

# DESARROLLO Y APLICACIÓN DE DISPOSITIVO PARA DISMINUIR LA VARIABILIDAD EN LAS MEDICIONES DEL FORMADO DE PUERTAS EN LÁMINA.

Autor: Miguel Á. Ginez Ponce<sup>1</sup> Hugo Hernández Tapia<sup>2</sup>  
Mabe Refrigeradores planta Celaya<sup>1</sup>  
Carretera Federal 51 km. 110, poblado Ojo Secó C.P. 38158, Celaya Guanajuato.  
Teléfono. 01 (461) 6186800 Ext.6601, [miguel.ginez@mabe.com.mx](mailto:miguel.ginez@mabe.com.mx)

Instituto de Estudios Superiores del Bajío (campus universitario UNITESBA San José)<sup>2</sup>  
Camino San José # 903, el Becerro, Celaya Guanajuato  
Teléfono. 01 (461) 1689121, [hugoht2008@gmail.com](mailto:hugoht2008@gmail.com)

**Resumen:** En el área de Metrología del departamento de calidad se desarrolló un dispositivo de sujeción que funciona por un sistema neumático, éste ayudó a disminuir la variabilidad de las mediciones en las características críticas de calidad (CTQ) de la lámina formada para la puerta del refrigerador modelo 22 ft. En el presente documento se tiene como objetivo describir el diseño, el desarrollo y la validación de un mejor dispositivo para sujeción que permite disminuir la variación en las mediciones. La forma de validar el dispositivo fue mediante pruebas estadísticas como el Gage repetibilidad y reproducibilidad (RyR).

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento describe el desarrollo y la aplicación de un dispositivo de fijación utilizado en la medición de piezas de lamina formada para puertas de refrigeradores, el desarrollo del proyecto se realizo en la empresa mabe refrigeradores planta Celaya, particularmente en el departamento de calidad.

La expresión de unidades de medidas y abreviaturas escritas serán en sistema ingles siguiendo la norma ISO 80000-1.

El dispositivo se desarrolló con la finalidad de mejorar la calidad del sistema de medición disminuyendo la variación que existía entre metrólogos del laboratorio de metrología. Así mismo contribuyó en la mejora continua de dispositivos auxiliares para el apoyo en la medición de partes dentro del proceso de medición.

Para lograr la funcionalidad correcta del dispositivo fue necesario conocer los CTQ (característica critica de calidad) de la parte, sus tolerancias y el tipo de material de la pieza a medir. En este proyecto las piezas son flexibles en su estructura, no tienen una parte rígida que mantenga la geometría de la lámina que da forma a la puerta.

Como antecedentes, se tenía un dispositivo metálico con un radio formado de 130.000 in con una tolerancia de: +/- 10.000 in repartido en tres

zonas a lo largo de 39.000 in, el cual cuenta con dos contrapesos largos de 27.600 in, con un peso aproximado de 10 kg cada uno. Estas características son primordiales para mantener la geometría de la pieza a la hora de efectuar la medición para la liberación del producto. Este dispositivo es aplicado en la liberación de formado de lamina para puertas del refrigerador modelo 22 ft.

La problemática surgió al no cumplir con los niveles de reproducibilidad, que se reflejó en el desperdicio de material, se descubrió que al colocar los contrapesos sobre la pieza, estos generan una línea o pequeñas abolladuras (golpes) que provoca el desperdicio de la parte, esto afecta a la apariencia del producto y es critico para la calidad que se maneja en la empresa.

El objetivo que se planteo fue diseñar un dispositivo con mecanismo neumático, que ayude a disminuir la variabilidad de los resultados obtenidos, y que se adapte al método de medición utilizado por el laboratorio de metrología dimensional y del laboratorio de liberación de primera pieza, También que no se genere desperdicio de lámina formada entre ajustes.

Por el tipo de tolerancias que se manejan en las líneas de producción, el dispositivo metálico se utiliza para monitoreo del proceso del formado de lamina para puertas del refrigerador de 22 ft.

Para lograr reducir la variabilidad se diseñó el dispositivo con una mayor área en la superficie de funcionamiento neumático por medio de ventosas de succión con orificios de posicionamiento. De un peso no mayor de 40 kg.

La liberación del dispositivo se realizó con una prueba de repetibilidad y reproducibilidad (Gage RyR método por el método de análisis de varianza), con piezas de la lamina formada para puerta modelo 22 ft.

Las ventajas que se obtienen con el nuevo dispositivo es la disminución de la variabilidad en un 9%, para al menos 3 modelos diferentes en el lado derecho e izquierdo. Reduciendo la deformación de la pieza al montarla para su dimensionamiento.

**2. DESARROLLO Y ANÁLISIS DEL MÉTODO DE MEDICIÓN.**

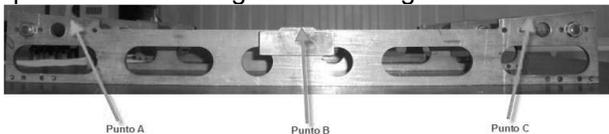
La necesidad se presentó en utilizar un dispositivo mecánico para sujetar piezas de lámina formada del proceso de prensas. Se desarrolló un dispositivo que cumpla con las características de la pieza y que se pueda montar en una maquina de medición por coordenadas tipo puente marca Zeiss (CMM-ZEISS). La función del dispositivo es: sujetar la pieza para evitar el movimiento que podría genera variación en los resultados de la medición

**2.1. Tipos de dispositivos para sujetar aplicados en la medición de la lámina formada**

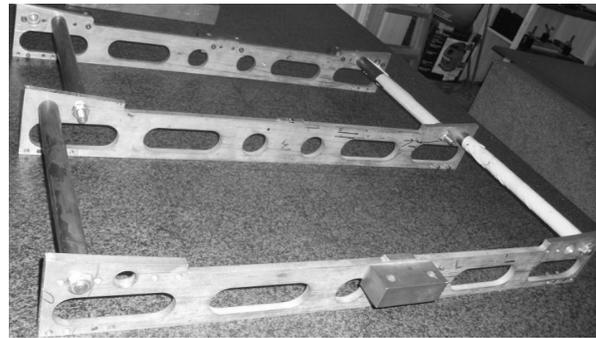
El dispositivo que se tenía para sujetar las piezas tiene las siguientes características:

Material metálico con un radio formado de 130.000 in con una tolerancia de: +/- 10.000 in, repartido en tres zonas, dentro de una longitud de 39.000 in, figura 1 y figura 2.

Dos contrapesos largos de 27.600 in. Con un peso aproximado de 10 kg cada barra figura 3.



**Fig. 1** Dispositivo metálico vista frontal. En sus partes laterales y centrales tiene tres puntos de contacto A, B y C, que forman un radio de 130.000 in con una tolerancia de: +/- 10.000 in.



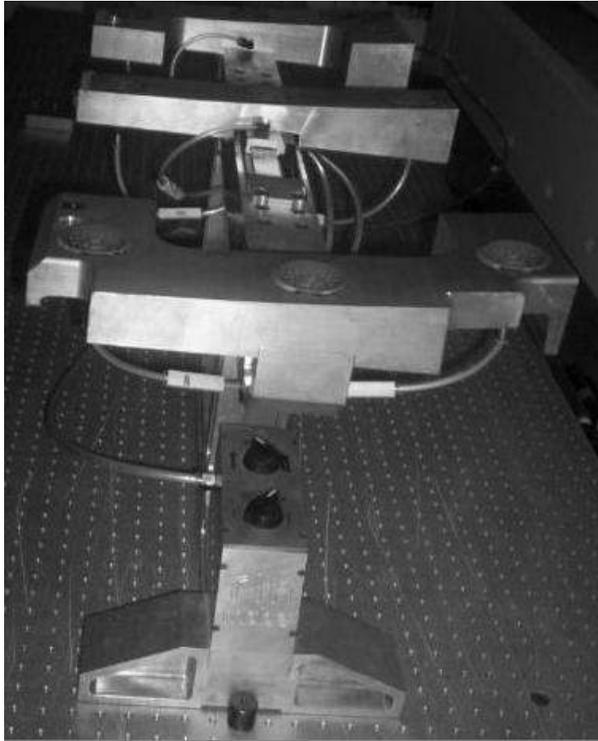
**Fig. 2** Dispositivo metálico vista superior, al centro porta un dado con dos orificios pasados de posicionamiento de la pieza.



**Fig. 3** Contrapeso metálico.

El dispositivo a emplear como mejora se fabricó en aluminio. Una de las condiciones del dispositivo para reducir la variabilidad en las mediciones, fue tener mayor área de contacto con la pieza a sujetar en los tres radios; La sujeción se obtuvo a través un funcionamiento neumático por medio de ventosas de succión a una presión de 5,5 bar (80 psi) para fijar la pieza y con dos orificios de posicionamiento. Ver figura 4.

En su lateral izquierdo cuenta con dos barrenos de localización, 9 ventosas de vacío para la sujeción, En su parte inferior tiene dos perillas de activación de vacío y un pistón para posición del radio central del dispositivo.



**Fig. 4** Dispositivo de sujeción neumático por medio de ventosas.

## 2.2. Proceso de medición

El proceso de fabricación inicia en el área de presas para el formado y estampado de lamina, para los diferentes modelos de refrigeradores, posteriormente se toman tres muestras para evaluar sus CTQ de proceso que ayudaran en los ajustes de las maquinas de prensado y estampado. Al llegar la pieza en el laboratorio de metrología se procede a lo siguiente: 1. Verificar calibración de palpadores a utilizar; 2. Montar el dispositivo de sujeción; 3. Seleccionar programa; 4. Montar pieza sobre el dispositivo; 5. Localizar la pieza en la maquina de coordenadas; 6. Medición de la pieza; 7. Reportar resultados.

## 3. MÉTODO DE MEDICIÓN

El método de medición se desarrolló midiendo 5 piezas, una réplica con el mismo metrólogo. Se emplearon tres métodos diferentes para buscar el mejor. Por medio del programa estadístico minitab, se empleó el método ANOVA, dos vías (One-way (Unstacked)), para identificar si los métodos son iguales o diferentes.

Si los tres métodos son diferentes se aplica el método de medición que tenga menor desviación estándar en sus resultados, posteriormente se realiza, un estudio gage RyR corto con 5 piezas, una medición y 3 operadores, finalmente un gage RyR con el método anova con 5 piezas, 2 mediciones y 3 operadores diferentes, esto para calificar el dispositivo auxiliar de medición para lámina formada. Las mediciones se realizaron con LA CMM-ZEISS, tipo puente con un rango de medición X x Y x Z [mm]: 1200 mm x 2400 mm x 1000 mm, con un error longitudinal de:  $2,9+L/333 \mu m$ .

Los tres métodos se desarrollaron con la siguiente siguiente hipótesis.

$$\begin{aligned} H_0 &= H_1 = H_2 = H_3 \\ H_1 &= H_1 \neq H_2 \neq H_3 \end{aligned} \quad (1)$$

Donde:

$H_1$  = Dispositivo metálico con barras largas con un peso de 10 kg.

$H_2$  = Dispositivo metálico con barras a la mitad con un peso de 5 kg.

$H_3$  = Nuevo dispositivo de sujeción por medio de ventosas de vacío con una presión de 5,5 bar.

Las características críticas que son afectadas son: anchos totales, ancho de pestaña y ángulos laterales. Estas ensamblan con otros subensambles para la preparación de la puerta ya espumada.

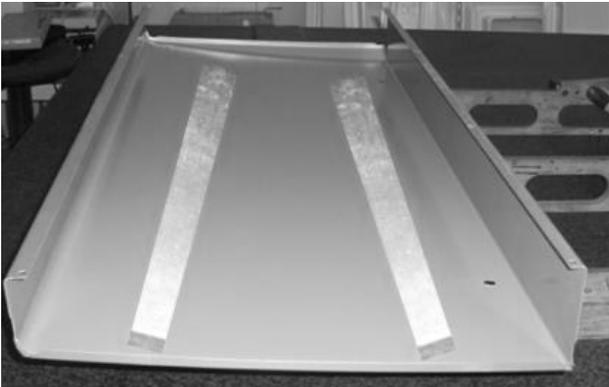
Los niveles de aceptación para ambos métodos de Gage RyR corto y método Anova  $\leq 20\%$  con una categoría de  $\geq 4$  [1]

La tolerancia menor que se maneja en este proceso es de 0.030 in.

Se toma la regla [2] empírica comúnmente conocida regla de 10 o regla 1 a 10, la cual nos dice que la discriminación del instrumento debiera dividir la tolerancia o variación del proceso en 10 partes o más para la selección del gage.

Nota: Los datos se expresan en sistema ingles (pulgadas) por el sistema de medida que se trabaja en los procesos.

Método  $H_1$  = Consiste en medir la pieza con el dispositivo metálico colocando dos contrapesos, de un peso de 10 kg cada uno, que da forma a la pieza cuando sale del proceso de prensas, se reproduce el método de medición, se monta la pieza al dispositivo que tiene un forma plana, posteriormente se coloca sobre la lamina los contrapesos, para alcanzar la forma de un radio similar como sale de la operación de prensado, ver figura 5.



**Fig. 5** Se colocan dos contrapesos sobre la lamina su función es sujetar la pieza para que tome la forma de un radio.

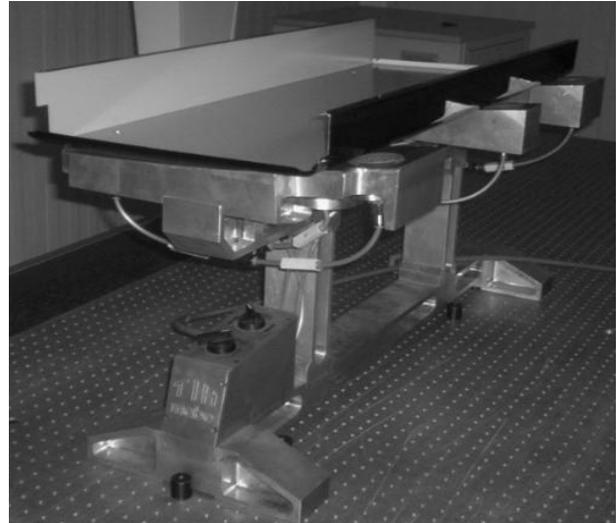
$H_2$  = Dispositivo metálico con barras a la mitad con un peso de 5 kg ver figura 6. En este experimento se colocan dos barras a lo ancho de la pieza para un mejor control en el formado de la pieza sobre el dispositivo, esto hace que se tenga mayor cobertura de contacto sobre la pieza y dispositivo.



**Fig. 6** Dispositivo metálico con contrapesos modificados.

$H_3$  = Dispositivo de sujeción por medio de ventosas de vacío con una presión de 5,5 bar, ver figura 7, aquí se pretende mantener en control la geometría de la pieza simulando como si estuviese sobre la maquina prensado y estampado, el cual la

pieza sufre el mínimo de deformación, golpes y ralladuras.



**Fig. 7** Montaje de puerta sobre dispositivo neumático.

Una vez definidos los métodos de medición se midieron cinco piezas con los tres métodos mencionados.

El instrumento a utilizar para medir las cinco muestras fue la CMM-ZEISS (maquina de coordenadas tipo puente) con el programa de medición CALYPSO.

Posteriormente se montaron los dispositivos en CMM-ZEISS ejecutando los tres experimentos con las 5 piezas.

El operador aplicó el método de medición, los datos obtenidos se capturan en una hoja de cálculo de Excel para su análisis. En la hoja se describe el concepto, la especificación, las tolerancias, los límites máximo y mínimo, así como los resultados de las cinco muestras en sus tres características.



ventosas con una desviación de 0.108 in, por lo que se toma la decisión del tercer método.

### 3.1.4 Gage R y R largo método ANOVA

Una vez que se corrió la prueba de varianzas de 2 vías se eligió el método del dispositivo neumático, por el que califico con menos variación entre métodos, el propósito de correr un Gage RyR [3] fue calificar la repetibilidad y reproducibilidad del nuevo dispositivo de sujeción, esto fue primordial para saber si el instrumento o herramienta a emplear era capaz de discriminar entre piezas dentro o fuera de tolerancia.

El procedimiento para el desarrollo del Gage RyR se ejecuto de la siguiente manera:

- a) Se tomaron 5 piezas de forma a aleatoria del proceso de un turno de 8 h
- b) Tipo de lámina lisa
- c) 2 mediciones
- d) Tres operadores,
- e) Características a medir anchos totales, ancho de pestañas laterales y ángulos laterales,
- f) Instrumento de medición maquina de coordenadas de tipo puente, con una incertidumbre de  $2,9+L/333 \mu m$ , programa de medición CALYPSO, a una temperatura del laboratorio de 20 °C.

Los niveles de aceptación del Gage RyR, fueron con categoría  $\geq 4$  y con porcentaje de tolerancia del Gage RyR,  $\leq 20\%$ . Ver figura 12 y figura 13.

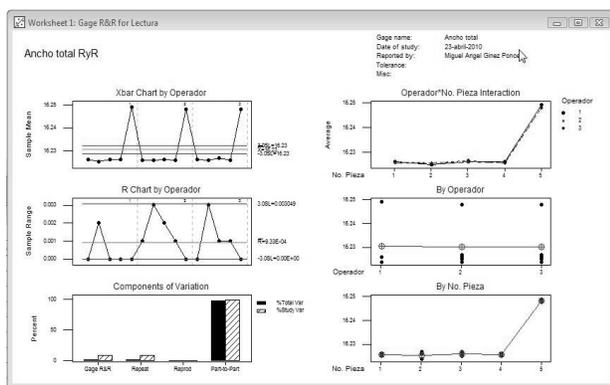


Fig. 12 Gage RyR de ancho total.

Ancho total	%Contribución	%Variación del Estudio	Categorías
Total Gage R&R	0,73	8,53	16
Repetibilidad	0,73	8,53	
Reproducibilidad	0	0	
Operador	0	0	
Parte-Parte	99,27	99,64	
Total Variación	100	100	

Pestaña	%Contribución	%Variación del Estudio	Categorías
Total Gage R&R	8,04	28,36	5
Repetibilidad	8,04	28,36	
Reproducibilidad	0	0	
Operador	0	0	
Parte-Parte	91,96	95,9	
Total Variación	100	100	

Ángulo lateral	%Contribución	%Variación del Estudio	Categorías
Total Gage R&R	2,81	16,78	8
Repetibilidad	2,81	16,78	
Reproducibilidad	0	0	
Operador	0	0	
Parte-Parte	97,19	98,58	
Total Variación	100	100	

Fig. 13 Tabla de análisis Gage de Repetibilidad y Reproducibilidad (ANOVA).

Como se puede observar en los resultados del ancho total cumple con una categoría de 16 mayor a 4 y con un porcentaje de variación del estudio del 8,53%, en los valores de pestaña calificó con 5 categorías, con un porcentaje de variación del estudio del 28,36% (condicional), en el ángulo lateral cumplió con 8 categorías, con un porcentaje de variación del estudio del 16,78%.

Por lo tanto los niveles de aceptación del dispositivo son aceptables, y puede ser aplicado para calificación de corridas tales como estudios de capacidad o para la liberación del producto que requiera mayor confiabilidad en la obtención de resultados, al igual para la calificación de nuevos herramientas. Se cumplió con el objetivo de utilizar nuevos dispositivos neumáticos, que garantizan la calidad, confiabilidad y entrega de resultados de manera puntual, minimizando los tiempos de paro de maquina entre ajustes, se cumplió con una nueva estandarización de calificación de dispositivos auxiliares para la medición de formado de lamina.

**4. DISCUSIÓN**

El objetivo de medir tres métodos diferentes es para lograr una mejor decisión de elección del método mas adecuado en la calificación del producto, ya que el proceso de prensado así lo exige, por que no tiene variación significativa para su fabricación de formado y estampado de puertas, por lo tanto lo que se busca, es llegar a tener datos confiables y reproducibles con la CMM-ZEISS.

Las observaciones fueron:

Primer método. Al colocar las barras completas de 10 kg sobre la lamina, llegaban a cerrar los anchos de la puerta a si como los ángulos, por el motivo que los contrapesos no eran colocados en una zona rígida del dispositivo y estos caían en las zonas huecas entre las costillas del dispositivo, por consiguiente los datos eran muy variantes y arrojaba desviaciones muy altas.

Segundo método. Se experimento en colocar los contrapesos de medias barras de 5 kg en forma horizontal sobre la zona de las costillas del dispositivo, esto para comprobar que se tiene una acoplación mas uniforme entre pieza y dispositivo.

Por otro lado se decidió no descontinuar el dispositivo de barras cortas y pasarlo a otro proceso que sirva de referencia para la medición del producto si es aceptable en su liberación, para calificar esta herramienta se evalúa con un Gage RyR corto el cual se considera su porcentaje de aceptación del  $\leq 20\%$ .

El procedimiento que se desarrollo fue el siguiente:

- a) se tomaron 5 piezas de lámina lisa de forma a aleatoria del proceso de un turno de 8 horas,
- b) dos mediciones por tres operadores.
- c) características a medir anchos totales, ancho de pestañas laterales y ángulos laterales.
- d) instrumento de medición, CMM-ZEISS con una incertidumbre de  $2,9+L/333 \mu m$ , programa de medición CALYPSO. Ver figura 14.

	Ancho total	Pestaña	ángulo
d*	1.74	1.74	1.74
Rango	0.021	0.021	0.375
Rango Promedio	0.004200	0.004200	0.075093
s gage	0.002414	0.002414	0.043157
Error Sist. Medición	0.012	0.012	0.222
GR&R como % Tol.	20.72%	12.43%	3.70%
	Aceptable	Aceptable	Aceptable

**Fig. 14** Tabla de análisis porcentaje de Gage RyR cortó.

Cálculos Gage RyR método Corto.

**Paso 1**

$$(2) \sigma_{gage} = \frac{\bar{R}}{d^*}$$

**Paso 2**

$$(3) \%GRyR = \frac{5.15\sigma_{gage}}{Tolerancia} X100$$

Para el cálculo del Gage método corto fue necesario considerar el valor de la distribución, ver figura 15. El valor de 5,15 es la desviación estándar que contiene el 99% de la distribución normal.

Número de Partes	Número de Operadores			
	2	3	4	5
1	1.41	1.91	2.24	2.48
2	1.28	1.81	2.15	2.40
3	1.23	1.77	2.12	2.38
4	1.21	1.75	2.11	2.37
5	1.19	1.74	2.10	2.36
6	1.18	1.73	2.09	2.35
7	1.17	1.73	2.09	2.35
8	1.17	1.72	2.08	2.35
9	1.16	1.72	2.08	2.34
10	1.16	1.72	2.08	2.34

**Fig. 15** Tabla de distribución de Rangos Promedio.

## 5. CONCLUSIONES

Con fundamentos a los resultados obtenidos del método 3, Gage RyR ANOVA, se decide utilizar el dispositivo neumático, se observo que se tiene mejor control al colocar la pieza, y se refleja un mejor acoplamiento uniforme de la pieza, sobre la superficie del dispositivo ya que las zonas son mas anchas en el área de los radios, esto garantiza la confiabilidad en las mediciones.

Al aplicar el Gage RyR, el análisis nos arrojó que tiene una buena categoría para discriminar piezas dentro o fuera de tolerancia, el porcentaje del Gage RyR es menor del 20% y un dato condicional.

Se decide utilizar el dispositivo neumático, para la calificación del producto en estudios de capacidad, monitoreo de las partes fabricadas de prensas y para cambios de herramientas del modelo 20 & 22 ft logrando tener una respuesta rápida en la toma de datos. Esto también nos permite simplificar los cambios rápidos del sistema de medición entre los 2 diferentes modelos de puertas, otro de sus beneficios fue la mejora en la administración de tiempos de entrega de resultados dimensionales, tiempos en el manejo del dispositivo, se logro también una estandarización de calificación de dispositivos auxiliares de medición.

Al utilizar este tipo de tecnología neumática en dispositivos de auxiliares para la medición en los laboratorios de metrología o en las estaciones de trabajo de las áreas de producción ayudan a reducir la variabilidad de los resultados. La fijación, hacia la pieza es suave y fuerte en su sujeción, entre mayor sea el área de acoplación es mejor, el cual esto garantiza la obtención de resultados confiables y con una desviación estándar aceptable para la calidad del producto dimensional.

## REFERENCIAS

- [1] GEMIS Developer, General Electric Proprietary, Análisis de Sistemas de Medición, Rev. 9, 6 de Abril de 1999, p24,p70.
- [2] LEYVA CONSULTORES,S.C. Análisis de sistemas de medición (MSA), Manual de Referencia Tercera Edición Marzo 2002, p13.
- [3] GEMIS Developer, General Electric Proprietary, Análisis de Sistemas de Medición. Rev. 9, 6 de Abril de 1999. p13