Cámara presurizada para pruebas en CONUAR**

- ❑ En fabricación, se optimizó diseño.
- ❑ Estará disponible junto con la herramienta con columna larga para pruebas bajo 7,5 m de agua.



## Soldadura bajo agua

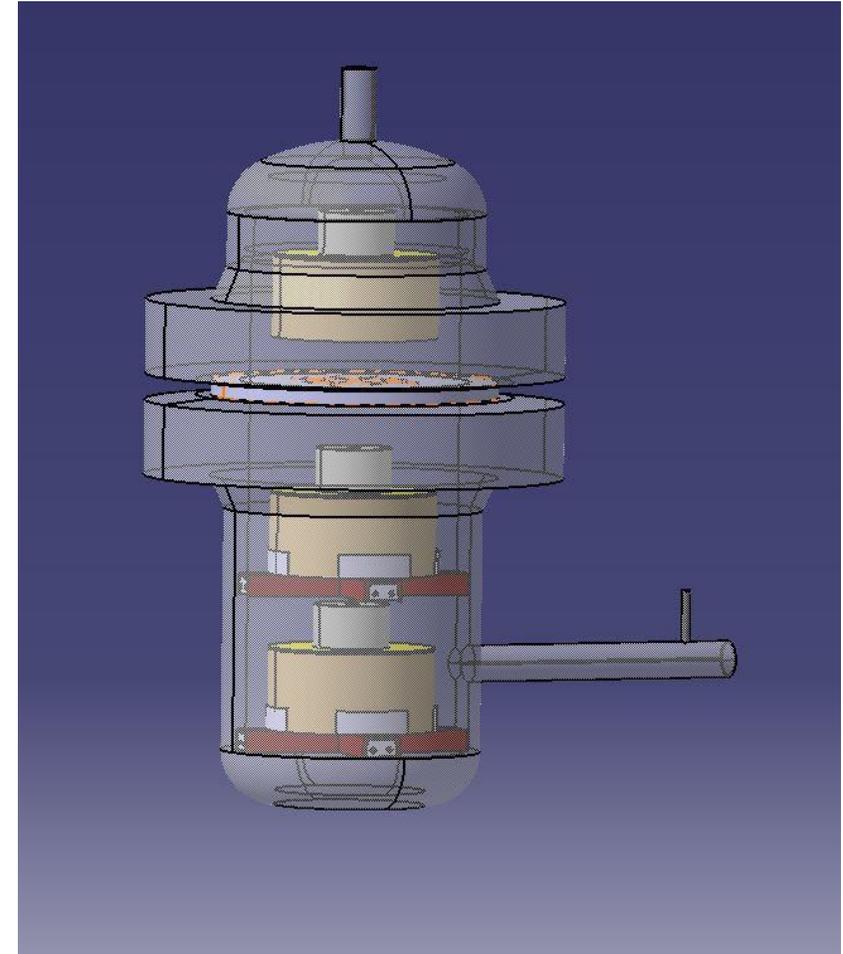
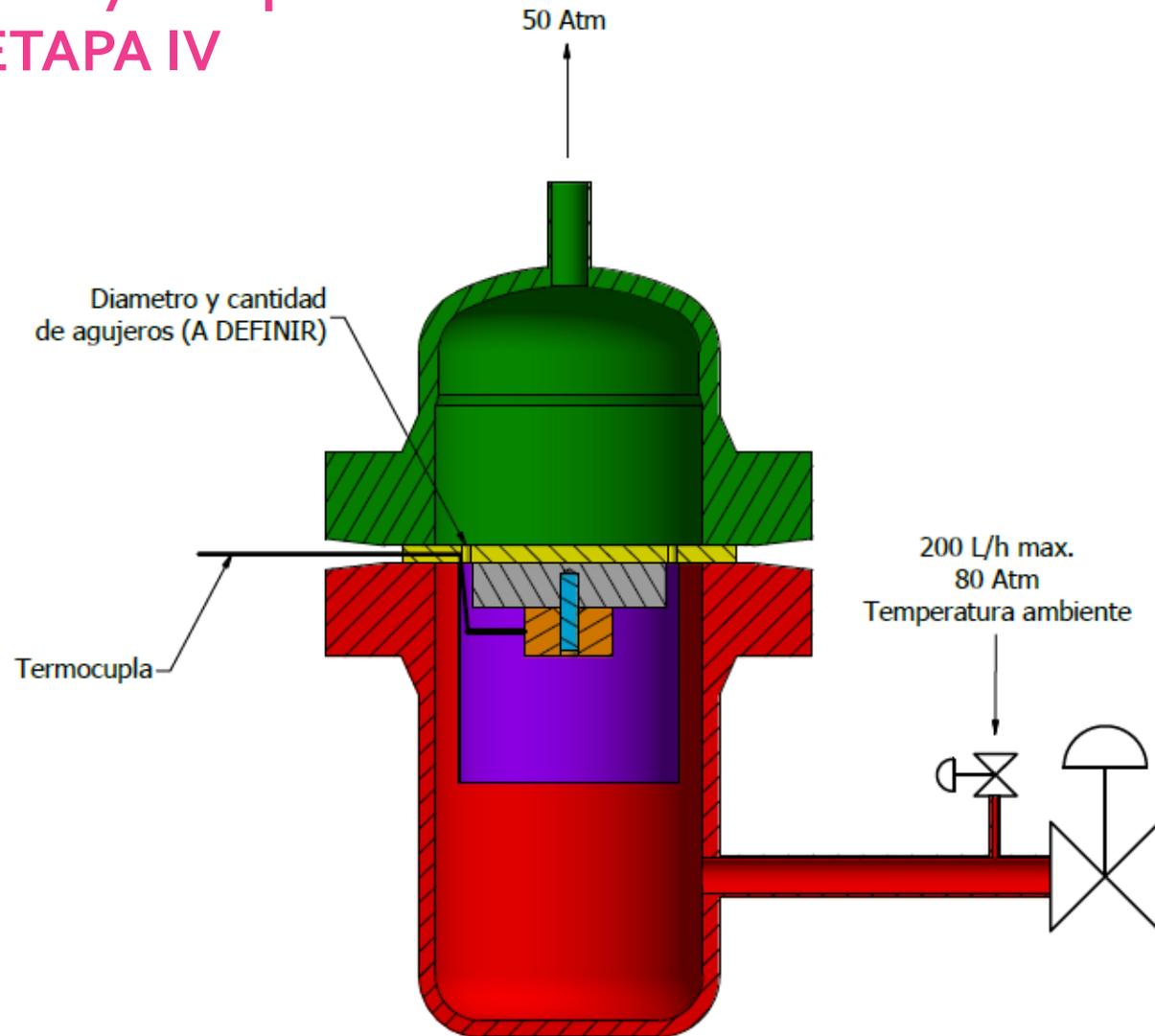
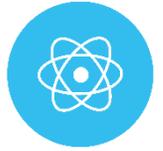
# Etapa VI

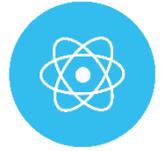
- **Cabezal de soldadura:**
  - ❑ Posee un sistema autónomo para despegar el alambre por si se pega.
  - ❑ El sistema de apoyo que se fijara sobre el cuerpo de relleno.
  - ❑ Alimentación de gas de soporte



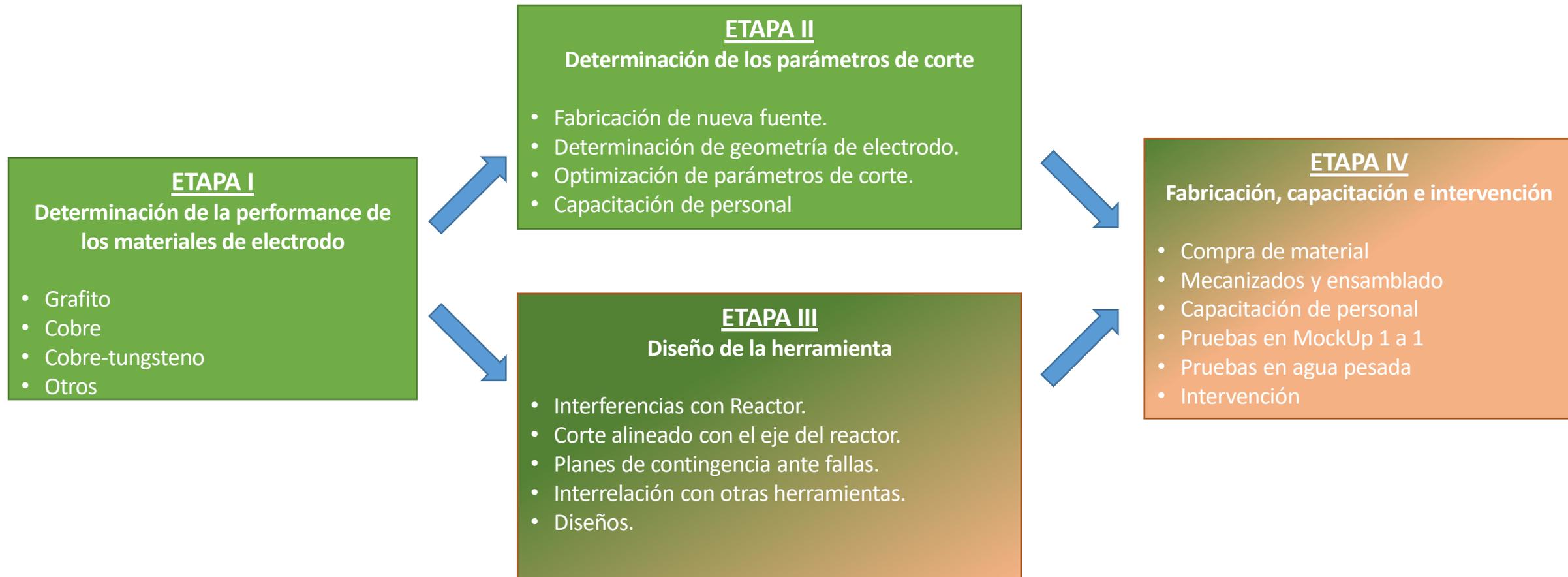
## Soldadura bajo agua

### Ensayo loop Ezeiza ETAPA IV

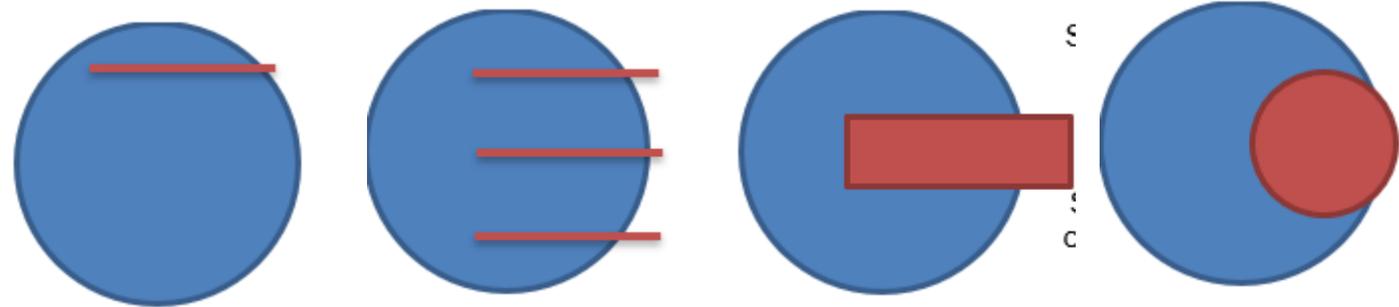
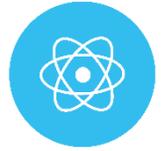




# Desarrollo del proceso



# Parámetros eléctricos. Geometría electrodo



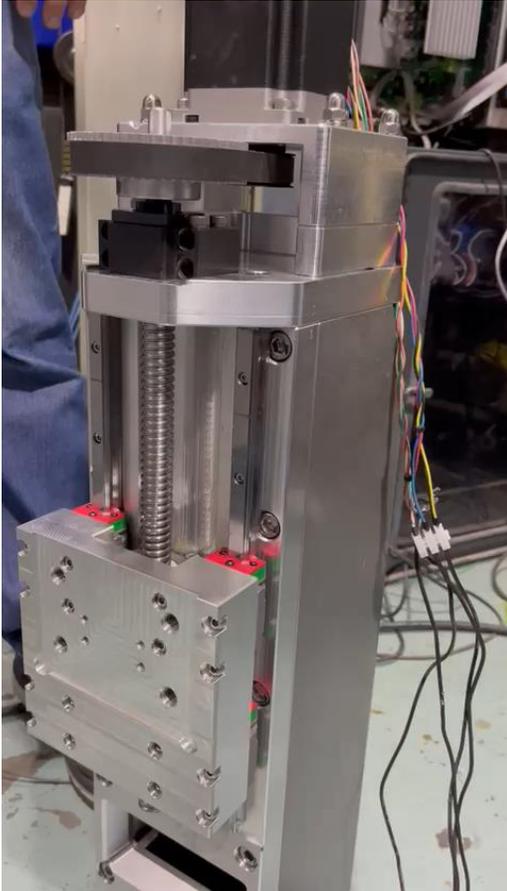
### ⊗ Desvíos postulados

1. Contacto del electrodo pieza
2. Ruido en la señal eléctrica
3. Desconexión eléctrica
4. Variación de la conductividad
5. Esfuerzos anormales en el electrodo.
6. Erosión de un electrodo degradado
7. Inyección agua
8. Interrupción del ensayo

⊗ Se prolongaron los cables a 33 metros sin inconvenientes.

Ningún desvío es determinante a la hora de realizar la operación. Todos presentaron buena respuesta a las acciones realizadas para retomar el corte luego de presentado el desvío.

## Electroerosión: métodos modernos



**Movimiento de motores  
(cables 30m)**



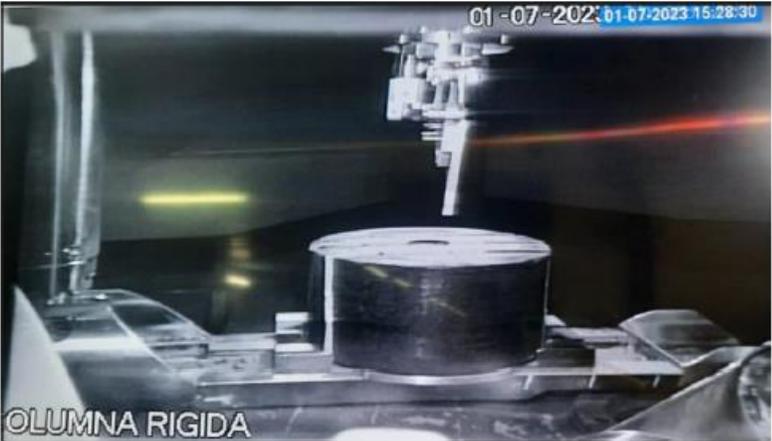
**Ensamblaje de  
movimientos**



**Fuente probada y 100%  
funcional**

# Electroerosión: métodos modernos

## CORTE/EXTRACCIÓN DE SEPARADOR DESPRENDIDO





**NUCLEOELECTRICA ARGENTINA S.A.**