

# Más allá de las pruebas de vida acelerada: cómo ampliar el intervalo de calibración de instrumentos y otros componentes electrónicos

Artículo cedido por Keysight



www.keysight.com

Autor: Steven A. Jorgensen, Keysight Technologies, Inc.

Si nuestro trabajo exige intervalos de calibración prolongados, podemos utilizar técnicas CALT para verificar la estabilidad de un diseño.

Keysight Technologies, Inc. vende equipos a clientes que prueban diseños esenciales para el futuro de sus empresas. Keysight (anteriormente, el negocio de medida electrónica de Agilent Technologies) suministra a la mayoría de fabricantes de equipos electrónicos, gobiernos y universidades instrumentos certificados para operar dentro de ciertas especificaciones garantizadas.

Mantener un instrumento calibrado puede resultar caro. Yo trabajo en la división de osciloscopios de Keysight, una especialidad en rápido crecimiento. Gastar 2.500 USD en calibrar uno de nuestros osciloscopios de tecnología avanzada, que cuesta 250.000 USD, puede parecer relativamente barato. Sin embargo, el precio inicial de uno de nuestros osciloscopios de gama baja de la Serie X puede ser inferior a 1.200 USD. Calibrar un producto así puede valer unos 300 USD. Si la vida útil del producto es de unos cinco años, los costes de calibración pueden ascender a uno 1.500 USD, más de lo que costó el propio aparato.

Por eso, muchos de nuestros clientes deciden ocuparse ellos mismos del mantenimiento. Esto es lo más habitual en los sectores aeroespacial y de defensa, fabricación y educación. Estos clientes suelen presentar dos o más de las siguientes características:

- Numerosos instrumentos
- Necesidad crítica de precisión, trazabilidad o certificación en las medidas
- Gastos y presupuestos limitados
- Mano de obra de bajo coste en comparación con el capital

La calibración, ya se realice de forma interna o externa, puede constituir un porcentaje importante del coste total de propiedad. Así,

muchos clientes de Keysight nos han pedido prolongar el intervalo de calibración recomendado.

Además, Keysight utiliza una red de distribuidores para vender sus osciloscopios de la Serie X. Estos distribuidores almacenan el inventario en sus instalaciones de uno a tres meses.

En principio, la calibración de esos instrumentos se mantendrá estable durante ese tiempo, sin que los intervalos de calibración para el usuario final se vean afectados. Por eso es necesario que la calibración de los instrumentos se mantenga hasta seis meses en caso de almacenamiento antes del intervalo recomendado.

Con la introducción de los osciloscopios de la Serie X, Keysight quería duplicar su intervalo recomendado en todas las unidades suministradas de uno a dos años, con un máximo de seis meses de almacenamiento en tienda. Así, el plazo se ampliaba a dos años y medio. El 1 de julio de 2011 lo hicimos público, cuatro meses después del lanzamiento de los modelos X-2000A y X-3000A.

Y este mismo rigor en las pruebas y el análisis se ha aplicado a los nuevos X-4000A y X-6000A, así como a la última incorporación al catálogo, el X-3000T. Si el diseño acabó menos de seis meses antes del lanzamiento, ¿cómo hemos podido conseguirlo?

La División de productos de osciloscopios de Keysight Technologies ha creado y documentado un proceso coherente, estandarizado, estadístico y basado en datos para determinar el ciclo de calibración de sus productos. Este proceso se basa en las pruebas de vida útil acelerada (Accelerated Life Testing, o ALT). ALT es un método que aplica distintos niveles de estrés ambiental para acelerar el envejecimiento de un producto. Los resultados se utilizan para predecir su repercusión en el rendimiento y la fiabilidad

del producto. Como la clave de la mayoría de productos electrónicos son los semiconductores, el modelo se basa en los mecanismos de estos componentes. El modelo más utilizado para probar la vida útil de los semiconductores es la teoría de la reacción.

Arrhenius descubrió que la dependencia de la velocidad de una reacción química con respecto a la temperatura y el modelado de estrés de temperatura se basa en la Ecuación de Arrhenius. A modo de ejemplo, en este caso utilizaremos la siguiente fórmula para el factor térmico máximo:

$$AF_{T_{máx}} = e^{\left(\frac{E_a}{K}\right) \left[ \frac{1}{T_{uso_{máx}}} - \frac{1}{T_{prueba_{máx}}} \right]}$$

Donde:

- $T_{uso_{máx}}$  es la temperatura de uso máxima en grados Kelvin;
- $T_{prueba_{máx}}$  es la temperatura de prueba máxima en grados Kelvin;
- $E_a = 0,8$ ; la energía de activación;
- $K = 8,617E-05$ ; la constante de Boltzmann.

Además de la temperatura hay otros factores de estrés, como el estrés mecánico, la tensión y la humedad.

El factor de aceleración es el producto de cada uno de estos factores.

Por ejemplo:

$$AF = AF_{N1} * AF_{N2} * AF_{N3} * \dots$$

El proceso de la División de productos de osciloscopios de Keysight Technologies para obtener ciclos de calibración más prolongados se denomina CALT (Calibration Accelerated Life Testing, o pruebas de vida útil acelerada para calibración). CALT es el método de pruebas de

vida útil acelerada que determina el rendimiento paramétrico de un producto y el cambio en esos parámetros a lo largo del tiempo. CALT se lleva a cabo con tamaños de muestras estadísticamente significativos. Además, se utilizan tanto unidades aceleradas como unidades de control.

Las unidades de control no se someten a los factores de envejecimiento. Al incluirlas en las pruebas, entre otras cosas, cualquier variabilidad en las pruebas que no tenga que ver con el envejecimiento puede identificarse y eliminarse del análisis.

Las unidades aceleradas se someten a un aumento en la temperatura, carga y ciclos de potencia como factores de envejecimiento, mientras que las unidades de control no sufren estos cambios. Así, obtenemos que el factor de aceleración (AF) para las pruebas es el producto de los factores:

$$AF = AF_R * AF_{D_{máx}} * AF_{D_{mín}} * AF_r * AF_{T_{máx}} * AF_C * AF_L$$

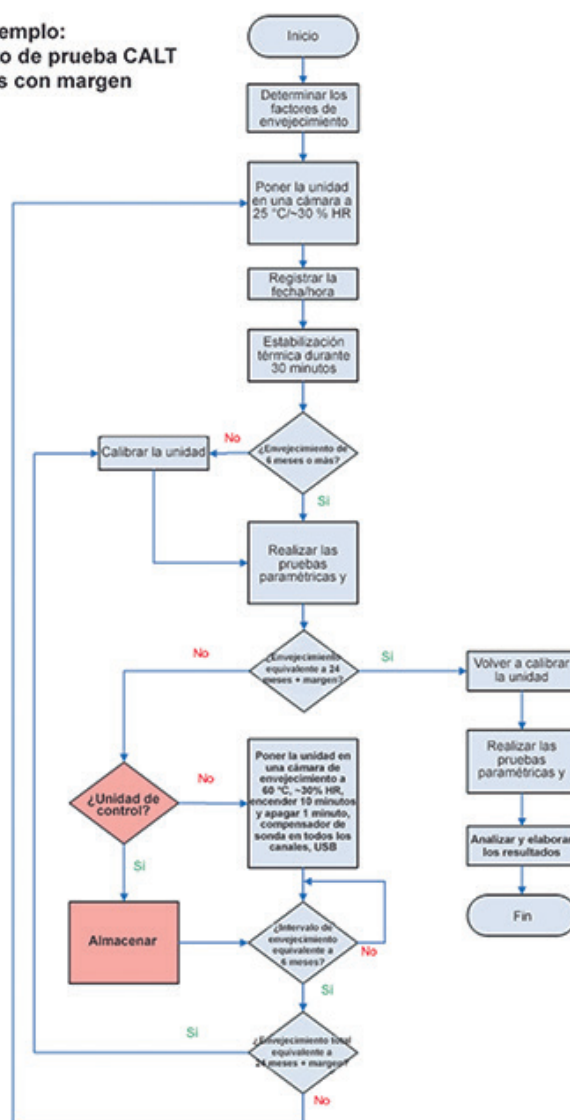
Donde:

- $AF_R$  es el factor de rango térmico;
- $AF_{D_{máx}}$  es el tiempo de permanencia a la temperatura de uso máxima;
- $AF_{D_{mín}}$  es el tiempo de permanencia a la temperatura de uso mínima;
- $AF_r$  es el factor de rampa térmica;
- $AF_{T_{máx}}$  es el factor térmico máximo;
- $AF_C$  es el factor de ciclo de potencia;
- $AF_L$  es el factor de carga.

Si partimos de un entorno de funcionamiento nominal de 25 °C (77 °F), usando estos factores de aceleración obtendremos un envejecimiento equivalente con una rapidez relativamente mayor. El producto se extrae del entorno de estrés para que las pruebas paramétricas determinen el efecto del envejecimiento.

Para mantener la coherencia, las pruebas paramétricas se realizan en un entorno controlado (cámara) a 25 °C y con una humedad relativa de alrededor del 30 %. El proceso

#### Ejemplo: Procedimiento de prueba CALT de 2 años con margen



incluye pruebas paramétricas y de envejecimiento. Las pruebas paramétricas se llevan a cabo para determinar un marcador de base anterior al envejecimiento y, a continuación, se repiten a intervalos equivalentes a un envejecimiento de unos seis meses.

Este proceso se repite durante el tiempo deseado; en este caso, un periodo de dos años más un margen. A continuación, los datos de estos intervalos se analizan para concluir si los parámetros varían y hasta qué punto.

Los datos de todas las unidades se analizan por parámetros y por unidades. Además, los datos se analizan incluyendo y sin incluir los puntos de datos de las unidades de control. Los análisis de datos inclu-

yen las siguientes herramientas estadísticas: diagramas de dispersión que muestran si hay cambios a lo largo del tiempo y permiten compararlos con las unidades de control, gráficos de caracterización de tolerancias que indican el margen de los datos en comparación con los límites y, por último, gráficos de resumen que señalan si los datos presentan una distribución normal.

Evidentemente, para obtener el ciclo de calibración deseado, el diseño inicial del producto debe ser de gran calidad, como sucede con todos los productos de Keysight Technologies. El proceso CALT proporciona unos datos cuantitativos, estadísticos y más coherentes, que pueden aplicarse a todos los productos.