



METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA DISTRIBUCIÓN DEL ESTRÉS BASADO EN DATOS DE FATIGA CON COMPORTAMIENTO BILINEAL



Conference Proceedings ICONIS – VIII 2024.
Mazatlán, México, Mayo 29-31, 2024. Pag. 177-181

ISSN (Online): 2711-3310

Oswaldo, Monclova- Quintana* <i>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez al228139@alumnos. uacj.mx</i>	Manuel R, Piña- Monarrez <i>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez manuel.pina@u acj.mx</i>	María, Hernández- Ramos <i>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez magdalena.hernandez @uacj.mx</i>	Baldomero, Villa- Covarrubias <i>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez baldomero.villa@u acj.mx</i>
---	--	---	---

Resumen: Este artículo describe la aplicación del modelo bilineal para determinar la distribución $p-S-N$ del acero 42CrMo4. Los dos conjuntos de datos de fatiga se analizan por separado y se utilizan la distribución Weibull de dos parámetros para determinar los parámetros de forma y escala de cada conjunto. Finalmente, la determinación de los percentiles $p-S-N$ se establecen en base a la distribución probabilística equivalente a ambos conjuntos.

Palabras clave: Fatiga, Modelo Bilineal, Análisis Weibull.

1 INTRODUCCIÓN

La fatiga es una de las principales causas de fallos en componentes. Esta se representa en las curvas S-N y que están basadas en el modelo de Basquin, que es ampliamente utilizado en normas estandarizadas (Muñiz-

* Citación: Monclova-Quintana, O., Piña-Monarrez, M. R., Hernández-Ramos, M., y Villa-Covarrubias, B. (2024). Metodología para determinar la distribución del estrés basado en datos de fatiga con comportamiento bilineal. *Conference Proceedings of the International Congress on Innovation and Sustainable*, Mazatlán, México, Mayo 29-31, 2024, p.p. 177-181.

Calvente et al., 2022). Aunque el modelo lineal es ampliamente aceptado, el modelo bilineal podría modelar las incertidumbres que el modelo lineal no toma en cuenta. (Kwon et al., 2012) mostraron que el modelo bilineal proporciona una representación más precisa del comportamiento de fatiga. A pesar de que los modelos tanto lineal como bilineal son los más utilizados, estos siguen careciendo de información probabilística. En las últimas décadas se han introducido modelos como el de Castillo y Canteli que han presentado un avance significativo (Castillo & Canteli, 2009). Dada la importancia de las curvas S-N y su precisa caracterización, esta investigación propone una extensión de la metodología propuesta por (Usabiaga et al., 2020), para calcular los percentiles probabilísticos utilizando la distribución Weibull de dos parámetros.

2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

El rendimiento de un material es definido mediante la curva S-N, que

describe la relación entre el estrés (S) y el número de ciclos (N), según la ecuación de Basquin:

$$\log(S) = A \cdot \log(N) + B \quad (1)$$

donde A representa la pendiente y B la intersección con el eje vertical. En el modelo bilineal, que es una extensión del modelo lineal para análisis de fatiga, la curva S-N se divide en dos regiones, I y II, debido a un cambio en la pendiente. La región I corresponde a la región plástica y la región II a la región elástica. El punto de intersección de las dos pendientes se conoce como punto de rodilla (Liao et al., 2020).

La distribución Weibull de dos parámetros, propuesta por Wallody Weibull (Weibull, 1939), se emplea en el análisis, que está definida por la función de densidad de probabilidad:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left\{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}\right\} \quad (2)$$

Así, las distribuciones de confiabilidad y de falla acumulada son respectivamente:

$$R(t) = \exp\left\{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}\right\} \quad (3)$$

$$F(t) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right\} \quad (4)$$

Donde β es el parámetro de forma y η es el parámetro de escala.

El daño acumulado en un análisis de fatiga se refiere a la acumulación de deformaciones en cada ciclo, y se calcula como la integral del daño por ciclo respecto al número de ciclos:

$$D = \int \frac{D}{N} dN$$

Donde D es el daño acumulado, N el número de ciclos a la falla y D/N es el daño por ciclo.

3 METODOLOGÍA

La metodología propuesta se basa en el modelo bilineal de Basquin para determinar la distribución del estrés. Primero, los datos son separados en alto y bajo ciclaje. Luego, se calculan las pendientes óptimas para ambos conjuntos de datos mediante mínimos cuadrados. Posteriormente, se determinan las intersecciones verticales para cada conjunto y se identifica el punto de rodilla, que marca la intersección entre ambos conjuntos y divide el campo S-N. Se

calcula el daño de Basquin para cada experimento dada la ecuación:

$$B_D = \log(S) - A \cdot \log(N) \quad (5)$$

y se ordenan los valores de manera ascendente para asignar una probabilidad de falla a cada uno. Estos resultados se utilizan para determinar los parámetros de la distribución Weibull de dos parámetros de cada conjunto. Se determina la confiabilidad para cada valor de daño de Basquin, y se realiza una prueba Anderson-Darling para evaluar la similitud entre los conjuntos de datos, seleccionando el que tenga el valor p más alto. Finalmente, se calculan nuevos valores de daño de Basquin para el conjunto de bajo ciclaje, y a su vez se integran al conjunto de alto ciclaje para calcular el valor de los nuevos parámetros de la distribución Weibull de la integración de ambos conjuntos, para finalmente determinar los percentiles de probabilidad deseados.

4 RESULTADOS

Después de aplicar la metodología descrita a los datos de caracterización

de fatiga del acero 42CrMo4 (Boller & Seeger, 1987), se obtuvieron los siguientes resultados (ver Fig. 1).

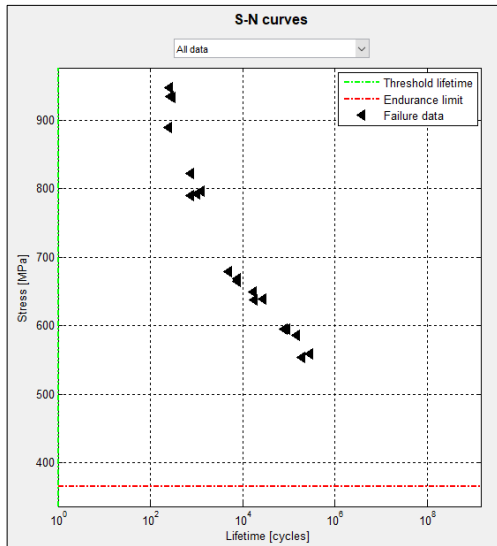


FIGURA 1. CURVA S-N DEL ACERO 42CRMO4. SOFTWARE PROFATIGUE.

Para el conjunto de datos de bajo ciclaje S_1 , se determinó una pendiente óptima A_1 de 291.0628898 y una intersección con el eje vertical B_1 de 3.234389328. Por otro lado, para el conjunto de datos de alto ciclaje S_2 , se obtuvo una pendiente óptima A_2 de 595.2323506 y una intersección con el eje vertical B_2 de 3.020949755. El punto de rodilla se localizó en $\log(N_{knee})=3.5226$ y $GP_{knee}=2.8442$, dividiendo así el campo S-N en dos conjuntos. Se determinaron los valores de daño de Basquin B_D para

ambos conjuntos, y se calcularon los parámetros de la distribución Weibull, siendo $\beta=663.6289261$ y $\eta=3.023450047$ para el conjunto integrado. Finalmente, se determinaron los valores de confiabilidad para cada valor de daño de Basquin y se seleccionó el conjunto S_2 como base para el análisis, debido a su mayor valor p en la prueba de Anderson-Darling. Los resultados proporcionan una caracterización detallada de la distribución del estrés en el material estudiado, lo que es fundamental para el diseño y la evaluación de componentes que están sujetos a fatiga (ver Fig. 2).

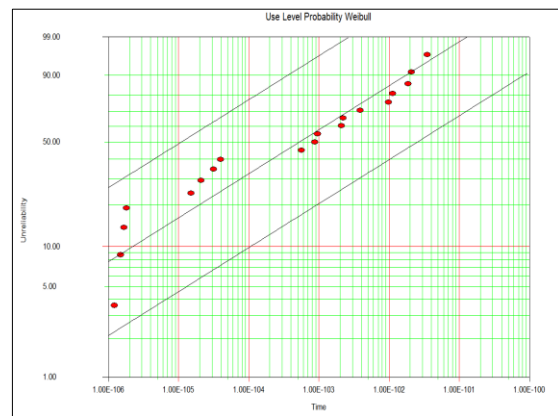


FIGURA 2. PERCENTIL 50% DE LA DISTRIBUCIÓN DE ESTRÉS. SOFTWARE ALTA.

5 CONCLUSIONES

Este estudio ha validado el uso efectivo de la distribución Weibull de dos parámetros en el análisis probabilístico de fatiga. La metodología aplicada ha permitido caracterizar eficientemente el campo p-S-N del acero 42CrMo4. La distribución Weibull ha posibilitado una estimación precisa de los parámetros de la curva S-N, facilitando la determinación de los percentiles de confiabilidad. Este enfoque resulta fundamental para evaluar la fatiga en materiales.

6 REFERENCIAS

- Boller, Chr., & Seeger, T. (1987). *Materials Data For Cyclic Loading Part B: Low-Alloy Steels*. ELSEVIER.
- Castillo, E., & Canteli, A. F. (2009). *A Unified Statistical Methodology for Modeling Fatigue Damage*.
- Kwon, K., Frangopol, D. M., & Soliman, M. (2012). Probabilistic Fatigue Life Estimation of Steel Bridges by Using a Bilinear S-N Approach. *Journal of Bridge Engineering*, 17(1), 58–70. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)be.1943-5592.0000225](https://doi.org/10.1061/(asce)be.1943-5592.0000225)
- Liao, D., Zhu, S. P., Keshtegar, B., Qian, G., & Wang, Q. (2020). Probabilistic framework for fatigue life assessment of notched components under size effects. *International Journal of Mechanical Sciences*, 181. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2020.105685>
- Muñiz-Calvente, M., Álvarez-Vázquez, A., Pelayo, F., Aenlle, M., García-Fernández, N., & Lamela-Rey, M. J. (2022). A comparative review of time- and frequency-domain methods for fatigue damage assessment. *International Journal of Fatigue*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2022.107069>
- Usabiaga, H., Muniz-Calvente, M., Ramalle, M., Urresti, I., & Fernández Canteli, A. (2020). Improving with probabilistic and scale features the Basquin linear and bi-linear fatigue models. *Engineering Failure Analysis*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104728>
- Wallody Weibull. (1939). *A Statistical Theory of the Strength of Materials: Generalstabens litografiska anstalts förlag*.