

## CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA VALORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MEDIDA.

### 1.- INTRODUCCIÓN.

A la hora de elegir un sensor, normalmente necesitamos saber cuán adecuado puede ser para nuestro propósito. Para ello disponemos de documentación técnica donde se reflejan los valores que el dispositivo ofrece para diversos parámetros. No obstante, en ocasiones, el significado concreto de esos parámetros no se interpreta correctamente o se toman como sinónimos conceptos que no lo son.

En este documento trataremos de arrojar un poco de luz a los más habituales, y dar un punto de vista práctico en su interpretación.

### 2.- LOS MÁS ELEMENTALES: RESOLUCIÓN Y PRECISIÓN.

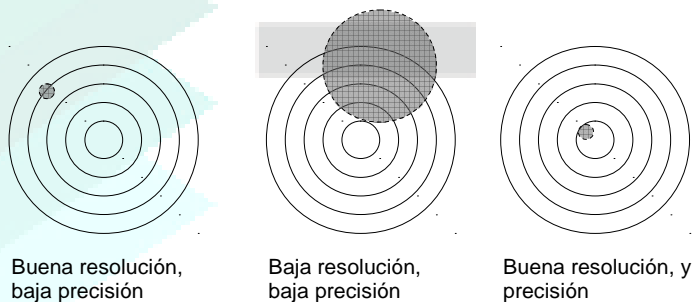
A menudo estos dos conceptos se confunden, pero si nos fijamos en su definición, son cosas bastante diferentes:

**2.1. -Resolución:** Es la menor variación de magnitud que un dispositivo puede percibir de forma significativa.

En otras palabras, es el mínimo cambio que el dispositivo es capaz de detectar sobre la magnitud que está midiendo (desplazamiento, fuerza, presión, etc.).

**2.2.- Precisión:** La precisión de un dispositivo se entiende como lo cerca que están las mediciones que efectúa, del verdadero valor de la magnitud en cuestión.

Como ejemplo, si tenemos una pieza que mide 10mm de largo (pongamos esto como valor verdadero), un dispositivo poco preciso pero con buena resolución podría leer 11.813, 11.768, 11.698, 11.732..., mientras que un dispositivo con precisión y no tanta resolución podría obtener 10.07, 10.05, 10.06...



Gráficamente, podríamos expresarlo como unas ventanas circulares (los círculos grises) que nos permitieran ver el valor de una magnitud en una diana (cuyo centro sería el verdadero valor de la magnitud observada). Si la abertura es muy grade, tendremos a la vista varias divisiones, y no

sabremos con certeza cuál es la verdadera. Si es del tamaño adecuado pero está desviada, tampoco obtendremos una visión del verdadero valor.

De hecho, la precisión depende de la combinación de varios conceptos (linealidad, repetitividad, histéresis, etc.). En ocasiones, cuando uno de estos factores resulta mucho más relevante y hace que la influencia del resto resulte insignificante, se puede llegar a entender ese factor como “sinónimo” de la precisión del dispositivo.

Un dispositivo de medición puede tener cualquier combinación de exactitud y precisión, aunque resulta bastante evidente que uno con una gran resolución pero muy poca precisión no nos será de mucha utilidad, probablemente.

NOTA: También existe la definición de precisión como la dispersión de los valores obtenidos en mediciones repetidas. Este concepto es lo que en este documento denominaremos repetitividad (ver 3.3).

En algunos tipos de dispositivo, se especifica también el valor de la sensibilidad:

**2.3.- Sensibilidad:** Cociente entre incremento en la respuesta de un instrumento de medida y el incremento correspondiente del valor de su entrada. Es decir, cuánto varía el valor de su salida con la variación del valor en su entrada.

En los dispositivos lineales, este cociente es constante para todo el rango y es la pendiente de la recta de su gráfica de transferencia (ver siguiente punto).

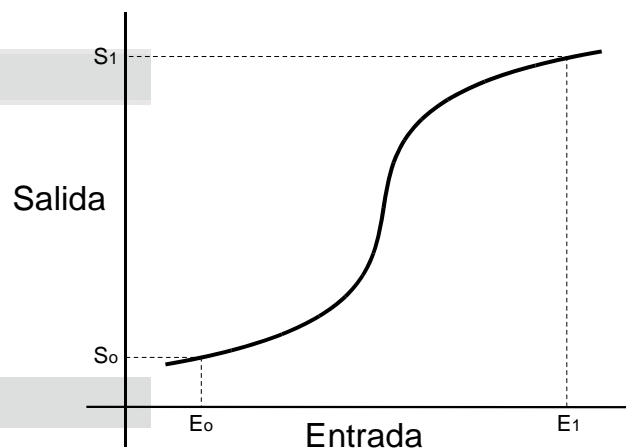
### 3.- LOS DISTINTOS COMPONENTES DEL ERROR.

De todo lo anterior se deduce que la precisión depende directamente de lo pequeño que sea el error que el dispositivo -y la forma en que se usa-, introduzcan en la medida. Si analizamos un poco las causas de error, vemos que se debe a diferentes factores llegando a definir así distintos componentes del mismo.

**3.1.- Dibujando el comportamiento:** Los transductores son dispositivos que transforman una determinada magnitud física en una señal eléctrica, y así podemos entenderlos como algo que transforma una entrada en una salida.

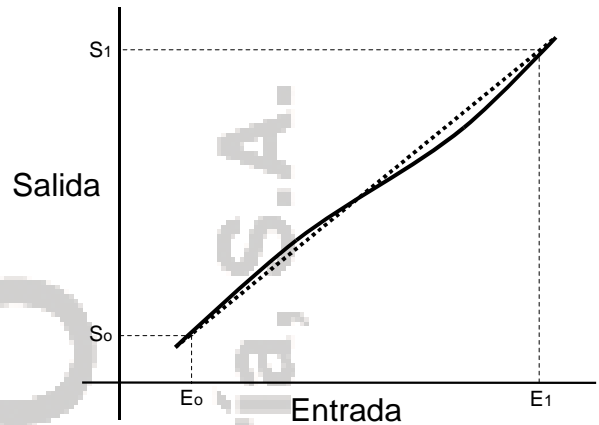
Representando en una gráfica los valores que se obtienen en la salida para cada valor de la entrada, obtendremos lo que se denomina Gráfica de Transferencia.

Idealmente, las gráficas de transferencia de los sensores deberían ser líneas rectas (son dispositivos lineales), pero en la práctica hay pequeñas desviaciones. Aquí encontramos uno de los factores de error:



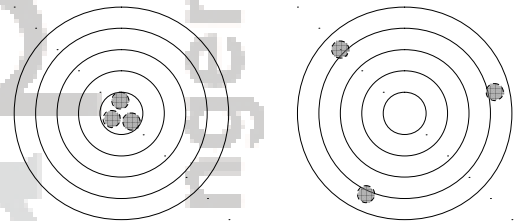
**3.2.- Linealidad:** o más bien deberíamos

hablar de “alinealidad”, puesto que es la falta de ésta la que nos introduce el error. Este término nos indica cuán desviadas están las lecturas de un dispositivo respecto a la recta ideal de Transferencia.



Otros componentes comunes del error son:

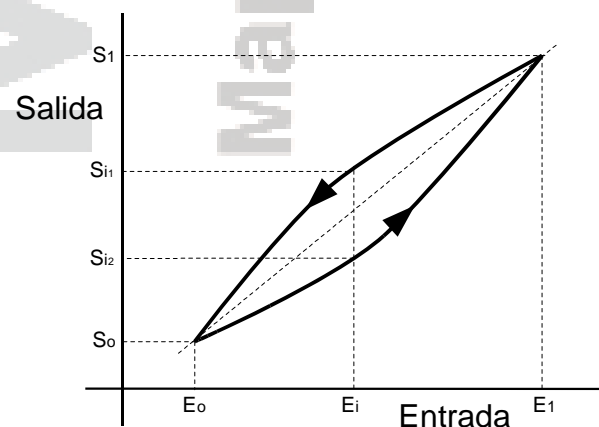
**3.3.- Repetitividad:** Se define como la aptitud de un instrumento de medida para dar resultados muy similares (próximos) cuando aplicamos de manera repetida el mismo mensurando y en las mismas condiciones de medida. Estas condiciones comprenden: reducción al mínimo de las variaciones debidas al observador, mismo procedimiento de medida, mismo observador, mismas condiciones ambientales, mismo lugar y repetición durante un corto período de tiempo.



Buena repetitividad

Mala repetitividad

**3.4.- Histéresis:** Es la diferencia entre la lectura del instrumento en un punto concreto, según nos aproximemos a él desde un lado o desde el otro. En el gráfico, para un mismo valor de entrada  $E_i$  obtenemos dos lecturas de salida diferentes  $S_{i1}$ ,  $S_{i2}$ , según el sentido en el que varía la entrada (creciente o decreciente). Como ejemplo, sería la diferencia de lectura que podríamos obtener si medimos con un instrumento una varilla de 4mm, empezando con el instrumento más abierto o menos que esa medida.



**3.5.- Deriva:** Variación lenta de una característica de un instrumento de medida, ya sea en función del tiempo, la temperatura, humedad u otros factores. Puede deberse a desgaste, pérdida de propiedades/envejecimiento de los materiales, etc...

#### 4.- INCERTIDUMBRE: CUÁNTO SE ACERCA LA MEDIDA QUE OBTENEMOS AL VALOR VERDADERO.

La incertidumbre se define como el rango de valores de una magnitud dentro del cual se encuentra el valor verdadero de lo medido. Es el resultado de un cálculo en el que se combinan todos los errores evaluados del sistema de medida. Dicho de otro modo, se acota el error, definiendo así la desviación máxima de los valores medidos respecto al valor verdadero.

Es un concepto básico en sistemas de medida ya que resulta necesario conocer el error máximo de las lecturas obtenidas para determinar si el sistema se adecúa a nuestras necesidades.

## 5.- CALIBRACIÓN.

Hay generalmente un malentendido en este concepto: no es lo mismo Calibración que Ajuste, aunque frecuentemente se interpreta lo segundo cuando se habla de lo primero. Veamos las definiciones:

**5.1.- Calibración:** conjunto de operaciones que establecen la diferencia entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o un sistema de medida y los valores correspondientes de esa magnitud obtenidos por patrones (instrumentos de referencia), en condiciones especificadas.

Los resultados de una calibración pueden consignarse en un documento denominado certificado de calibración o informe de calibración.

**5.2.- Ajuste:** Conjunto de operaciones para llevar un sistema de medida hasta unas prestaciones de operación (exactitud) adecuadas, entendiendo exactitud como el grado de concordancia entre el valor medido de una magnitud y su valor verdadero. (Exactitud es un concepto cualitativo, no cuantitativo. No se debe usar “precisión” queriendo expresar “exactitud”).

Podemos decir que la calibración es meramente una evaluación de la bondad de las lecturas del sistema de medida (contrastadas frente a un instrumento de mayor exactitud), y el certificado una especie de “acta notarial” sobre ello. Hay que tener en cuenta, no obstante, que en el certificado se debe facilitar también información sobre la incertidumbre de las lecturas del instrumento patrón y su trazabilidad (referencia) hacia patrones de mayor nivel.

Así pues, vemos que el mero hecho de calibrar un instrumento de medida no lo restituye a un estado de correcto funcionamiento, sino simplemente constata lo bien o mal que está midiendo. Dependiendo del tipo y magnitud de los errores detectados, éstos podrán ser compensados mediante cálculos posteriores o no. En este último, caso será necesario efectuar un ajuste y/o reparación del instrumento.

## 6.- DEFINIENDO NUESTRAS NECESIDADES.

Al diseñar nuestro sistema de medida debemos tener presente el objetivo que necesitamos conseguir con el mismo: si pretende ser algo que sirva para decidir si un elemento debe ser aceptado o rechazado, la norma general es que nuestro sistema deberá tener una incertidumbre de, como máximo, una décima parte de la tolerancia requerida para la magnitud a medir.

Como ejemplo, si el diámetro de un eje debe ser de  $25\text{mm} \pm 1\text{ mm}$ , el sistema de medida que debe emplearse para decidir si es aceptable o no deberá tener como máximo una incertidumbre de  $1/10\text{ mm}$ .

En el cálculo de la incertidumbre intervienen los errores combinados de todos los elementos del sistema de medida y las incertidumbres de los equipos de medida que intervienen en su calibración.

No es objeto de este artículo entrar en el detalle del cálculo de la incertidumbre, pero debemos tener presente que el valor de la combinación de los errores no es la suma directa de los mismos, sino su suma cuadrática (se trata de valores estadísticos).

No en todos los sensores que se emplean en sistemas de medida o equipos de verificación se especifican todos los conceptos tratados en este artículo por lo que en ocasiones podemos echar en falta algunos de ellos. Por otra parte, tampoco todos los dispositivos se pueden emplear “directamente” como instrumentos de medida, sino que por lo general formarán parte de un sistema más o menos complejo.

Tomemos como ejemplo un potenciómetro de vástago libre como transductor de posición. Hay que tener en cuenta que se trata de un dispositivo en el que el valor del cero no se establecerá hasta que sea montado en un sistema y por tanto no tendrá sentido hablar de precisión. Sí será muy relevante, en cambio, su característica de linealidad. Sería como tener una cinta métrica, rotulada con divisiones en centímetros o milímetros (según el requisito de resolución), pero sin números: las cifras quedarán definidas en cuanto tengamos el sistema montado y ajustado, pero si las divisiones no están claramente rotuladas, a intervalos regulares y de igual dimensión, no obtendremos un resultado correcto.

También podemos comprobar que dependiendo de cómo se plantee el funcionamiento de nuestro sistema, unos parámetros pueden ser más relevantes que otros: por ejemplo, en el caso de un diseño para hacer medias comparativas. Si la operativa se plantea como la toma de una referencia sobre una pieza de muestra para luego ir verificando cuánto se diferencian de ella otras piezas de una serie, una característica clave en la especificación del sensor será la repetitividad (con más peso incluso que la linealidad).

Otro planteamiento puede ser el de un sistema diseñado para medir o registrar los cambios con el tiempo o la temperatura de una determinada magnitud. Como es lógico, aquí será de más importancia la estabilidad de los dispositivos y por lo tanto buscaremos que sus valores de deriva (respecto al tiempo o a la temperatura) sean lo suficientemente bajos para nuestras necesidades.