

ANÁLISIS DE FALLAS

El análisis de falla es un examen sistemático de la pieza dañada para determinar la causa raíz de la falla y usar esta información para mejorar la confiabilidad del producto.

INTRODUCCIÓN

El INTI-Córdoba ha brindado, desde sus comienzos, asistencia técnica relacionada con análisis de fallas tanto a empresas, particulares, al Poder Judicial y a otros Organismos del Estado. Los perfiles profesionales de los miembros del Centro han correspondido siempre a distintas disciplinas de la Ingeniería, de la Física y de la Química, dando así una ventaja comparativa importante al momento de resolver los problemas de análisis de fallas que requieren de una actividad multidisciplinaria.

¿Qué es un Análisis de Falla?

Cuando un producto ingenieril cesa de realizar una o más de sus funciones, mucho antes del fin de su vida útil, se dice que ha fallado. Estas fallas pueden causar pérdidas de vidas, paradas imprevistas de planta, incrementos de los costos de mantenimiento y reparación. En razón de sus aspectos legales, los resultados de los análisis de fallas pueden ser usados como base de litigaciones y reclamos de seguros.

Los informes de los análisis de fallas pueden ser leídos por una vasta audiencia, incluyendo expertos y neófitos. De aquí que los informes tienen que ser claramente escritos evitando el uso de un lenguaje impreciso. Por otra parte, al poder ser usados también en ámbitos judiciales, es imperativo usar los términos técnicos correctos con definiciones claras para evitar confusiones. El perfil del analista de fallas debe incluir un adecuado conocimiento de varias disciplinas, particularmente ingeniería de materiales y ciencias de materiales. Esto define el carácter multidisciplinario del análisis de falla.

El análisis de falla es un examen sistemático de la pieza dañada para determinar la causa raíz de la falla y usar esta información para mejorar la confiabilidad del producto.

El análisis de falla está diseñado para:

- a) Identificar los *modos de falla* (la forma de fallar del producto o pieza)
- b) Identificar el *mecanismo de falla* (el fenómeno físico involucrado en la falla)
- c) Determinar la *causa raíz* (el diseño, defecto , o cargas que llevaron a la falla)
- d) Recomendar métodos de prevención de la falla.

Causas comunes de falla (la lista no es exhaustiva):

- Mal uso o abuso
- Errores de montaje
- Errores de fabricación
- Mantenimiento inadecuado
- Errores de Diseño
- Material inadecuado
- Tratamientos térmicos incorrectos
- Condiciones no previstas de operación
- Inadecuado control o protección ambiental
- Discontinuidades de colada
- Defectos de soldadura
- Defectos de forja

Códigos y Normas utilizados

AISI: Normas de composición de aceros

ASTM: Normas para materiales y su manufactura

API: Normas para la industria del petróleo que son usadas por muchas otras industrias

ASME: Responsable de los códigos para recipientes a presión

NACE: Códigos para materiales expuestos a ambientes corrosivos.

SAE: Normas para la industria automotriz usadas por muchas otras industrias.

UNS: Clasificación de metales y aleaciones metálicas

Tres principios básicos a respetar:

- Localizar el origen de la falla
- No presuponer una causa determinada
- No realizar ensayos destructivos sin un análisis previo cuidadoso

ETAPAS DE UN ANÁLISIS DE FALLA

- **ANTECEDENTES**

Etapa inicial más importante: consiste en no hacer NADA , solamente pensar, estudiar la evidencia, hacer preguntas detalladas acerca de las partes, el equipo, las circunstancias de la falla y tomar nota de las respuestas. No destruir evidencias. Inicialmente el analista se reúne con el personal involucrado (ingenieros de mantenimiento, de proceso, etc.) para discutir el problema. Es responsabilidad del analista realizar preguntas relevantes concernientes a la pieza:

I) proceso involucrado, II) tipo de material, sus especificaciones forma, dimensiones y técnicas de proceso, III) parámetros de diseño, IV) condiciones de servicio, V) registros de mantenimiento, VI) frecuencia de falla, VII) secuencia de eventos que precedieron a la falla., etc.

Toda esta información permite definir correctamente el problema (*"Un buen planteo del problema es parte de la solución"*)

- **ENSAYOS Y CÁLCULOS**

- *Examen preliminar* (Visual) de la parte fallada (Fig. 1)



- *Ensayos No Destructivos*: Líquidos penetrantes, partículas magnetizables, radiografía, ultrasonido, etc.

- *Examen macroscópico, documentación fotográfica:* grietas secundarias, superficies de fractura, estado superficial (Fig. 2)



Fig. 2: *Examen macroscópico.* Fisura en diente de engranaje

- *Examen microscópico* (microscopía óptica y electrónica de barrido) (Figuras 3, 4, 5 y 6)

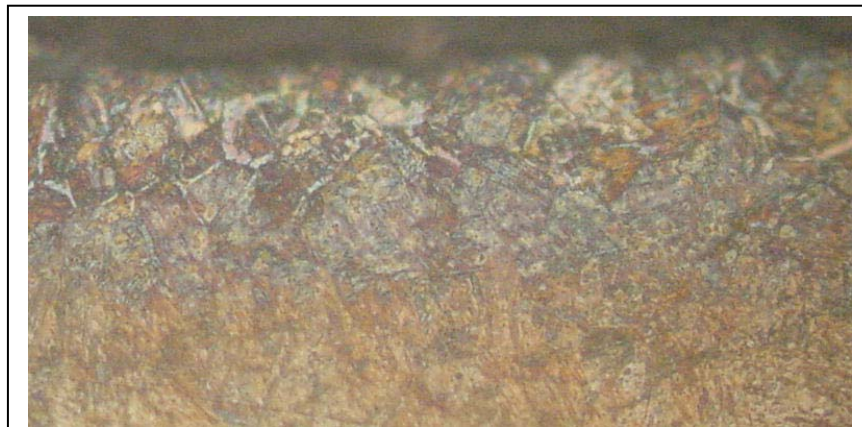


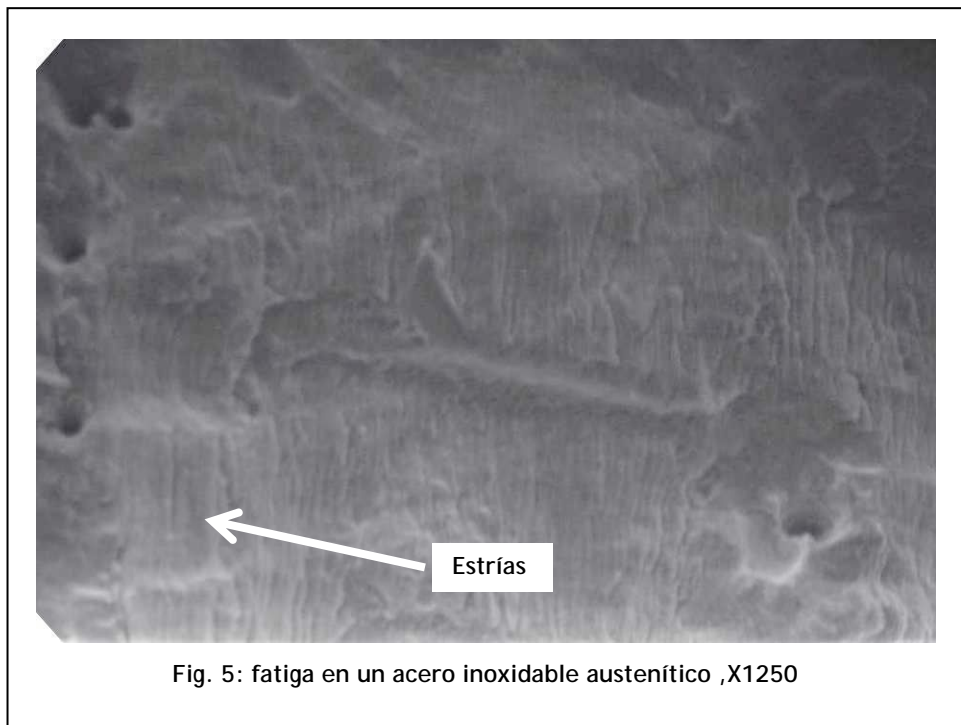
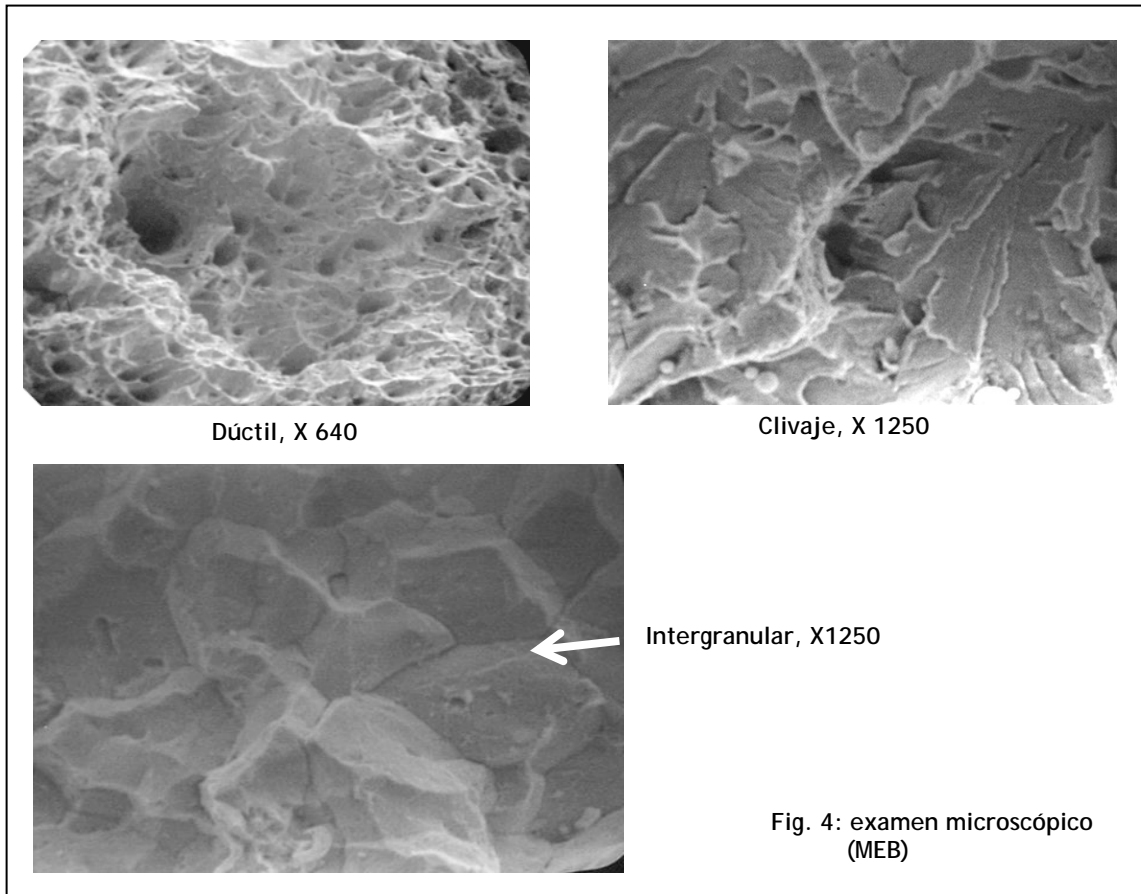
Fig. 3: Microscopía óptica. Oxidación superficial en una pieza cementada

- *Análisis Químico* : Global (en volumen) y Microsonda (EDS, Sistema Dispersivo de Energías, o WDS, Sistema Dispersivo de Longitudes de ondas)
- *Difracción de Rayos X (DRX)*: determina fases cristalinas, tensiones residuales, textura cristalográfica. Su aplicación más relevante es la identificación de fases en productos de corrosión.
- *Ensayos Mecánicos* (Tracción, Dureza, Flexión, Embutido. Choque, etc.)
- Modelos computacionales (Elementos Finitos): permiten calcular la respuesta de la pieza frente a distintas configuraciones de cargas, temperaturas, etc. En la Fig. 7 se muestra una aplicación a la fisuración de un oleoducto.

Un párrafo aparte se merece la Fractografía y su herramienta más importante: el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), ya que permite determinar los mecanismos de fractura y ubicar las zonas de inicio y de final de la fractura.

A continuación se ven algunos ejemplos:

Mecanismos básicos de fractura



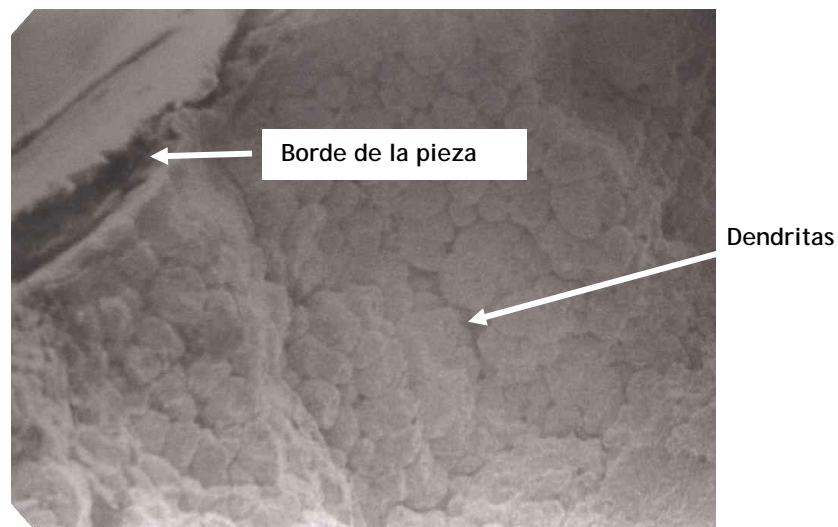


Fig. 6: rotura de volante de automóvil de (aleación Mg-Al-Cu), X40

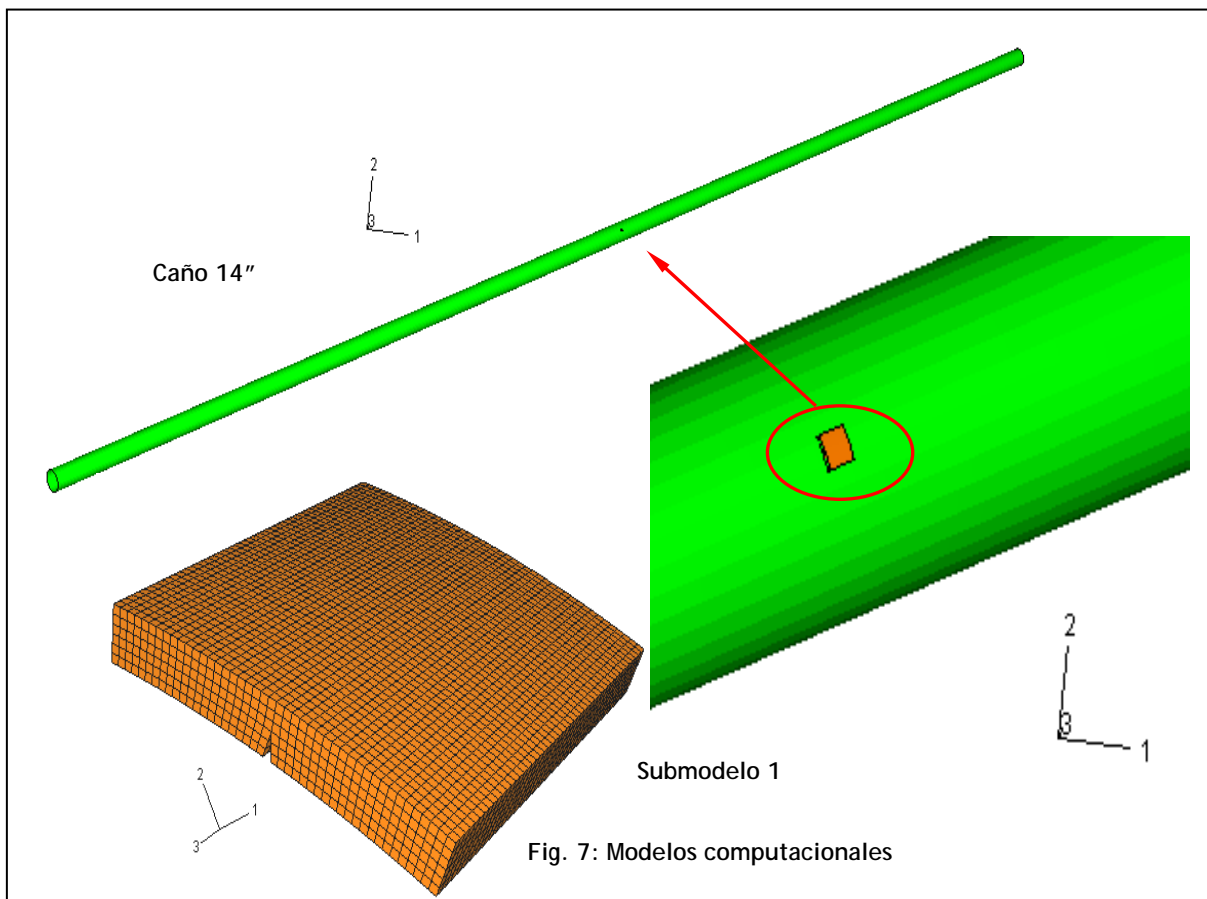


Fig. 7: Modelos computacionales

- **ANALISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En esta etapa se combina toda la información (antecedentes y resultados de los ensayos) y se discute la causa más probable de falla. En las conclusiones se resume el modo de fractura y la causa de la falla. En las recomendaciones se presentan puntos de vista acerca de posibles soluciones del problema.