



“Críticidad de Parches Rectangulares y Elípticos sobre la Superficie de la Cañería”

Hugo O.Patitucci

**Dirección de Operaciones
Gerencia Integridad de Gasoductos**

Año 2002

Rotura en servicio Gto. NI 24"



Calidad API 5L X52 $t = 7,14\text{mm}$

MAPO 60 Kg./cm²

Presión cercana 56,3 Kg./cm²

ILI 1 Parche y 2 Refuerzos de Circundación Total

Niveles de P.C. – 850 Mv Off

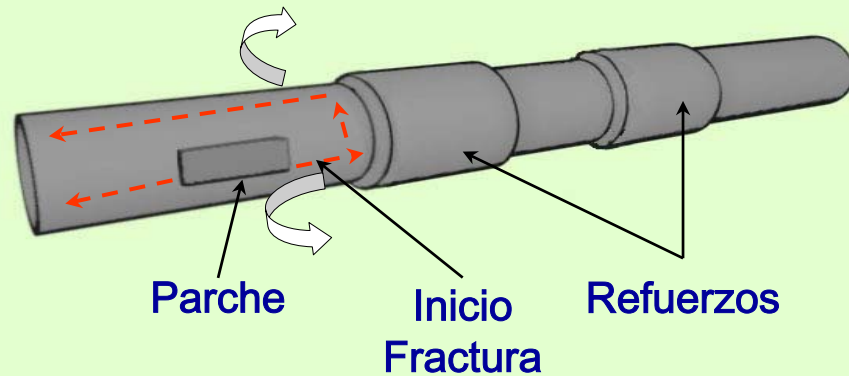
Terreno alcalino Ph 8/9

Resistividad de terreno 190 Ohms.cm. a 1,5 m.

Evaluación

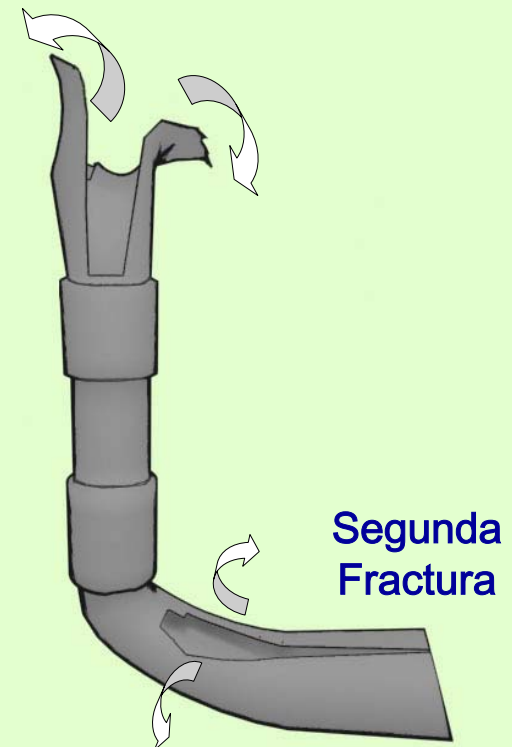


Evaluación visual y fractográfica



- Parche 24 x 50 cm y 7,14mm
- Propagada long. hs. 6
- Es arrestada por refuerzos
- Camina circunf. hasta hs. 8
- Propag. long. y contrario al inicio

- Importantes deformaciones angulares.
- Flameo de caño por energía cinética del gas
- Grandes def. plásticas segunda fractura
- Cañería funcionó como bisagra plástica



Evaluación visual y fractográfica



Evaluación visual y fractográfica



- Zona de fractura en el talón de soldadura, escalones perpendiculares al espesor
- Característico en procesos de fracturas por defectos preexistentes

Evaluación visual y fractográfica



- Fuera de la zona de iniciación de fractura se orienta inclinada a 45°
- Típico de propagación dúctil por tracción

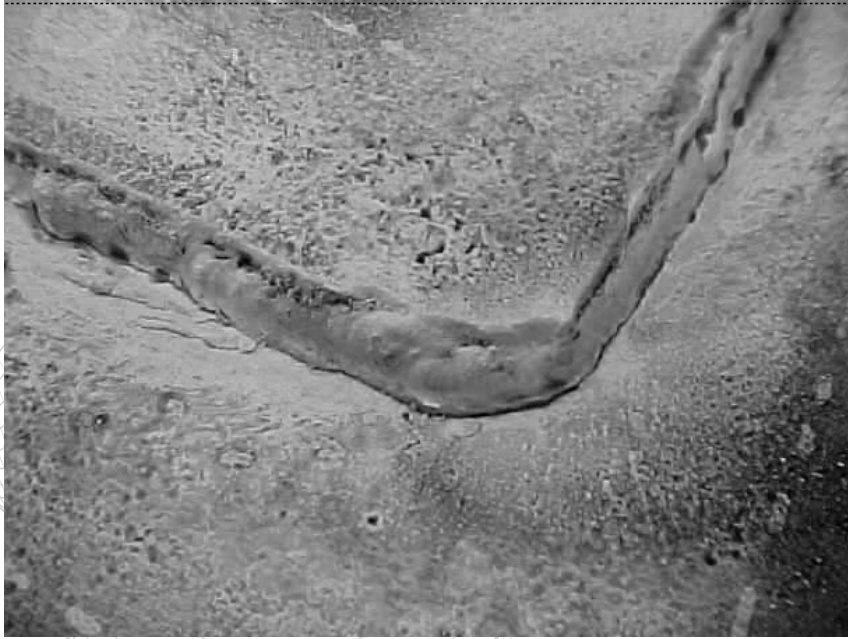


Evaluación visual y fractográfica

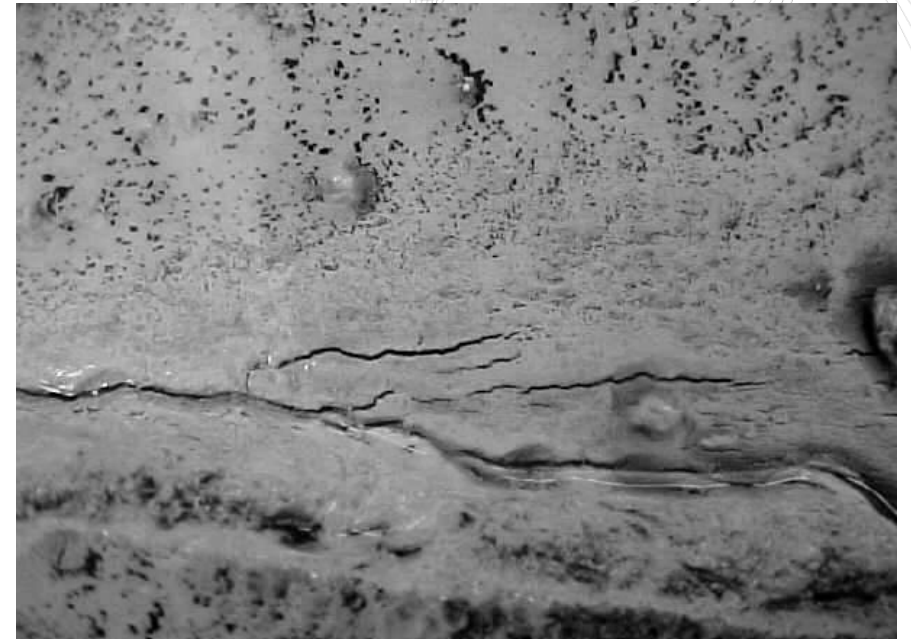


- Zona no fracturada
- Talón de soldadura irregular
- Cateto sobre el caño reducido
- Varias socavaduras

Evaluación visual y fractográfica



■ Partículas magnéticas



■ Fisuras en metal base a 2 mm del talón

Evaluación visual y fractográfica



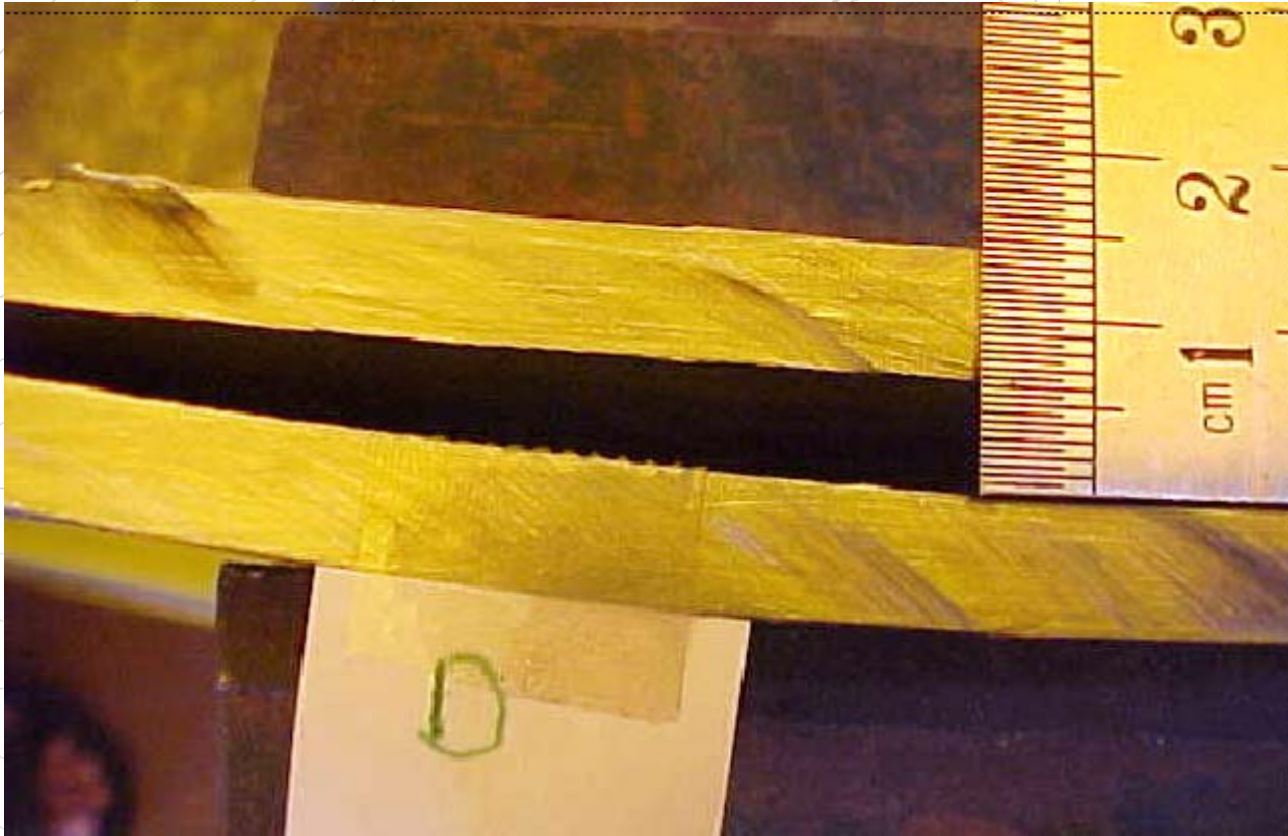
- Cortes en distintas áreas del parche
- Análisis parte D con fisuras
- Metal base bajo parche

Evaluación visual y fractográfica



- Corrosión con pérdida de metal del 81% del espesor
- Probablemente fue soldado con una importante reducción de presión

Evaluación visual y fractográfica



- Producto de las tensiones residuales
- Separación de 6,2 mm entre el parche y la cañería

Interrogantes

¿Cual fue el mecanismo que dió origen estas fisuras?

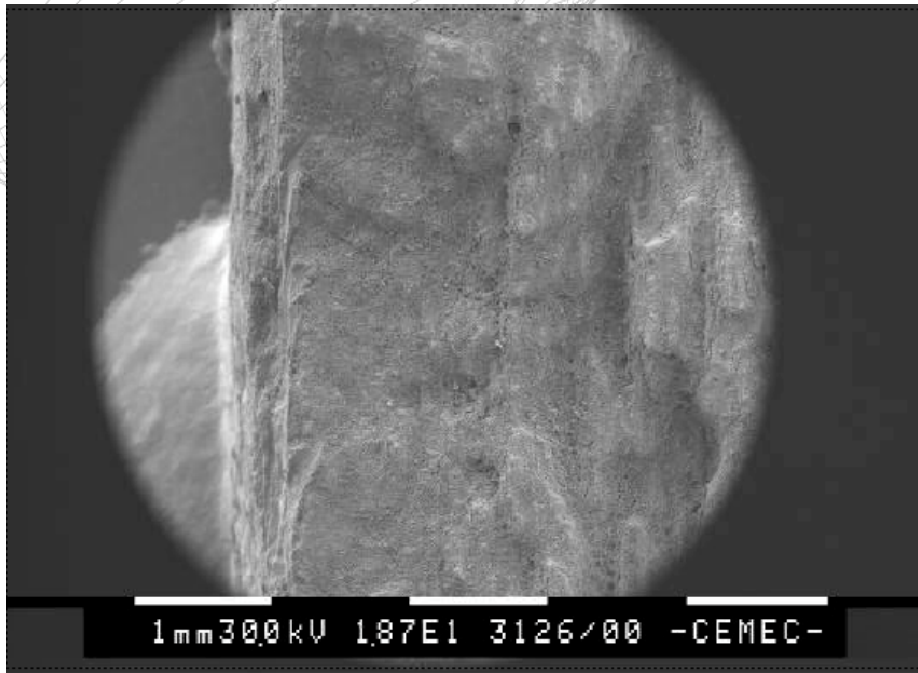


- ¿Degradación microestructural?
- ¿Tensiones de contracción post soldadura?
- ¿Otro proceso ligado a las tensiones de operación?

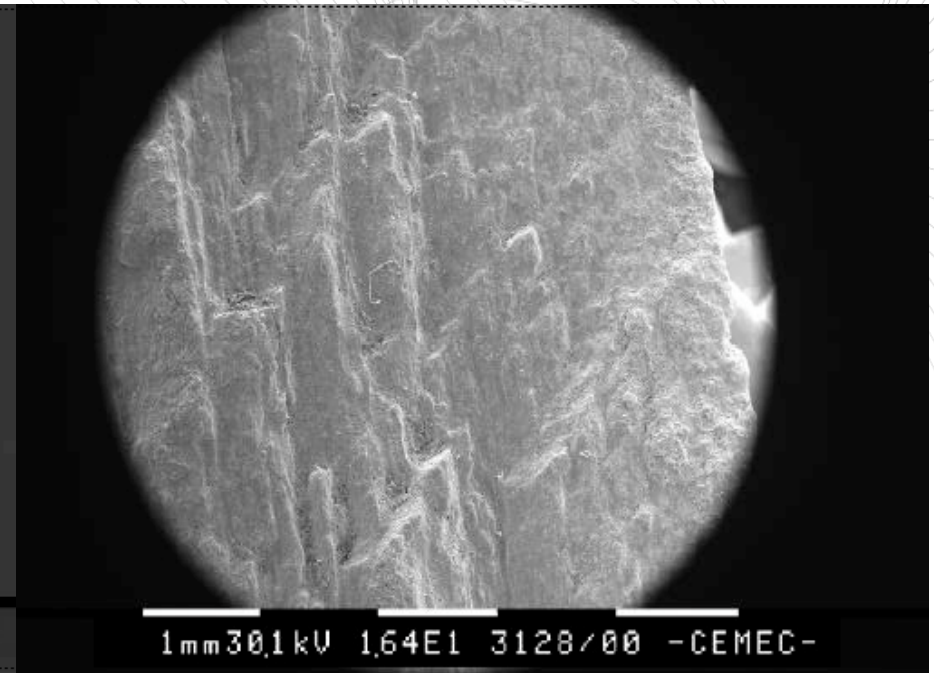
Evaluación química y fractográfica

- Presencia de óxido de hierro dentro de las fisuras
- Sin presencia de P y/o S (Sulfuros mixtos de Mn)
- Descartando que las fisuras la produjeron exfoliaduras y/o laminaciones

Observación de cortes transversales en microscopía electrónica

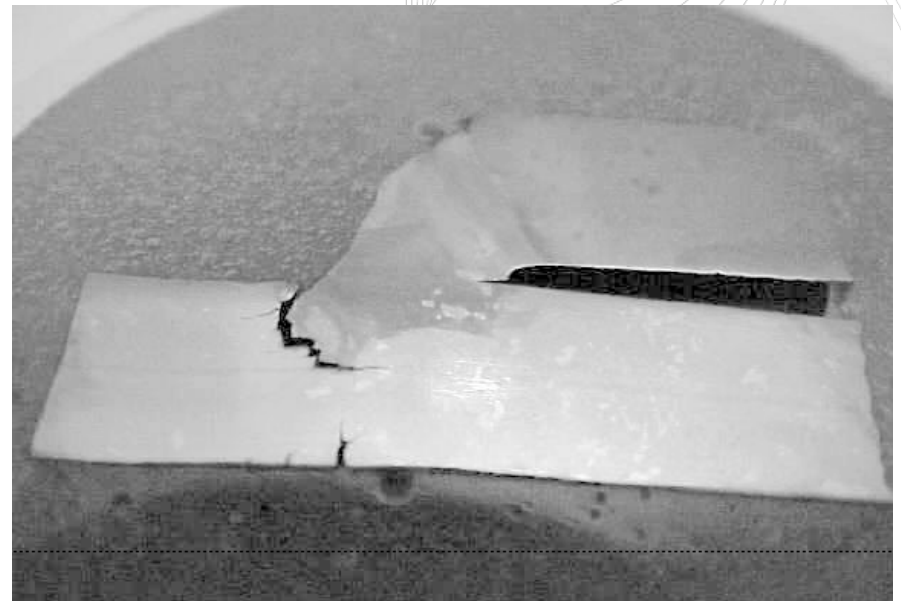
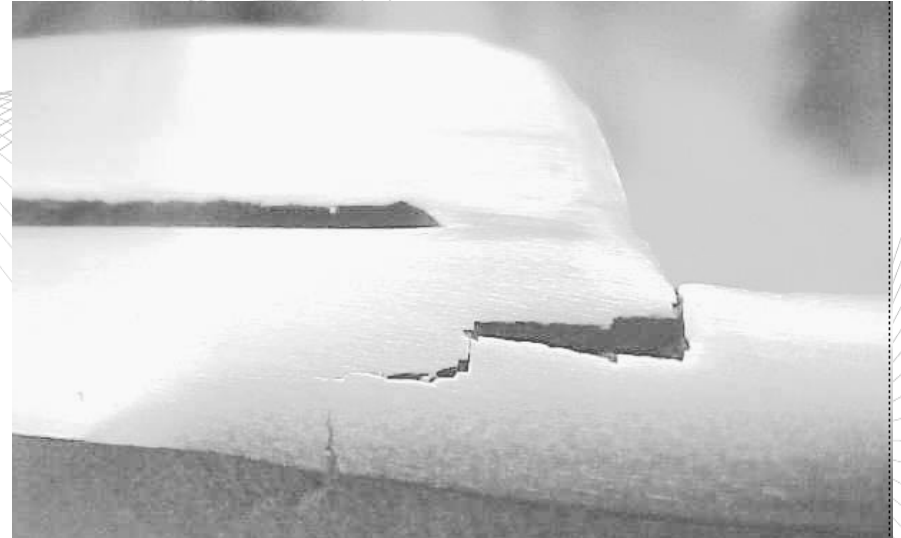


Inicio propagación de fractura de
aparición transgranular escalonada
típico microestructuras bandeadas



Zona de propagación, con pequeños
chevrones que apuntan al inicio
morfología típica de un material
dúctil frágil

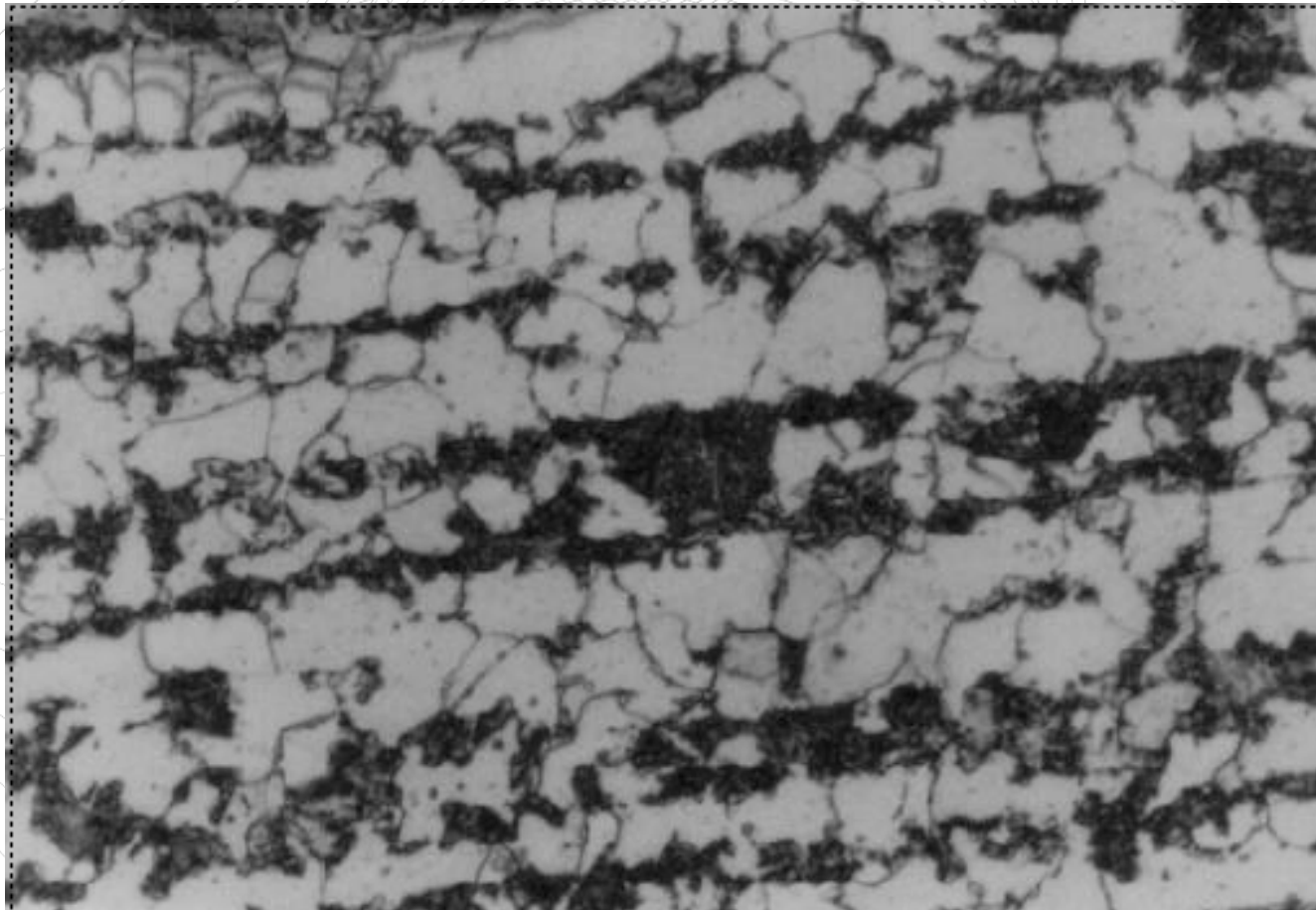
Análisis Metalográfico



- Fisuras que inician en el ZAC
- Pobre cateto de soldadura sobre el caño

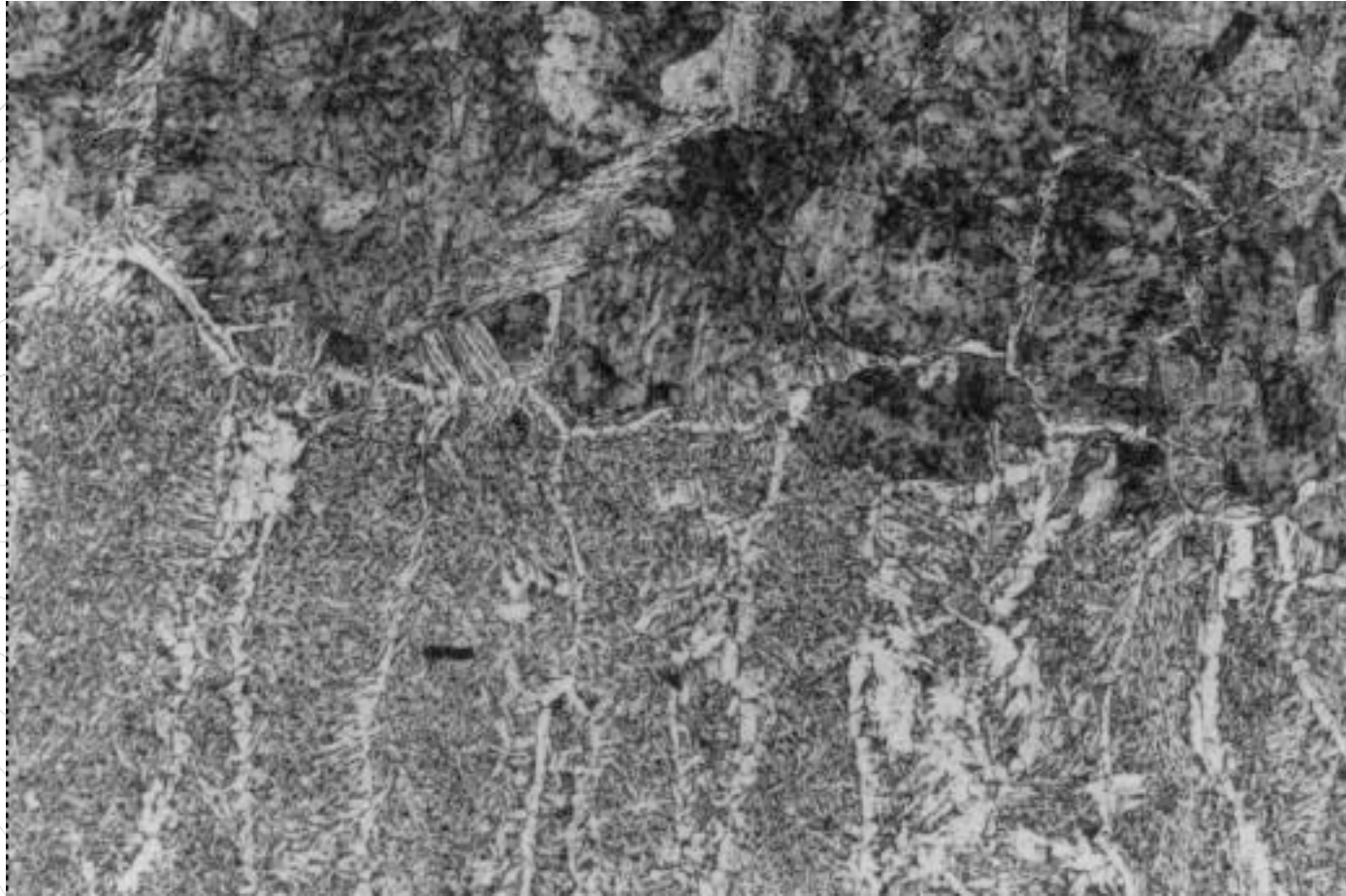
Análisis Metalográfico

Determinar tamaño y orientación defectos preexistentes



- Microestructura de material base con bandeo por rolado
- Láminas claras de ferrita y láminas de perlita

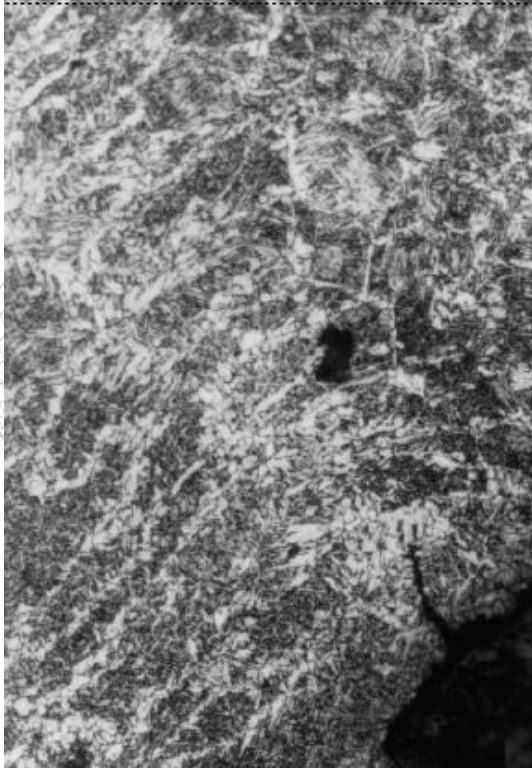
Análisis Metalográfico



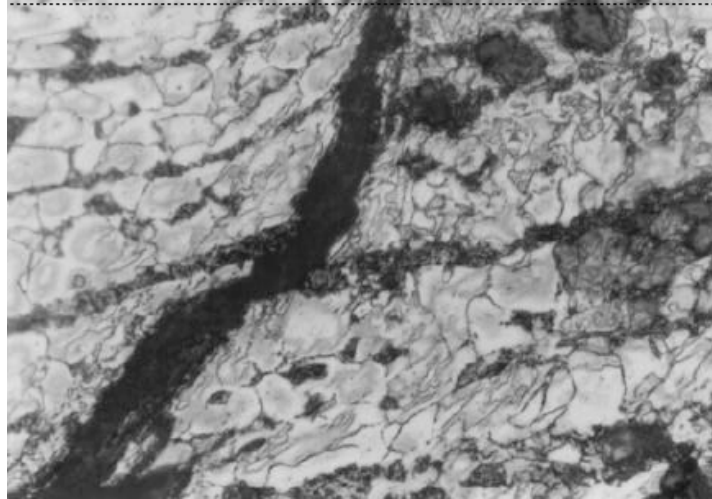
- Microestructura columnar típica de material de soldadura
- Crecimiento de grano en ZAC en metal base, pérdida de ductilidad y resistencia

Análisis Metalográfico

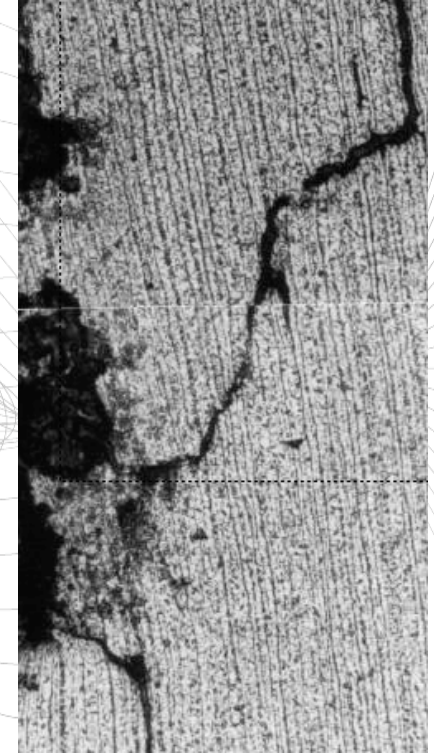
X500



X500

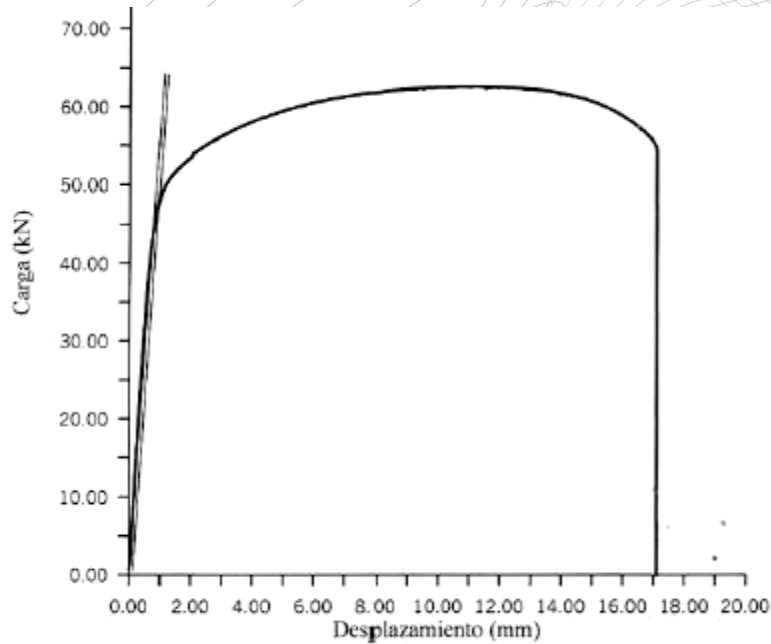


X100



- X100 Fisuras secundarias iniciadas en talón paralelas al bandeo
- X500 Bandas de ferrita y perlita curvadas por efecto de las deformaciones
- X500 Fisura secundaria de 0,04 mm entre talón y ZAC

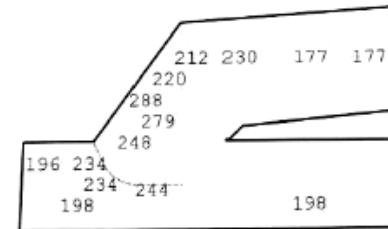
Análisis Mecánicos de materiales



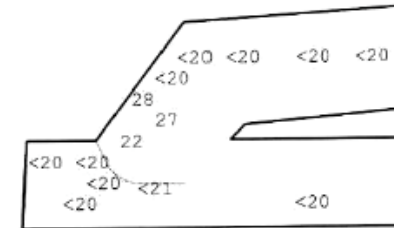
RESULTADO DE LOS ENSAYOS

PROBETA D1

Valores en HV (200g)

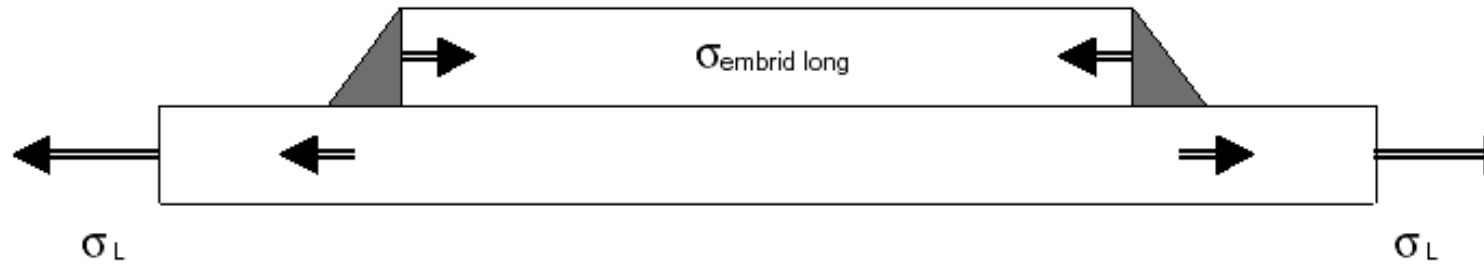


Valores en HRC convertidos a partir de HV (200g), según ASTM E 140 – 86, Tabla 1.

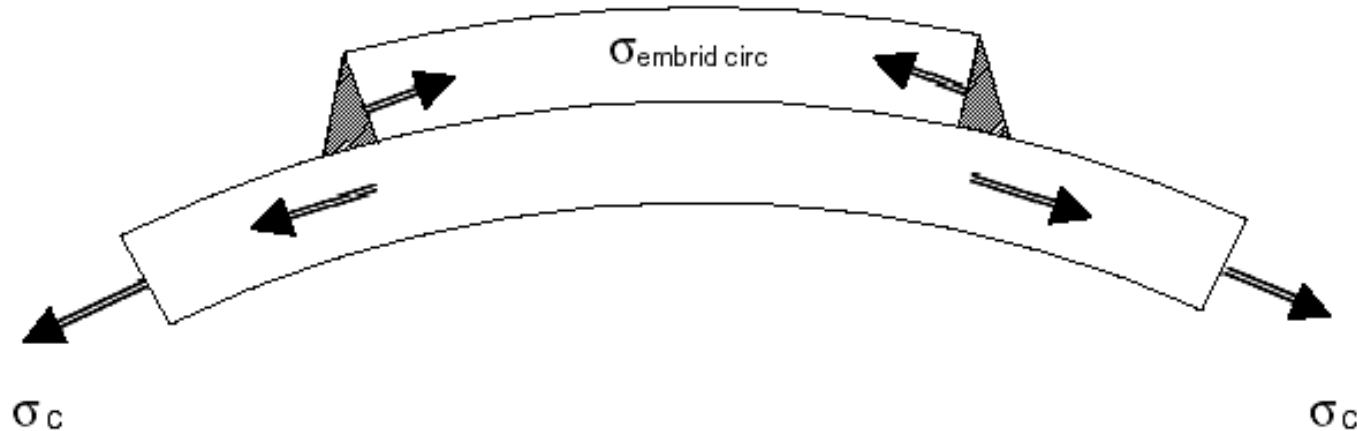


- Mapeos de microdureza
- Ensayos de tracción del metal base y del parche
- Adecuada ductilidad y resistencia

Ingeniería de falla



ANÁLISIS TENSIONAL



- Tensión Residual S_{Res}
- Tensión de Embridamiento S_{Emb}
- Dos componentes S_{Emb} Circunferencial y S_{Emb} Longitudinal

Plan de acción

- Sin defectos preexistentes (Laminaciones y/o exfoliaduras)
- Importantes tensiones generadas post soldadura ante pobre geometría del parche
- Pérdida de ductilidad en la ZAC y fuerte bandeo del metal base
- Rotura por colapso plástico en el material en la zona del talón de soldadura
- Diseño inadecuado de la reparación
- Ensayos de rotura en tuberías retiradas del gasoducto con parches instalados

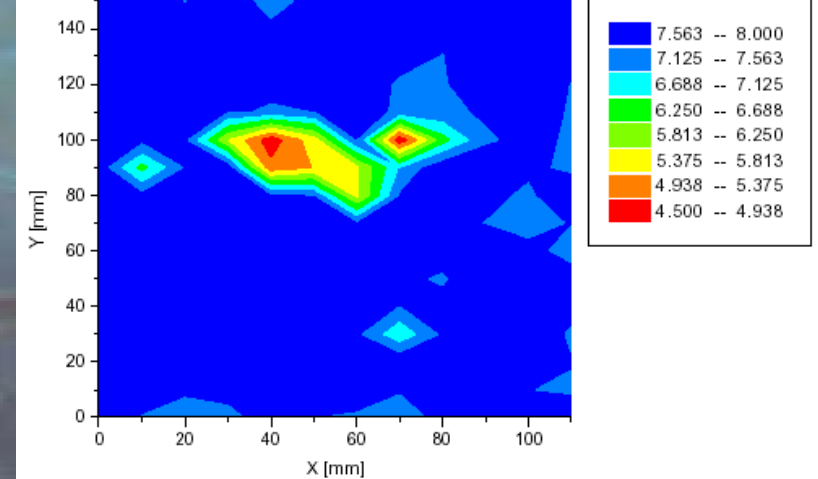
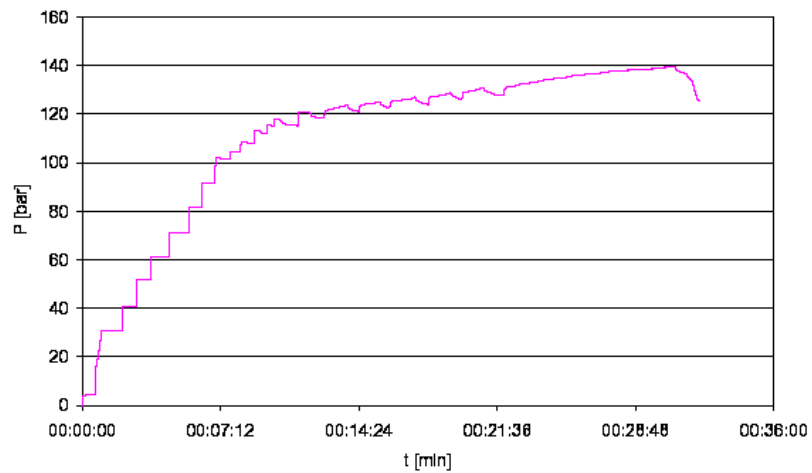
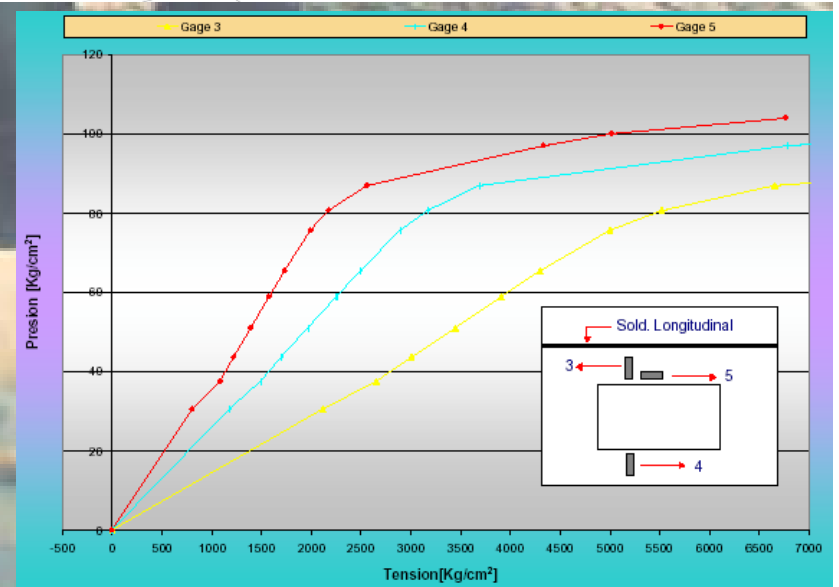
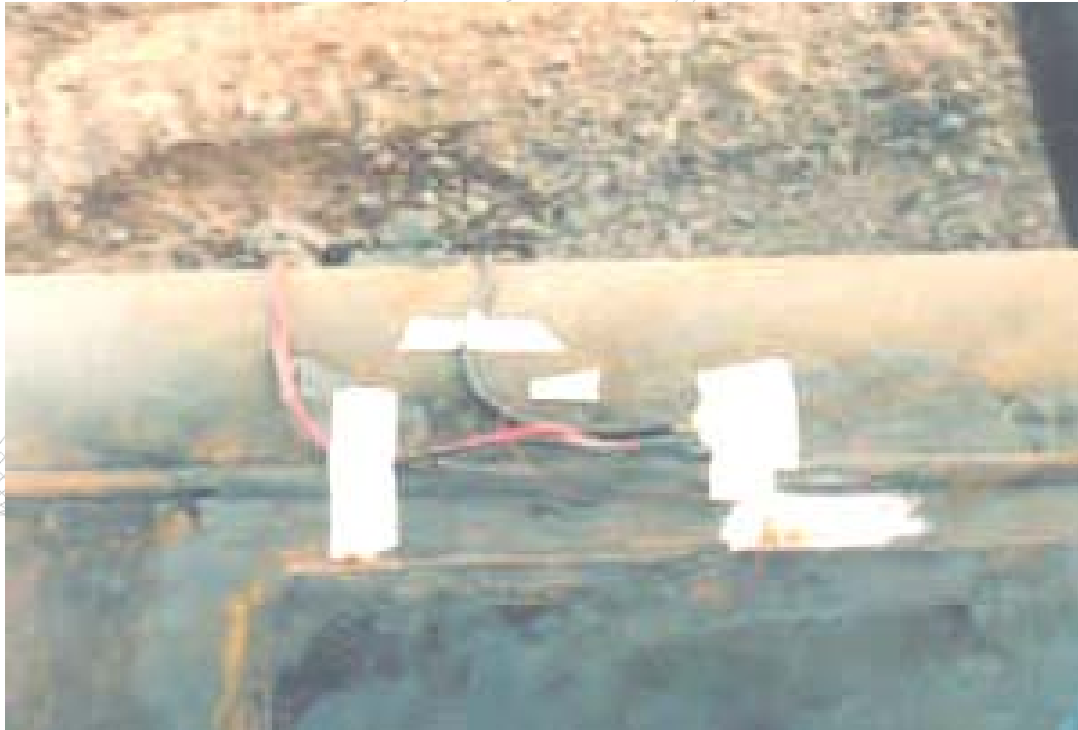


Ensayos



- Ph a la rotura de parches rectangulares, cuadrados y redondos
- Instrumentados con extensómetros dentro y fuera del perímetro del parche
- Las características de los defectos bajo parches se analizaron luego de ensayo

Ensayos



Resultados

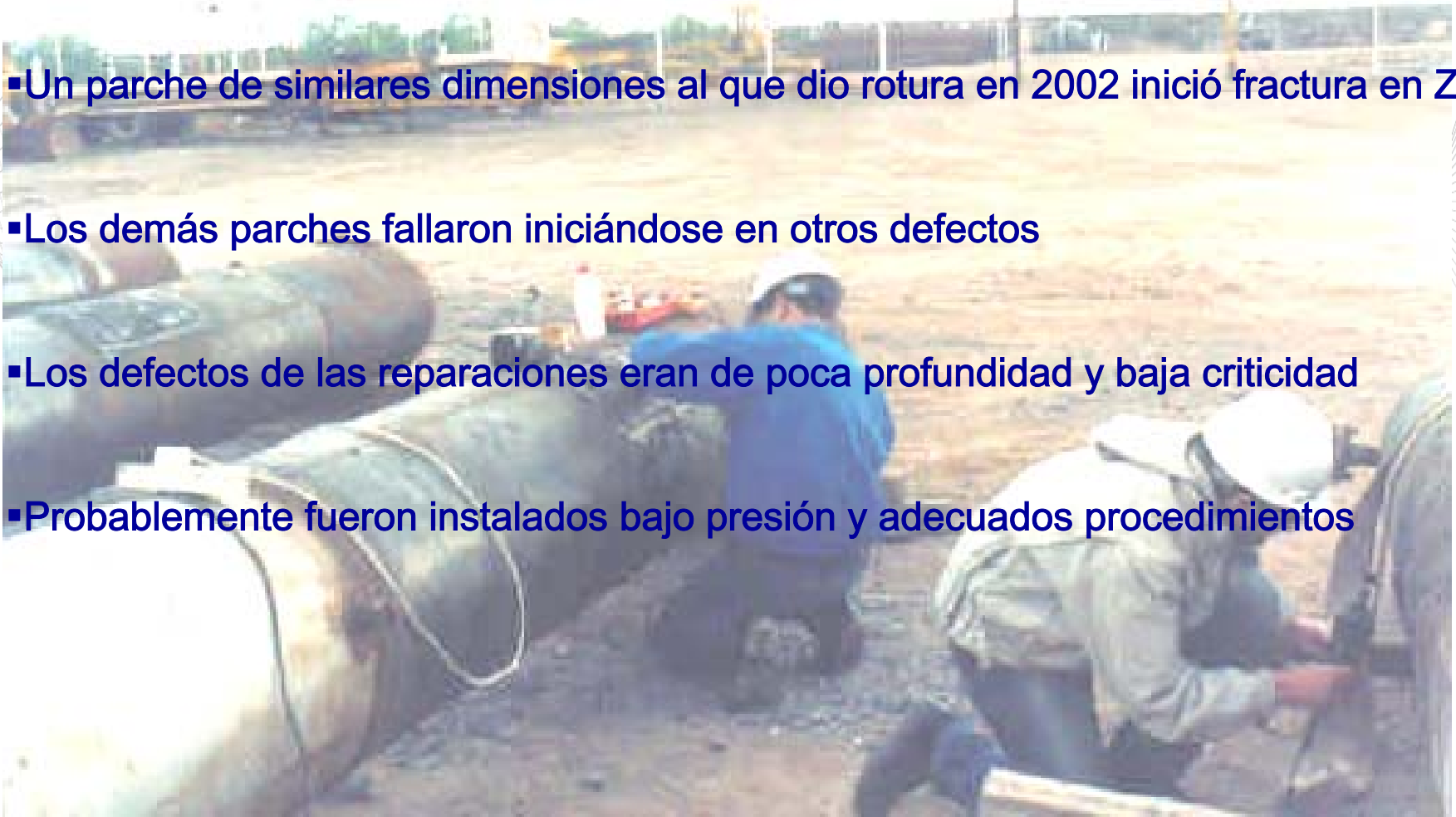
- Todas las roturas despues de fluencia generalizada por encima de los 120 Kg/cm²

- Un parche de similares dimensiones al que dio rotura en 2002 inició fractura en ZAC

- Los demás parches fallaron iniciándose en otros defectos

- Los defectos de las reparaciones eran de poca profundidad y baja criticidad

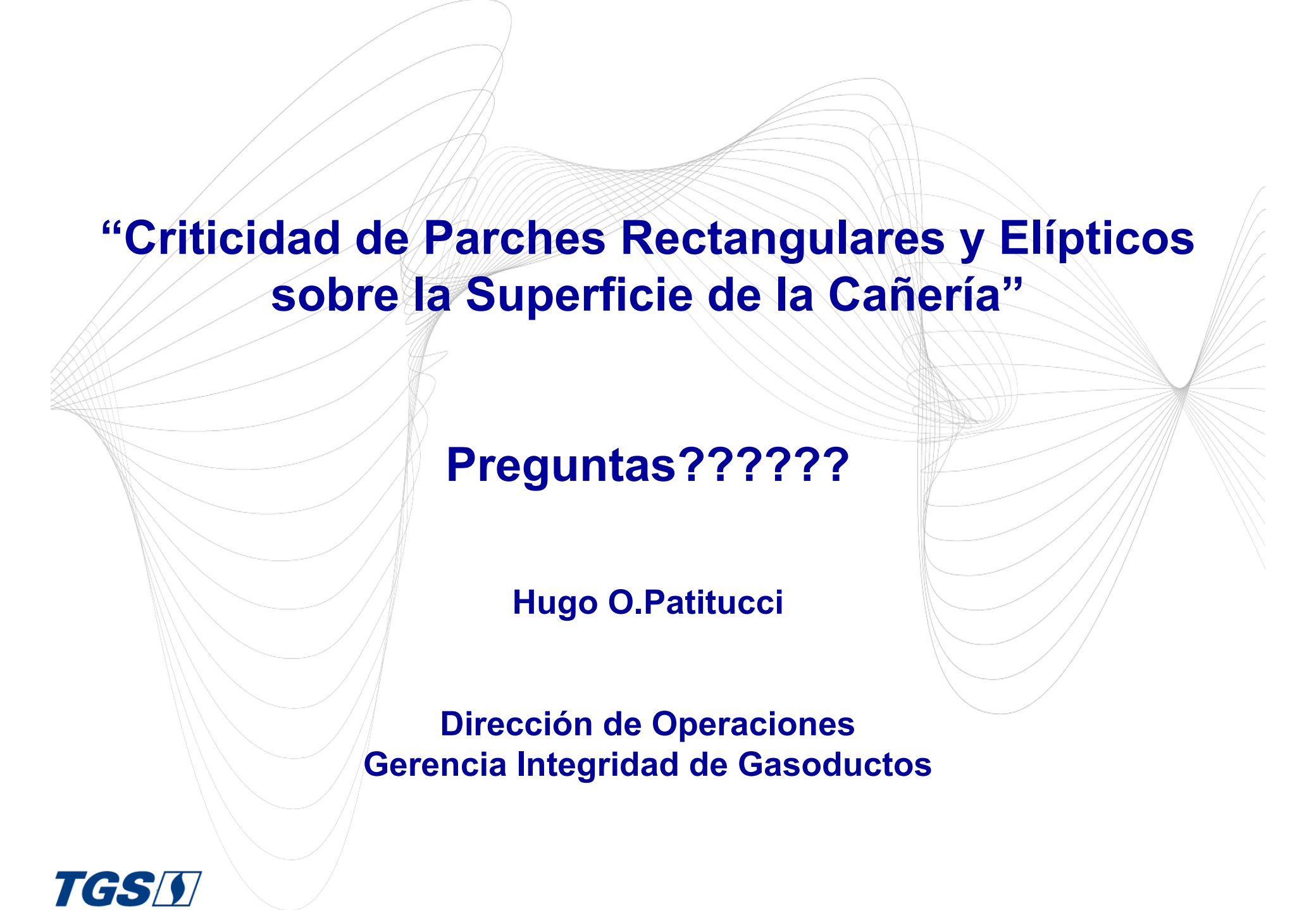
- Probablemente fueron instalados bajo presión y adecuados procedimientos



Conclusiones

Los parches que generan mayor riesgo:

- Los que fueron instalados con el gto. despresurizado o a muy baja presión
- Para mitigar importantes defectos volumétricos
- De forma rectangular mas largos que anchos
- Dudosa calidad de soldadura
- Con la información ILI, identificar los parches rectangulares
- Definir como críticos aquellos con $L/d > 1,2$ y programar su remoción
- La rotura del gasoducto se debió a un diseño e instalación inadecuada



“Críticidad de Parches Rectangulares y Elípticos sobre la Superficie de la Cañería”

Preguntas??????

Hugo O.Patitucci

**Dirección de Operaciones
Gerencia Integridad de Gasoductos**