

# DETERMINAR Y CONTROLAR LAS CAUSAS DE LAS PIEZAS ANORMALES SEGREGADAS POR LOS LÍMITES DINÁMICOS EN LOS TRANSDUCTORES DE PRESIÓN.

*David-Omar Cuazitl-Sánchez<sup>[1]</sup>, Luciano Vela-Martínez<sup>[2]</sup>*

[1] Alumno del Posgrado, d-cuazitl1@sensata.com, [2] CIATEQ, A. C. Unidad Aguascalientes.

## I. Resumen

La detección temprana de componentes que puedan presentar una vida reducida aun cuando en un primer momento fueron catalogados como productos buenos, es una de los objetivos de la industria automotriz para incrementar los niveles de calidad. Esta metodología fue iniciada en la industria electrónica de semiconductores y con el constante incremento de componentes electrónicos en los automóviles, se ha implementado en esta industria [1],[2]. El entendimiento de las causas que generan estas piezas segregadas como diferentes al lote que pertenecen, es el objeto de la presente investigación. Dichas causas se identificaron mediante análisis de correlación de parámetros eléctricos y neumáticos, así como graficado de la salida de voltaje, y reemplazo de componentes en los transductores de presión.

**II. Palabras claves.** Límites dinámicos, transductores de presión, PAT.

## III. Introducción.

La industria automotriz se ha destacado por desarrollar nuevas tecnologías y métodos para el aseguramiento de la calidad, durante los últimos años se ha investigado detectar los componentes que aunque son catalogados como buenos respecto a sus parámetros funcionales, presentan diferencias anormales que pueden acortar su tiempo de vida. En el proceso de calibración de los transductores de presión, existen piezas que son segregadas por estar fuera de los límites especificados por el cliente. De la misma manera, algunas piezas son rechazadas por estar fuera de los límites dinámicos establecidos, los cuales son calculados dependiendo del desempeño de cada lote que se procesa. Estos límites son obtenidos a través del cálculo de una media y desviación estándar de un grupo determinado de la población que se va probando, dicho grupo mantiene siempre la misma cantidad de elementos, eliminando el dato más antiguo y anexando el más nuevo a este método se le conoce también como Método de Horizonte Rodante [3]. La categoría de linealidad es la que más se

rechaza por estos últimos límites. La identificación de las causas de las fallas que dan origen a las piezas anormales contra el resto de la población es la finalidad de esta investigación.

#### **IV. Fundamentos.**

Para la segregación de las piezas anormales, se utilizó la metodología PAT (Prueba de promedio de partes), que fue desarrollada por el Consejo Electrónico Automotriz [4]. Esta metodología contempla el cálculo de una media robusta así como una desviación estándar robusta, que están definidas a través de los cuartiles (Q) de la distribución de la siguiente manera:

$$\text{Media Robusta} = Q2 \text{ (la mediana) [1]}$$

$$\text{Sigma Robusta} = (Q3-Q1)/1.35 \text{ (Valido para más de 20 datos) [2]}$$

Donde Q1=Primer Cuartil

Q2= Segundo Cuartil

Q3= Tercer Cuartil

Los límites dinámicos son más cerrados que los estáticos y se calculan en cada lote de producción. Esto significa que van cambiando continuamente conforme se van produciendo diferentes lotes y dependen únicamente del desempeño de cada uno de ellos.

Para usar este método, primero se analizan las piezas contra los límites estáticos y después contra los límites dinámicos calculados para segregar los valores anormales.

$$\text{Límites Dinámicos PAT} = \text{Media Robusta} \pm 6 \text{ Sigma Robusta [3]}$$

Los valores calculados no pueden ser menores que el Límite inferior de especificación (LIE) ni mayores al Límite Superior de Especificación (LSE).

Dentro de las variables que intervienen en el proceso de calibración de los transductores se encuentran neumáticas, eléctricas, relacionadas con los componentes y a posibles inconsistencias en los sistemas de medición.

La linealidad es una prueba que toma en cuenta la relación existente entre los errores obtenidos en los 4 puntos de presión donde se prueba el transductor.

Se evalúa la relación de los errores de los puntos atmosférico y medio contra los errores en los puntos bajo y alto de calibración que son donde teóricamente se tiene el valor más cercano a cero debido a que son los utilizados para calibrar el dispositivo.

Se procede a calcular la ecuación de la recta generada por los puntos bajo y alto, para posteriormente comparar los valores de los puntos atmosférico y medio contra esta recta ideal. A la diferencia encontrada se le llama Atm Lin y Mid Lin respectivamente [5].

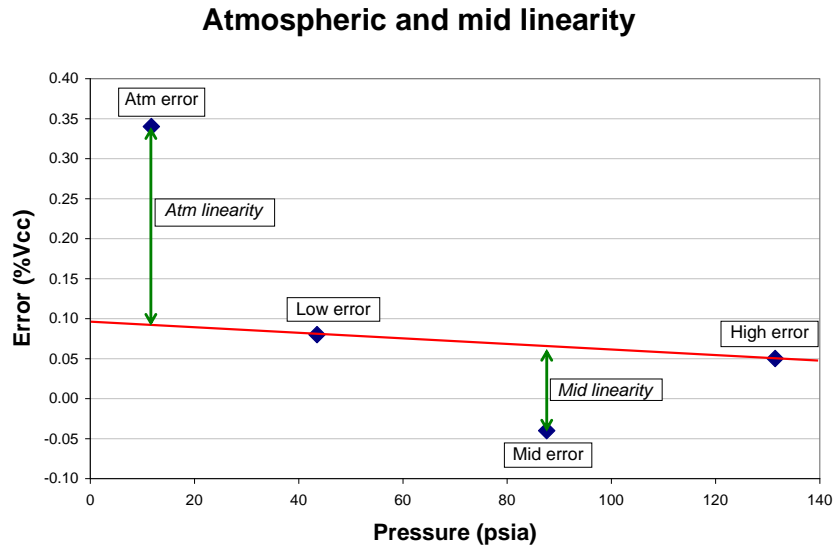


Figura 1. Gráfica de cálculo de Atm Lin y Mid Lin.

## V. Procedimiento.

Con el objetivo de entender cuál es el comportamiento de las piezas segregadas contra las normales, se graficó su salida.

Posteriormente para poder encontrar si alguna de las variables tenía relación con las piezas segregadas como anormales, se realizó un estudio de correlación entre las lecturas "Atm Lin" y "Mid Lin" contra los demás valores registrados por la estación de Calibración.

Entre estos valores se tomaron los siguientes:

Bias Dac

Gain Dac

Medición de presión atmosférica, baja, media y alta.

% de salida a presión atmosférica, baja, media y alta.

% de error a presión atmosférica, baja, media y alta.

Medición de voltaje y corriente.

% Salida a voltaje de Saturación alto y bajo.

Medición de corriente en estado bajo y alto.  
Máxima tasa de fuga de presión.

Así mismo, se reemplazaron componentes en las piezas segregadas con el fin de identificar cuál de ellos presentaba un comportamiento diferente.

## VI. Resultados.

La figura 1 muestra el comportamiento de piezas dinámicas contra piezas buenas cuando se toma en cuenta la presión de prueba contra el porcentaje de error en la salida de voltaje.

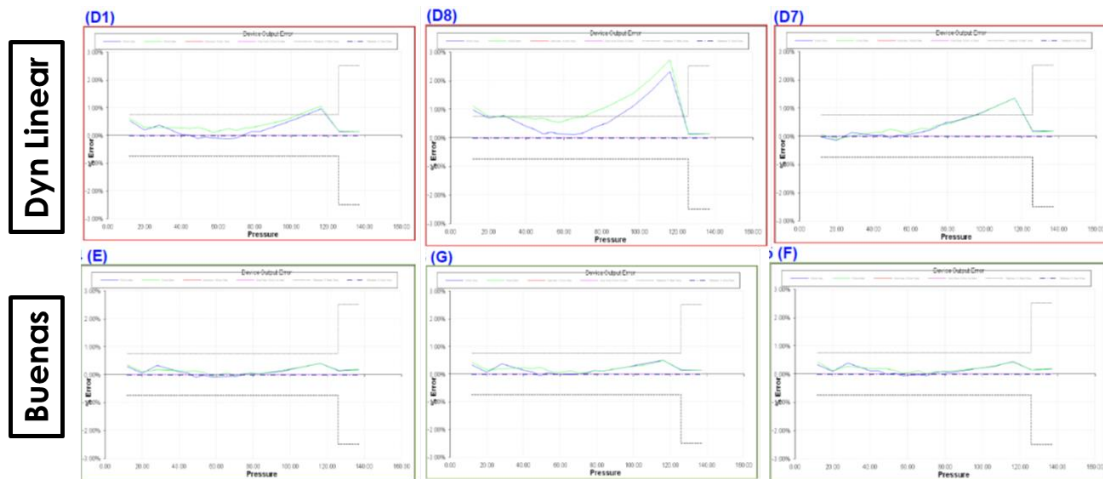


Figura 2. Gráfica de comportamiento de piezas segregadas contra buenas.

Se puede observar que las piezas malas tienden a salirse de los límites estáticos establecidos a presiones mayores que el punto alto de presión, pero siguen estando dentro en los puntos de prueba, por eso no son segregadas por estar fuera de especificación.

Contrariamente las piezas buenas muestran un comportamiento estable aun a presiones mayores.

Se graficaron las lecturas de cada uno de los parámetros a correlacionar identificando con puntos de color rojo las piezas segregadas y con puntos azules las piezas normales, y se empleó el programa Minitab para identificar la correlación. La tabla 1 muestra los resultados para cada parámetro.

Tabla 1. Correlación entre linealidad atmosférica y media contra parámetros eléctricos y neumáticos.

	GRAFICA	LINEALIDAD ATMOSFERICA	LINEALIDAD MEDIA
<b>% SALIDA A VOLTAJE SATURACION BAJO</b>			
<b>% SALIDA A VOLTAJE SATURACION ALTO</b>			
<b>CORRIENTE ESD ESTADO BAJO</b>			
<b>CORRIENTE ESD ESTADO ALTO</b>			

Con los resultados de estas correlaciones se puede comprobar que no existe relación entre los parámetros eléctricos, neumáticos y los errores de linealidad atmosférica y media.

Con el objetivo de identificar qué componente principal del sensor era el responsable del comportamiento anormal en la caracterización de las piezas, se realizó el experimento de graficar la salida de piezas malas y reemplazar los componentes de dichas piezas, por nuevos y observar si la forma de la salida de voltaje se mantenía o cambiaba.

En el transductor de presión se pueden identificar componentes activos y pasivos, entre los activos se encuentra el módulo o circuito y el CSE o capacitor cerámico. Como componentes pasivos están el conector, el puerto metálico, la cubre-base y el o-ring interno.

Se decidió cambiar los componentes activos y sustituirlos por nuevos componentes de la siguiente manera:

Tabla 2. Grupos de reemplazo de componentes.

Grupo	Condición	Tipo de Prueba
Grupo 1	Módulo pieza Buena + CSE pieza Mala	Test Only
Grupo 2	Módulo pieza Mala + CSE pieza Buena	Test Only
Grupo 3	Módulo Nuevo + CSE pieza Mala	Calibration
Grupo 4	Módulo pieza Mala + CSE Nuevo	Test Only

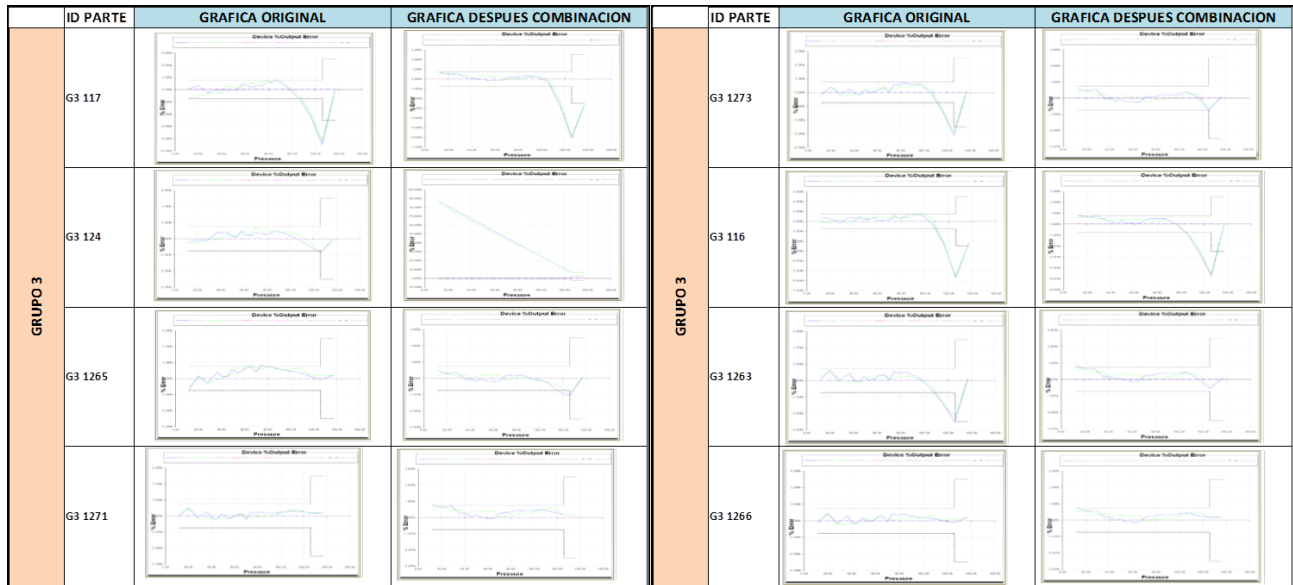


Figura 3. Gráfica grupo 3 módulo nuevo + CSE pieza mala.

Tras analizar los comportamientos de salida de las piezas a las que se reemplazó el modulo por uno nuevo utilizando un CSE de una pieza que anteriormente fue segregada, se puede observar que el comportamiento se mantiene, dando una fuerte indicación de que el CSE es una de las causas de que las piezas hayan sido tomadas como diferentes.

Hasta este punto los resultados de esta investigación son parciales, y se continuara analizando las causas que generan CSE que se comporten diferente al resto de la población.

## **VII. Conclusiones.**

1. No se encontró correlación entre los parámetros eléctricos del dispositivo tales como voltaje, corriente, valores de Bias y Gain, valores de saturación altos y bajos, con los valores de linealidad atmosférica ni media que ocasionan que salgan piezas anormales.
2. Las piezas dinámicas de linealidad presentan comportamientos distintos a las normales en los puntos altos de presión.
3. De acuerdo a los resultados obtenidos en la experimentación de reemplazar los componentes activos, el CSE se perfila como el que presenta un daño y es responsable de la segregación de las piezas anormales de linealidad. La investigación de las causas de la generación de CSE diferente se continuara.

## **VIII. Referencias.**

- [1] Hill, J. F. "An approach to the dynamic detection of outliers in electronics production", International Journal of Production Research, 2007, 45:3, 765-778, DOI: 10.1080/00207540600792283.
- [2] Ohletz, M.J. "Requirements for Design, Qualification and Production of Integrated Sensor Interface Circuits for High Quality Automotive Applications", Microelectronics Journal 01/2009, DOI: 10.1016/j.mejo.2008.08.018.
- [3] Bossers H.C.M." Online Univariate Outlier Detection in Final Test: A Robust Rolling Horizon Approach", European Test Symposium (ETS), 2011 16th IEEE, pp. 201.
- [4] Automotive Electronics Council, "Guidelines for Part Average Testing (PAT)," AEC Q001, rev. D, December 9, 2011. <http://www.aecouncil.com/AECDocuments.html>.
- [5] Castañeda, B. APT algoritmo de calibración. Sensata 2012 Core Technology Team.