

ELIMINACIÓN DE OUTLIERS: UNA ESTRATEGIA PARA REDUCIR LA INCERTIDUMBRE TIPO A EN LA CALIBRACIÓN DE BALANZAS

Ronald Barrios C.¹, Mauro Castañeda E.¹, Cristian Pedraza Y.¹, José Daniel H. Vásquez^{2,3}, Iván Ibañez A.^{2,3}

¹Universidad del Atlántico, Facultad de Ingeniería - Programa de Ingeniería Mecánica

²Programa de Pós-Graduação em Metrologia, MQI/PUC-Rio

³Departamento de Engenharia Mecânica, DEM/PUC-Rio

(+57) 300 611 4752, ing-ronaldbarrios@hotmail.com

Resumen: Este trabajo tiene como objetivo evaluar tres diferentes técnicas de eliminación de *outliers*, (Dixon, Chauvenet y Grubbs) como una estrategia para reducir la incertidumbre Tipo A en la calibración de balanzas. Los resultados confirmaron que, en función de la técnica utilizada, la eliminación de valores aberrantes reduce la incertidumbre Tipo A en un intervalo de 18,01 a 31,21%.

1. INTRODUCCIÓN

La medición de masa a nivel industrial o de laboratorio, con el paso del tiempo, se ha tornado un factor fundamental. Los resultados dependen, en gran medida, de la confiabilidad metrológica de las balanzas utilizadas. Por tal motivo, cabe a la metrología proponer y aplicar técnicas analíticas que permitan disminuir la incertidumbre de medición asociada a la calibración de balanzas.

La literatura [1] muestra que una de las técnicas para reducir la incertidumbre es la eliminación de valores *outliers* (i.e.: valores aberrantes que no pertenecen a la muestra obtenida). Estos valores pueden presentarse durante el proceso de calibración por diversos motivos, e.g.: errores sistemáticos inherentes, inestabilidad de la plataforma de pesaje, flujo de aire externo (inesperado) durante el proceso de pesaje, entre otros. Además, *outliers* pueden súper estimar la incertidumbre de medición, los errores aleatorios y generar indeseables errores sistemáticos al proceso de medición [2].

En ese orden de ideas, este trabajo tiene por objetivo evaluar tres diferentes técnicas de eliminación de *outliers*, (Dixon, Chauvenet y Grubbs) como una estrategia para reducir la incertidumbre Tipo A¹ asociada a la calibración de una balanza.

2. OUTLIERS: CRITÉRIOS DE ELIMINACIÓN

Esta sección describe, sucintamente, tres técnicas para eliminación de valores *outliers*, i.e.: Dixon, Chauvenet y Grubbs. Mayores detalles pueden ser encontrados en otros trabajos [2, 3].

2.1. Criterio de Dixon (Q)

El criterio de Dixon postula que el valor $Q_{\text{calculado}}$ es comparado con el valor de Q_{tabulado} para un nivel de confianza especificado. Si, $Q_{\text{calculado}} \geq Q_{\text{tabulado}}$, el valor dudoso es eliminado. Para: $8 \leq n \leq 12$, Q es dado por:

$$Q = \frac{x_2 - x_1}{x_{n-1} - x_1} \quad (1)$$

2.2. Criterio de Chauvenet (r)

Este criterio establece que un valor medido x_i debe ser eliminado si el valor de r calculado (Ecuación 2) es mayor que el valor de R_c tabulado para el criterio de Chauvenet.

$$r = \frac{|x_i - \bar{X}|}{s(X)} \quad (2)$$

2.3. Criterio de Grubbs (G)

Para la situación de un valor *outliers* observado, dado un conjunto de datos experimentales g_i con $i = 1, 2, \dots, n$, ordenados ascendentemente, para detectar n valor outliers se debe aplicar la siguiente expresión:

$$G_c = \frac{(g_i - \bar{g})}{s} \quad (3)$$

El valor (G_c) es comparado con un valor crítico, para un nivel de significancia especificado. Un valor *outliers* es detectado si $G_{\text{calculado}} > G_{\text{tabulado}}$.

3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

En este trabajo fueron aplicados los criterios de Dixon, Chauvenet y Grubbs para la eliminación de

¹ Evaluación de una componente de la incertidumbre de medida mediante un análisis estadístico de los valores medidos obtenidos bajo condiciones de medida definidas (VIM, 2012).

valores *outliers* en la calibración de una balanza digital que es utilizada para diversas investigaciones en la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad del Atlántico (Figura 1).



Fig. 1. Balanza digital (Cap.: 1020 g; Res.: 0,01 g).

En el curso de los experimentos fueron tomados 11 puntos de carga ascendente y descendente (se realizaron 10 repeticiones para cada punto), utilizando masas patrones de clase de exactitud E1.

4. RESULTADOS

La Tabla 1 resume los principales resultados obtenidos a partir de los experimentos realizados para **carga ascendente**. Es importante destacar que para la situación de **carga descendente**, no fueron obtenidos valores *outliers* durante el proceso de calibración.

Tabla 1. Reducción de la incertidumbre Tipo A

| Puntos | Masa patrón g | CARGA ASCENDENTE | | | | | | | | | | Incertidumbre Tipo A | | | |
|---|------------------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------|---------|-----------|---------|
| | | Indicación de la balanza (g) | | | | | | | | | | Datos Originales | Dixon | Chauvenet | Grubbs |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | g | g | g | g |
| 1 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 2 | 100 | 99,87 | 99,87 | 99,87 | 99,87 | 99,87 | 99,87 | 99,88 | 99,89 | 99,89 | 99,87 | 0,00850 | 0,00850 | 0,00850 | 0,00850 |
| 3 | 200 | 199,75 | 199,75 | 199,75 | 199,78 | 199,77 | 199,75 | 199,75 | 199,77 | 199,75 | 199,75 | 0,01160 | 0,01160 | 0,00000 | 0,01160 |
| 4 | 300 | 299,62 | 299,62 | 299,62 | 299,62 | 299,62 | 299,62 | 299,62 | 299,64 | 299,64 | 299,62 | 0,00843 | 0,00843 | 0,00843 | 0,00843 |
| 5 | 400 | 399,50 | 399,50 | 399,53 | 399,50 | 399,50 | 399,50 | 399,50 | 399,50 | 399,53 | 399,53 | 0,01449 | 0,01449 | 0,01449 | 0,01449 |
| 6 | 500 | 499,35 | 499,35 | 499,35 | 499,35 | 499,35 | 499,35 | 499,35 | 499,35 | 499,35 | 499,37 | 0,00632 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 7 | 600 | 599,25 | 599,25 | 599,25 | 599,25 | 599,25 | 599,25 | 599,25 | 599,28 | 599,28 | 599,29 | 0,01633 | 0,01633 | 0,01633 | 0,01633 |
| 8 | 700 | 699,13 | 699,13 | 699,13 | 699,13 | 699,13 | 699,13 | 699,13 | 699,13 | 699,13 | 699,14 | 0,00316 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 9 | 800 | 799,01 | 799,01 | 799,01 | 799,01 | 799,01 | 799,01 | 799,01 | 799,01 | 799,02 | 799,02 | 0,00422 | 0,00422 | 0,00422 | 0,00422 |
| 10 | 900 | 898,89 | 898,89 | 898,89 | 898,89 | 898,89 | 898,89 | 898,89 | 898,89 | 898,89 | 898,91 | 0,00632 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 11 | 1000 | 998,75 | 998,75 | 998,75 | 998,75 | 998,75 | 998,77 | 998,75 | 998,75 | 998,75 | 998,75 | 0,00843 | 0,00843 | 0,00843 | 0,00843 |
| Incertidumbre Tipo A para rango máximo de la balanza | | | | | | | | | | | | 0,00798 | 0,00655 | 0,00549 | 0,00655 |
| Reducción de la incertidumbre Tipo A para cada criterio | | | | | | | | | | | | 100,00% | 18,01% | 31,21% | 18,01% |

5. DISCUSIÓN

La tabla anterior muestra los resultados para la carga ascendente de la calibración de la balanza. Las medidas resaltadas en amarillo corresponden a los valores *outliers* detectados por los métodos Dixon, Chauvenet y Grubbs. La medida en azul fue detectada únicamente por el método de Chauvenet. Adicionalmente, se puede observar que para el valor de masa patrón igual a 200, 500, 700 y 900 g, la incertidumbre Tipo A fue reducida en 100% con relación a los datos originalmente obtenidos. Considerando una población normal, fue posible aplicar el Teorema Central del Límite y calcular la incertidumbre Tipo A para cada criterio evaluado, en función del rango máximo de la balanza. De esa forma, fue observado que, con relación a los datos originales, el criterio de Chauvenet mostró mejores resultados para la reducción de la incertidumbre Tipo A, i.e.: mientras Dixon y Grubbs ofrecieron una reducción del 18,01% (3 *outliers* detectados), el criterio de Chauvenet redujo tal incertidumbre en 31,21% (4 *outliers* detectados).

6. CONCLUSIONES

Este trabajo mostró tres diferentes técnicas de eliminación de *outliers*. Los resultados confirmaron que, en función de la técnica utilizada, la eliminación de valores aberrantes reduce la incertidumbre Tipo A en un intervalo de 18,01 a 31,21%. Esta reducción se torna crítica, principalmente, para procesos de medición que requieren alta confiabilidad metrológica (i.e.: bajas incertidumbres asociadas a la medición).

REFERENCIAS

[1] Oliveira, E.; De Faro, O.; Dos Santos, A.; Oliveira, C. Comparison of different approaches for detection and treatment of outliers in meter proving factors determination. Flow Measurement and Instrumentation. 2016.

[2] Oliveira, E. C. Comparação das diferentes técnicas para a exclusão de "outliers". 2008.

[3] Barrios, R.; Castañeda, M. Evaluación metrológica de diferentes técnicas paramétricas para el análisis de outliers en la calibración de instrumentos no automáticos de pesaje de tipo digital. Trabajo de Grado en fase de conclusión. Universidad del Atlántico. Programa de Ingeniería Mecánica. 2016.