

ENSAYO DE FATIGA EN CONDUCTORES PARA LÍNEAS AÉREAS

Ing. Ind. Francisco A. Gari
Pto. Ing. Sergio Teliz

USINAS Y TRANSMISIONES ELÉCTRICAS

0.- RESUMEN

Con motivo de la recepción de conductor de aleación de aluminio importado, para líneas aéreas de alta tensión, en el que se notaba ataque superficial en ciertas zonas de las bobinas, se hizo evidente la necesidad de considerar la posibilidad de incluir, en la norma IEC 208, un ensayo adicional opcional, de fatiga para los alambres y eventualmente los conductores completos.

Estos ensayos estarían recomendados, particularmente, en los casos en que se detectaran problemas superficiales, tanto en la calidad del acabado superficial de fabricación como de posibles daños mecánicos o ataques químicos durante la fabricación, almacenamiento y transporte hasta la recepción por el cliente en su destino (incluyendo la responsabilidad del Banco emisor de pólizas de seguros hasta destino).

En este trabajo se describe, además de los ensayos realizados y sus resultados, el porqué y como se realizaron. Estos ensayos fueron efectuados fundamentalmente, con el espíritu de intentar evaluar la magnitud del daño causado y si se podía estimar el posible valor residual del conductor, con el fin de emplearlo en obras de menor riesgo e importancia económica, si era posible.

1.- LA EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR SEGÚN LA NORMA IEC 208

Los ensayos previstos en esta norma, evalúan las características del material de los conductores mediante ensayos de tracción, evaluando la resistencia mecánica a la tracción y la elongación de las probetas (ductilidad) y doblado (flexión estática), entre otros.

Estos ensayos, que son realmente importantes, sirven para evaluar las características mecánicas de los conductores eléctricos empleados en las líneas aéreas y compararlos con especificaciones ya establecidas. Sin embargo con respecto a las condiciones de la calidad superficial hacen recomendaciones cualitativas y por lo tanto imposibles de comparar por medidas o ensayos.

2.- LAS PRINCIPALES FALLAS DE ROTURA EN LÍNEAS AÉREAS

Una de las principales fallas por rotura, en las líneas aéreas, es a causa de la fatiga provocada por millones de oscilaciones de los conductores en el correr del tiempo. Estas oscilaciones o vibraciones, las provocan los torbellinos de Von Kármán, inducidos por las corrientes de aire que atraviesan a los conductores.

Hay que tener en cuenta, además, los problemas de resonancia que suelen aparecer, según las características del esfuerzo de tensión mecánica establecidos durante el cálculo (flechado), aplicados durante el montaje de la línea, y el empleo o no de amortiguadores (Nota pie 1) en los casos en que se hagan imprescindibles. Tienen suma importancia los vanos, la altitud, las características del suelo (zonas de sierras) vientos dominantes y las temperaturas diarias y estacionales. Según algunas referencias los vientos mas perjudiciales son las brisas constantes, de entre 1 y 3 m/s, cuyas horas de acción se van acumulando año tras año.

Otra posible causa de rotura son los vientos máximos, durante los cuales se debe evitar la falla del conductor, mediante cálculos basados en la información contenida en registros de meteorología (con 40 o mas años de información de la zona en cuestión), la sección y resistencia mecánica del conductor, la amplitud del vano, la flecha y la temperatura prevista en la zona, para el mismo. En este caso, si son importantes los ensayos estáticos, sin embargo si existe fatiga incipiente puede ser causa de rotura, en caso de huracanes, por haberse disminuido la sección real del conductor.

3.- UN ENSAYO ADICIONAL OPCIONAL DE FATIGA

Cuando se procedió a abrir las bobinas de los conductores en cuestión, se observaron zonas manchadas y atacadas superficialmente. Lo primero que se hizo fue tomar muestras de alambres del conductor de zonas afectadas y no afectadas y se hicieron los ensayos propuestos en la norma IEC 208, no arrojando diferencias mecánicas apreciables. Otros análisis químicos y con microscopio electrónico realizados por el INTI de la Argentina, fueron de dificultosa evaluación con respecto a la posible progresión del proceso de ataque químico, en este caso. Sin embargo, con el fin de poder evaluar si el ataque químico que habían recibido esas partes del conductor podrían afectar su resistencia

¹ La ubicación de los amortiguadores puede ser en: las suspensiones, los anclajes, o distribuidos en los vanos.

posterior al ataque del medio ambiente, se realizaron dos ensayos comparativos de ataque en la cámara de niebla salina 200 hs y luego se sometieron al ensayo de fatiga (ver gráfico 1).

Evidentemente, el ataque superficial variaba la calidad de la superficie y es bien sabido que el acabado superficial, en un elemento sometido a fatiga por flexión, es de suma importancia. Por lo tanto se instrumentó un ensayo de fatiga a la flexión, el que se describirá en los puntos siguientes.

Cabe aclarar que por falta de recursos, no se llevó a cabo ensayos de flexión del conductor completo. El ensayo que se había ideado estaba basado en la necesidad en este caso de analizar, además de la fatiga, la abrasión interna, entre conductores, cuando este se sometía a muchos ciclos de oscilación, similares a los provocados por los vientos. Esta abrasión se agravaría por la existencia de las partículas de Al_2O_3 (dureza 9 en la escala de Mohs, mineralógicamente denominado corindón o rubí sintético) producto de la oxidación del aluminio por el ataque químico al que había sido sometido.

4.- LA IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO DE FATIGA

El ensayo de fatiga debía poder dar resultados claros de que la diferencia en la duración de la vida del cable se radicaba en el problema causado por el ataque superficial, ya que la resistencia mecánica no había sido afectada sensiblemente, luego de los ensayos comparativos realizados según la IEC 208.

Con base en lo expuesto se planeó hacer ensayos de fatiga a la flexión (método de rotación, similar a la máquina de Mohr), con probetas de alambres del conductor provenientes de áreas afectadas y compararlas con ensayos similares de alambres provenientes de áreas no afectadas.

Como los resultados de todos los ensayos están basados en datos estadísticos, había que hacer un número considerable de ensayos, con cada uno de los tipos de muestras y luego comparar los resultados.

5.- LAS PROBETAS

Las probetas se construyeron de una longitud de alambre de 150 mm. La carga se aplicó en los 100 mm centrales, distancia entre los cojinetes de cada huso de la máquina, por lo tanto los esfuerzos de cortante y flexión se aplicaron entre los 100 y los 50 mm centrales, donde se colocaron dos cojinetes, por intermedio de los cuales se aplicaba la carga del ensayo. La zona central de 50 mm de longitud era por lo tanto, la que tenía la tensión de flexión pura, constante, del ensayo.

Por lo expuesto, solo se consideraron como válidas, para los ensayos, las roturas que se produjeron dentro de los 50 mm centrales de las probetas ensayadas.

6.- LA MÁQUINA DE ENSAYOS

Se construyó en el Laboratorio de UTE una máquina para realizar estos ensayos. Se trata de una máquina de 11 husos con una transmisión común, de correa plana, accionada por un motor eléctrico de inducción. La velocidad de giro del motor se controló, mediante el empleo de un variador de frecuencia electrónico, con el fin de poder trabajar en el rango de velocidades mayores posibles, y fuera de las frecuencias de resonancia principales. La carga se aplicó mediante resortes de baja constante elástica, con el fin de poder trabajar en la zona supercrítica y disminuir al mínimo posible las oscilaciones (variación de la carga). En la práctica se pudo alcanzar una velocidad próxima a las 1500 Rpm, 25 Hz, aunque se estudió un método alternativo, para la aplicación de la carga que pudiera alcanzar velocidades sensiblemente superiores, por razones de recursos y tiempo no se realizó. De todos modos la frecuencia de aplicación de las cargas alternativas, en los ensayos de fatiga, no han mostrado a través del tiempo tener importancia en los resultados obtenidos, siendo sus principales parámetros la carga y el número de ciclos hasta la rotura de la probeta.

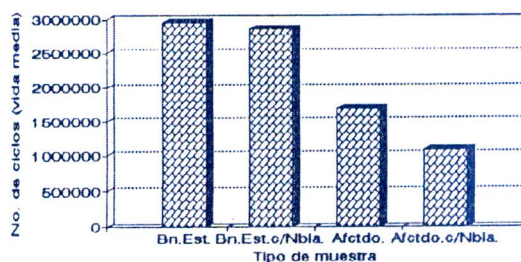
Cabe aclarar aquí, a los lectores no especializados en el tema, que en general, los metales cuyas aleaciones no contienen hierro en forma de metal de base, su límite de resistencia a la fatiga tiende a cero para infinitos ciclos, tal sería el caso para el aluminio o el cobre y sus aleaciones.

Con base en lo expresado en el párrafo anterior y con el fin de que los ensayos primarios no se prolongaran mucho en el tiempo, se optó por aplicar una carga de flexión de ensayo, de cierta importancia, pero que estuviera francamente por debajo del límite de fluencia. Dicha carga se fijó, originalmente, en 195 N/mm², aunque se estimó conveniente realizar ensayos, más prolongados en el tiempo (mayor N° de ciclos), con menor carga, 140 N/mm².

7. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

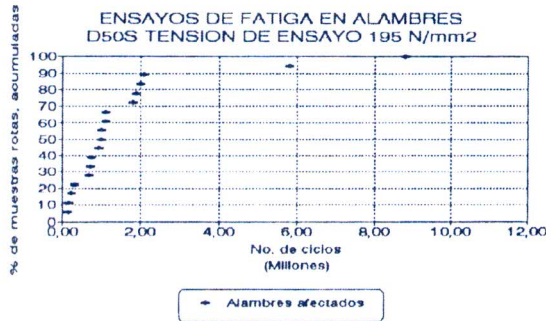
Se muestran a continuación algunos de los resultados obtenidos, mediante gráficas, de los ensayos realizados.

Ensayos de fatiga en alambres D50S, tensión 195 N/mm²



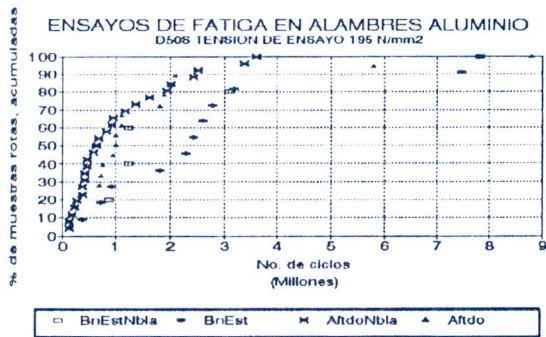
1 GRÁFICO COMPARATIVO DE LA VIDA MEDIA

Otros resultados de interés son, los porcentajes de muestras rotas por fatiga, según el número de ciclos de carga a las que fueron sometidas durante los ensayos, los alambres afectados (2).



2 ALAMBRES AFECTADOS
(duración porcentual de las muestras ensayadas)

También es interesante la gráfica que muestra la duración en millones de ciclos porcentualmente, de cada tipo de muestras, de los cuatro tipos de muestras ensayadas (3).



3 DURACIÓN PORCENTUAL DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS

En total se ensayaron, a la fatiga, más de 60 probetas de alambre de las zonas afectadas y no afectadas, cuyos valores de vida media se muestran en el gráfico 1 y, en el gráfico 3, la duración individual de cada probeta, según su procedencia.

8. CONCLUSIÓN

Mediante estos ensayos se pudo estimar que en general, la resistencia a la fatiga por flexión de los alambres afectados es:

A) La mitad de ciclos, en las zonas afectadas del mismo conductor, que la de las zonas no afectadas.

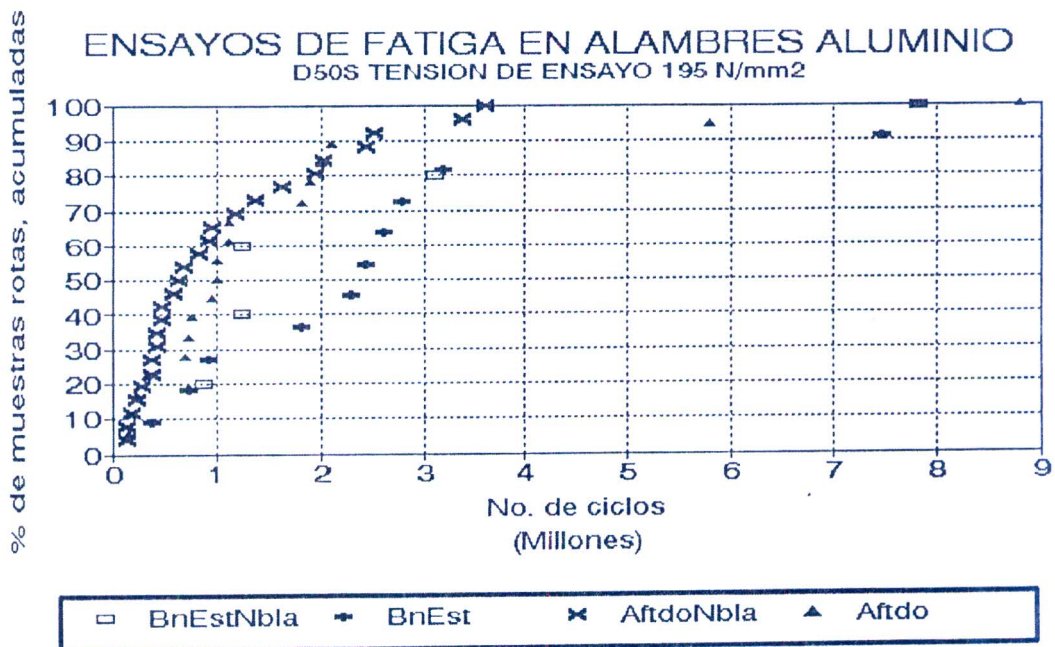
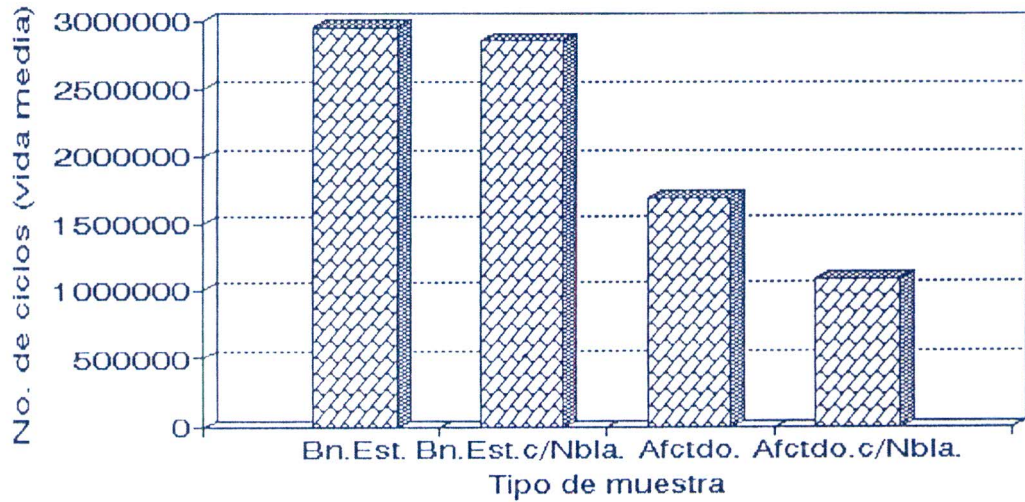
B) Que la influencia de la niebla salina es muy inferior en las zonas no afectadas, que en las zonas afectadas, donde la vida media de los alambres afectados pasa a ser del orden de la mitad, al orden de la tercera parte.

C) Que la afectación de 200 horas en la cámara de niebla salina es muy inferior a la que produjo la afectación investigada, del conductor en cuestión.

Por lo tanto es conveniente considerar este tipo de ensayo (luego de que se normalice, si se considera de utilidad), como opcional dentro de la IEC 208, en los casos en que se presenten problemas de naturaleza similar a la que nos afectó a nosotros, en esta oportunidad, o vinculados a la calidad del acabado superficial de los conductores, o a la sensibilidad de las aleaciones al ataque por nieblas salinas, en zonas costeras.

Ensayos de fatiga en alambres

D50S, tension 195 N/mm²



Ensayos de fatiga en alambres

D50S, tension 195 N/mm² (mtras.aftdas.)

