

Confiabilidad estructural de componentes mecánicos con daño

R. Mussini & H. Cancela

2020

Resumen

- Definiciones
- Procesos de detección de imperfecciones geométricas
- Procesos de medición de imperfecciones geométricas
- Comentario final

Referencias

- [1] A. P. Berens, *NDE Reliability data analysis*, in Metals Handbook, 9th Ed., Vol. 17, ASM, 1989.
- [2] G. A. Georgiou, "Probability of Detection (PoD) curves - derivation, applications and limitations," HSE, 2006.
- [3] C. Müller and M. J. Golis, "Basic Ideas of the American-European Workshops 1997 in Berlin and 1999 in Boulder," 15th World Conference on Nondestructive Testing, October 2000. [Online]. Available: <http://www.ndt.net/>.
- [4] H. W. Coleman y G. W. Steele, Experimentation, validation and uncertainty analysis for engineers, 3th ed., John Wiley & Sons Inc., 2009.

Definiciones

NDT (nondestructive testing) - ensayos no destructivos.

Método de NDT - disciplina a través de la cual se aplica un principio físico en NDT; por ej. ensayo de ultrasonido, líquidos penetrantes y radiografía.

Procedimiento de NDT - descripción escrita de todos los parámetros esenciales y precauciones a ser tenidos en cuenta cuando un producto es inspeccionado de acuerdo a una norma(s), código(s) y/o especificación(es).

Sistema de NDT - una combinación de procedimiento de NDT, equipamiento y persona para una aplicación específica.

Probabilidad de detección (POD) - probabilidad de que una imperfección de una dada dimensión(es) pueda ser detectada usando un sistema de NDT específico en una dada aplicación. La probabilidad de detección, normalmente debería ser reportada con su correspondiente límite de confianza.

Procesos de detección de imperfecciones geométricas

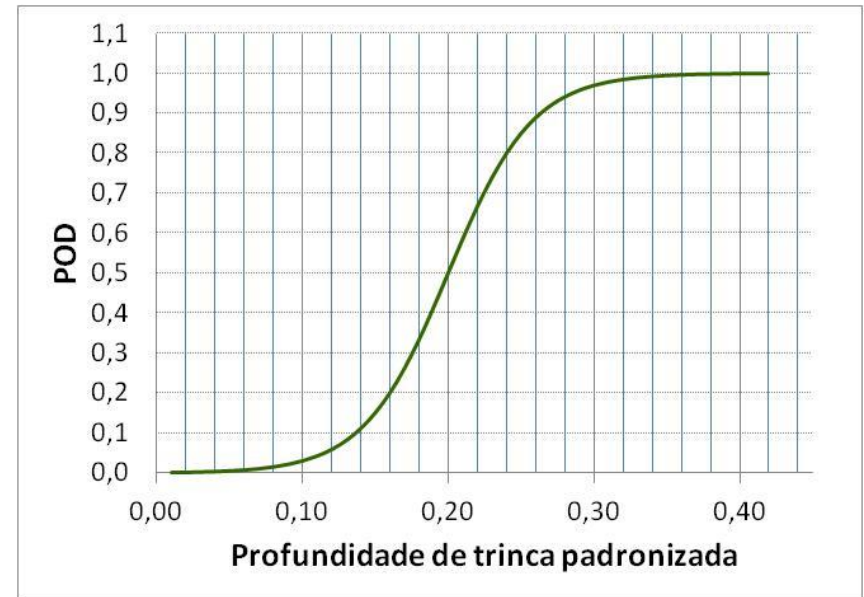
Curva de probabilidad de detección (curva *POD*)

La curva es válida sólo para un dado conjunto de las siguientes dos variables:

- 1) sistema de NDT (ver definición)
- 2) aplicación

La variable aplicación es dependiente de,

- 2.1) material y procesos de fabricación
- 2.2) geometría del componente (tubo, placa,...)
- 2.3) tipo de imperfección (fisura, poro, ...)
- 2.4) geometría de la imperfección
- 2.5) ubicación de la imperfección (superficial ó subsuperficial)



Profundidade de fisura normalizada del tubo, a/t

a - profundidad máxima de fisura superficial

t - espesor de pared del tubo

Tamaño de fisura a_{90}

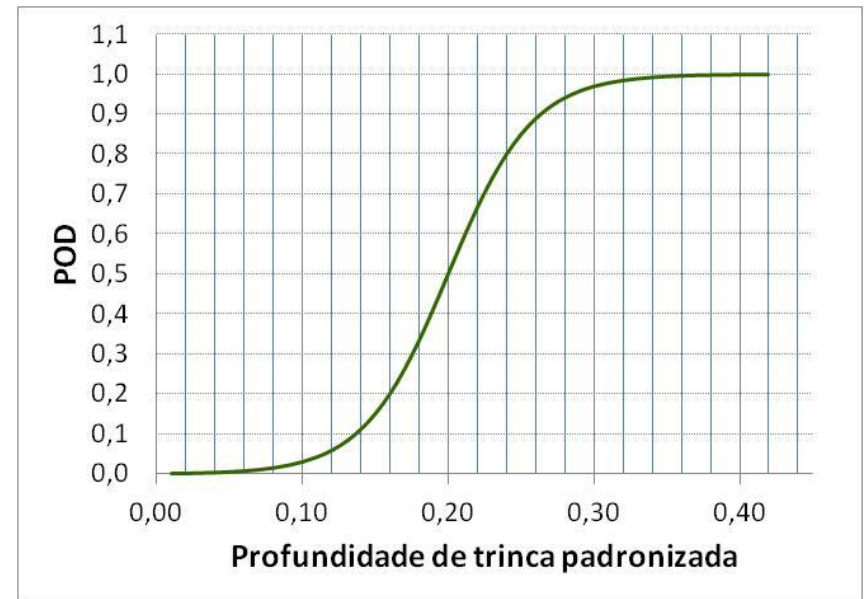
Considerando la curva POD de la figura, para obtener una probabilidad de detección mínima de 90% durante el proceso de inspección, a/t debería ser aproximadamente,

$$a/t = 0,26$$

Suponiendo, por ejemplo, el caso de un tubo fisurado con espesor de pared $t = 10$ mm, se dice que

$$a_{90} = 0,26 * 10 = 2,6 \text{ mm}$$

Fisuras con profundidades menores a 2,6 mm tendrán probabilidades de detección menores que 90%, mientras que fisuras con profundidades mayores que 2,6 mm tendrán probabilidades de detección mayores que 90 % y obviamente, inferiores a 100 %.



Influencia del método de *NDT* en la curva *POD* para una dada aplicación

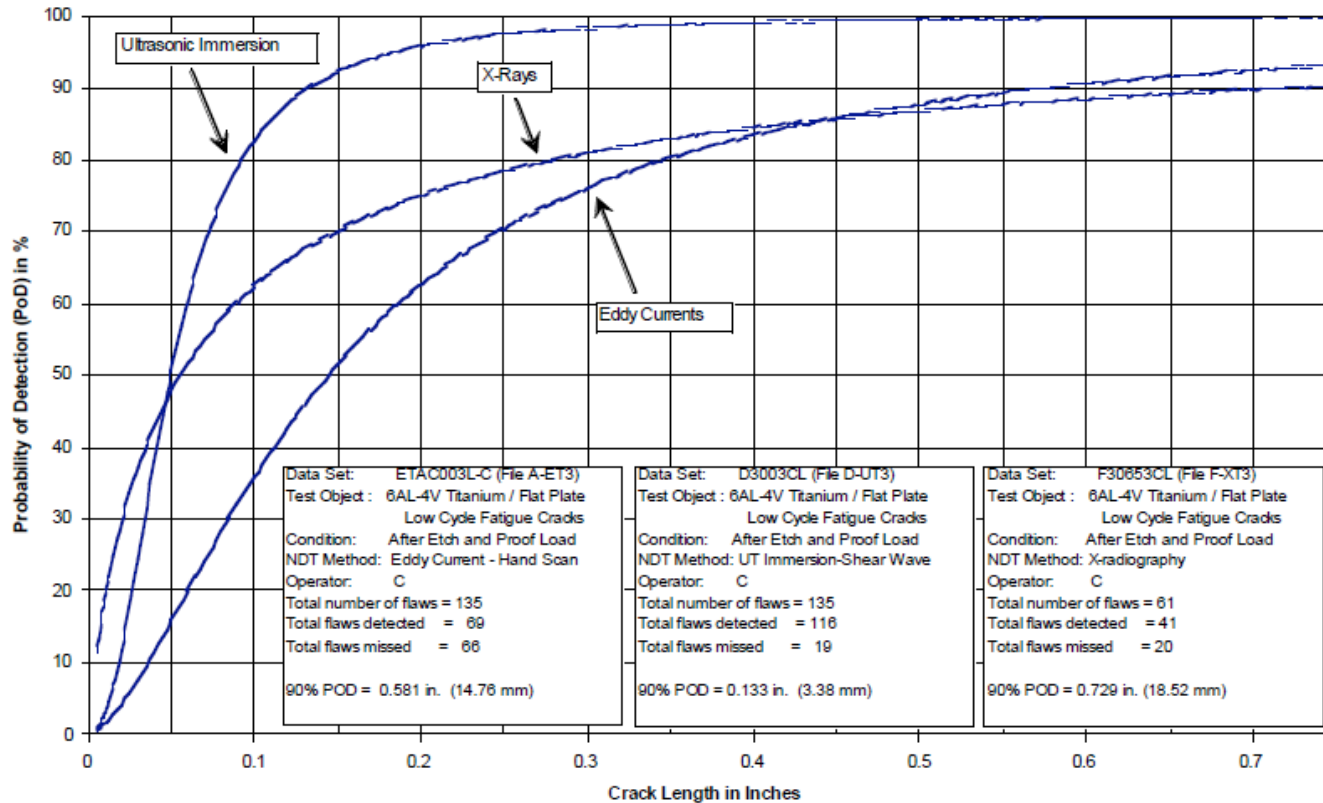


Figure 8 *PoD* (a) log-odds model results for different NDT methods applied to the same flaw specimen
 (The results are re-plotted with permission of NTIAC. All rights reserved. (See reference (5))

G. A. Georgiou, "Probability of Detection (PoD) curves - derivation, applications and limitations", HSE, 2006.

Confiabilidad en ensayos no destructivos

Para un dado conjunto sistema de NDT/
aplicación,

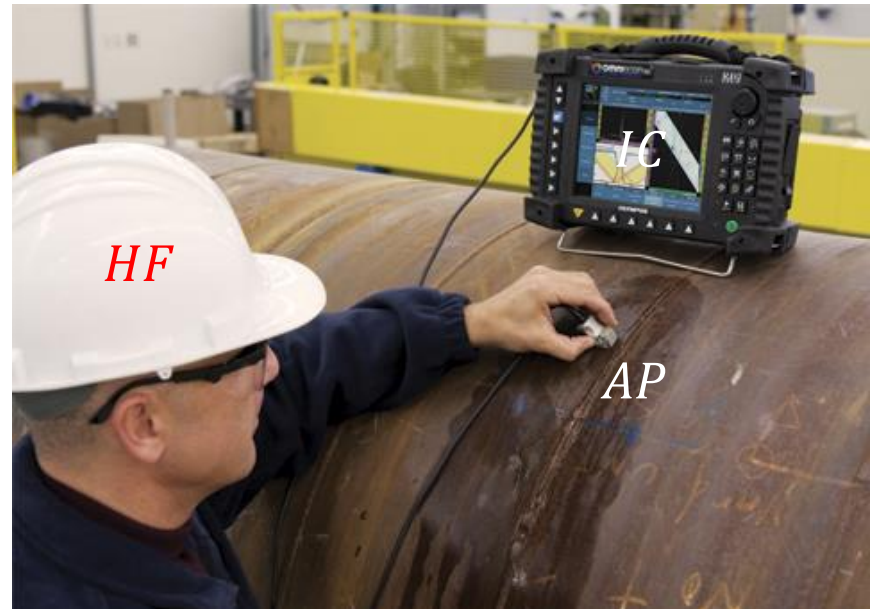
$$R^{\text{NDT}} = f(IC) - g(AP) - h(HF)$$

R^{NDT} - confiabilidad en NDT

IC - capacidad intrínseca del equipamiento
(basada en leyes físicas)

AP - efectos de parámetros de aplicación
industrial, tales como accesibilidad y
rugosidad superficial del componente
inspeccionado

HF - efectos de factores tales como la
calificación de los inspectores de NDT y la
ocurrencia de fatiga física de los mismos



C. Müller and M. J. Golis, "Basic Ideas of the American-European Workshops 1997 in Berlin and 1999 in Boulder," 15th World Conference on Nondestructive Testing, October 2000. [Online]. Available: <http://www.ndt.net/>.

Procesos de medición de imperfecciones geométricas

Realización de N medidas de una misma dimensión X_{true}

$$X_1 = X_{true} + \beta_1 + \beta_2 + (\epsilon_3)_1 + (\epsilon_4)_1 + (\epsilon_5)_1$$

$$X_2 = X_{true} + \beta_1 + \beta_2 + (\epsilon_3)_2 + (\epsilon_4)_2 + (\epsilon_5)_2$$

$$X_3 = X_{true} + \beta_1 + \beta_2 + (\epsilon_3)_3 + (\epsilon_4)_3 + (\epsilon_5)_3$$

⋮
⋮
⋮

$$X_N = X_{true} + \beta_1 + \beta_2 + (\epsilon_3)_N + (\epsilon_4)_N + (\epsilon_5)_N$$

X_1, X_2, \dots, X_N - valores de las medidas individuales

X_{true} - valor verdadero (ó de referencia) de la variable X , constante a lo largo del tiempo (proceso estacionario)

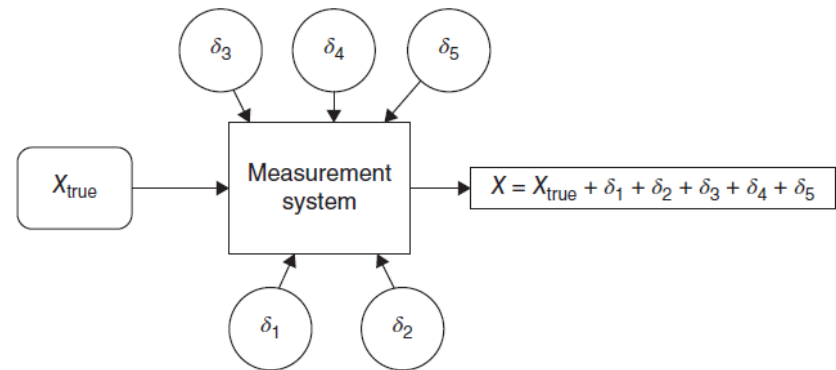


Figure 1.4 Measurement of a variable influenced by five error sources.

Error sistemático y aleatorio

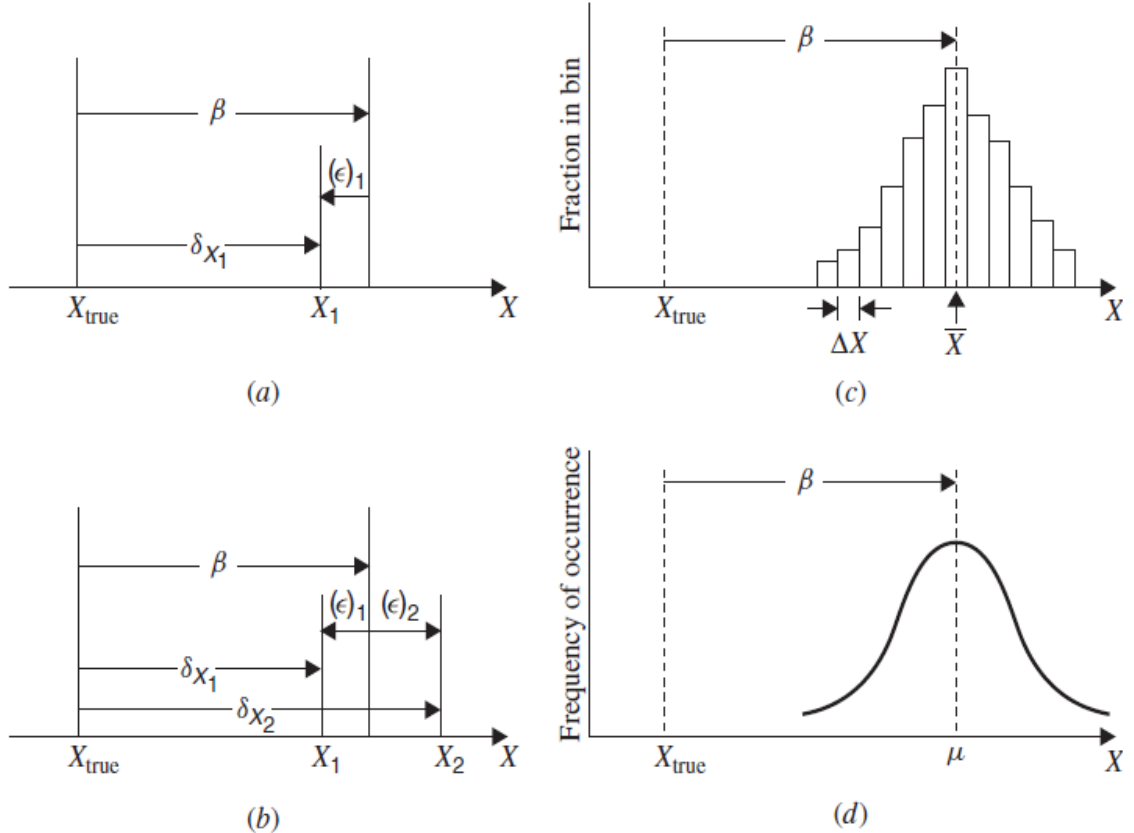
β – suma algebraica de errores elementales que no varían durante el período de medición (errores sistemáticos)

$$\beta = \beta_1 + \beta_2$$

ϵ – suma algebraica de errores elementales que varían durante o período de medición (errores aleatorios)

Para el caso de la medida 1, ϵ es

$$(\epsilon)_1 = (\epsilon_3)_1 + (\epsilon_4)_1 + (\epsilon_5)_1$$



$N \rightarrow \infty$

H. W. Coleman y G. W. Steele, Experimentation, validation and uncertainty analysis for engineers, 3th ed., John Wiley & Sons Inc., 2009.

Valor de cada medida individual, X_i y su error total, δ_{X_i}

El valor de la medida 1, X_1 es

$$X_1 = X_{\text{true}} + \beta + (\epsilon)_1$$

En el caso general, X_i es

$$X_i = X_{\text{true}} + \beta + (\epsilon)_i$$

El error total de la medida 1, δ_{X_1} es

$$\delta_{X_1} = X_1 - X_{\text{true}}$$

En el caso general, δ_{X_i} es

$$\delta_{X_i} = X_i - X_{\text{true}}$$

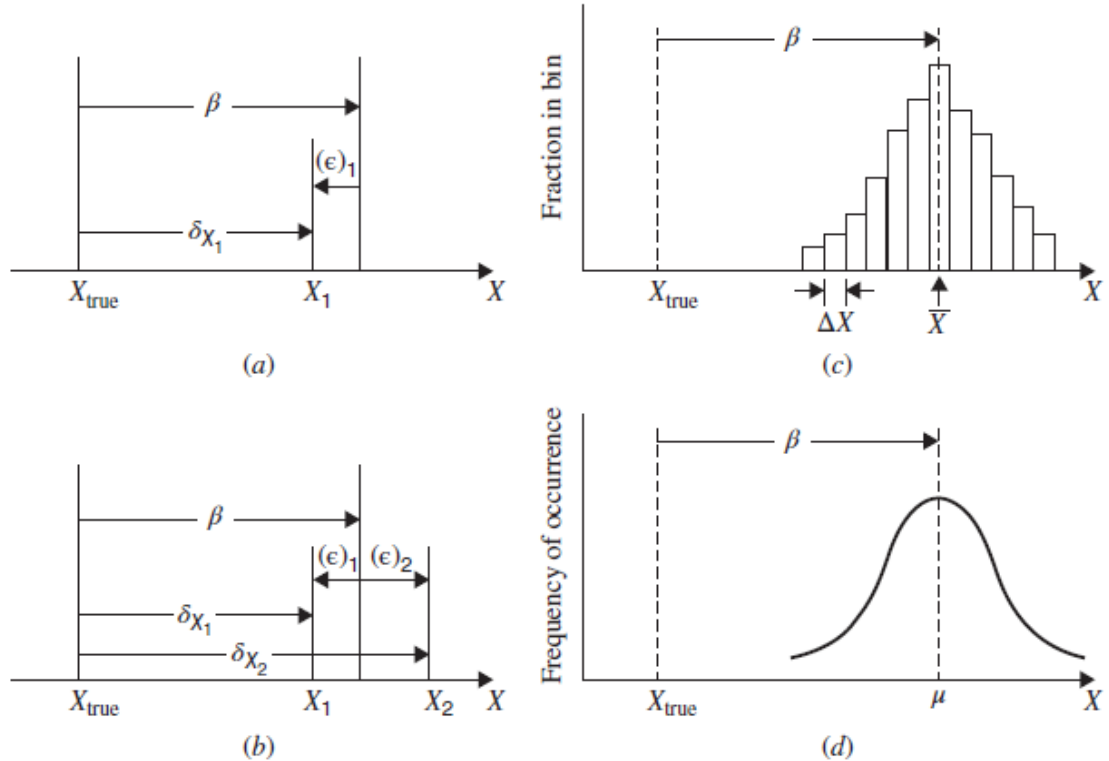
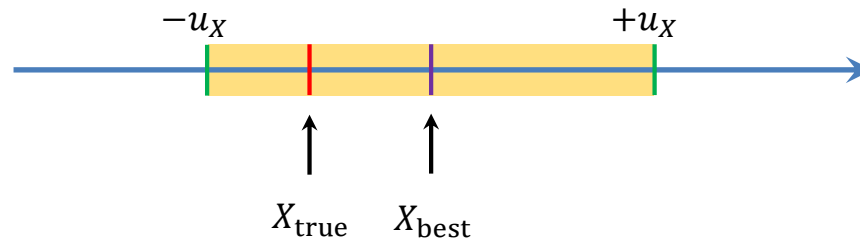


Figure 1.5 Effect of errors on successive measurements of a variable X .

Incertidumbre en la medición

- El valor verdadero, X_{true} está comprendido dentro del intervalo $X_{\text{best}} \pm u_X$.
- La incertidumbre u_X es una estimación del intervalo $\pm u_X$ dentro del cual, probablemente, esté contenida la magnitud de la combinación de todos los errores elementales, δ_X que afectan el valor medido de X .
- El signo y la magnitud de δ_X dentro del intervalo $\pm u_X$ son desconocidos.



Si $N > 1 \rightarrow X_{\text{best}}$ es generalmente, igual al valor promedio de N medidas, $\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$

Si $N = 1 \rightarrow X_{\text{best}}$ es generalmente, igual a X_1

Comentario final

- Si bien, tanto la probabilidad de detección de imperfecciones geométricas como la incertidumbre en la medición de las mismas no son parte integral del área “confiabilidad estructural” como tal, queda claro que la incertidumbre en dichos procesos también tendrá influencia en los resultados de las estimaciones de la probabilidad de falla estructural, p_f .