

Incertidumbre y efectividad del control con calibres en la industria azucarera.

Uncertainty and effectiveness of control with gage in the sugar industry

Autores: Msc. Ing. Erenia Cabrera Delgado*

Dr. C.T. Norge Isaías Coello Machado**

Dr. C.T. Juan Manuel Toscano Alfonso**

*ISP Félix Varela y Morales

**Universidad Central "Martha Abreu" de las Villas

e-mail:ereniac@.ispcv.rimed.cu

e-mail: norge@fim.uclv.edu.cu

Resumen.

En este trabajo se expresan la relación con los aspectos geométricos y los parámetros estadísticos del control dimensional en los procesos de manufactura, definiendo los errores en el control dimensional con calibres limitadores lisos como error tipo I y error tipo II. Se define la efectividad del control dimensional con calibres limitadores lisos sobre la base de un procedimiento desarrollado para su cálculo. Se realiza un análisis de la NC16-04 para el cálculo de los parámetros geométricos de los calibres limitadores lisos sobre la base de su efectividad y se realizan recomendaciones para disminuir la inestabilidad en los errores y aumentar su efectividad. Estos procesos de control con calibres limitadores son de amplia aplicación en la industria y azucarera.

Palabras claves: Incertidumbre de las mediciones, efectividad, errores, calibres limitadores lisos.

Abstract

The investigations express the relation between geometry aspects and statistical parameters of dimensional control in the manufacturing process. It defines the errors in the dimensional control with smooth limit gage as error type I and error type II and the effectiveness of the dimensional control with calibre through the procedures developed for the calculation of error and effectiveness. An analysis of the norm NC 16-04 to calculate the geometric parameter with the smooth limit gage on the base of effectiveness and it is offered some recommendations to diminish the instability of errors and to increase the effectiveness. This process are very used the mechanic and sugar industry.

Key Words: Uncertainty of measurements, effectiveness, errors, smooth limit gage.

Introducción

El control dimensional de los elementos mecánicos puede realizarse por dos procedimientos, la medición o el control con calibres limitadores lisos. Todo proceso de fabricación sea cual sea, depende

estrechamente de la posibilidad de comparar las mediciones a patrones nacionales, y mas allá, a patrones internacionales (trazabilidad)^{1,3}. Un caso muy especial donde la incertidumbre se manifiesta muy estrechamente relacionada con las mediciones precedentes, es el control dimensional con calibres limitadores donde es necesario tener en cuenta toda una serie de elementos propios del calibre como tal y del proceso a partir del cual se obtienen los elementos sometidos a control. Unido a lo anterior y a la necesidad de garantizar la intercambiabilidad se refuerzan las razones de desarrollar un procedimiento para la evaluación y expresión de la incertidumbre, tomando como referencia guías, procedimientos y normas y que el mismo sea compatible internacionalmente, de manera que permita que las mediciones realizadas en la industria mecánica y azucarera en nuestro país puedan ser homologadas.

Desarrollo

El control con calibres es uno de los métodos más antiguos del control dimensional, el resultado del control con calibres se reduce considerablemente la acción subjetiva cuando los valores se encuentran cercanos a sus límites y ese resultado es reproducible. Según el principio de Taylor los calibres están constituidos por dos partes y el control con calibres a su vez por dos pasos.

Debe considerarse que los fabricantes de calibres no pueden elaborar calibres con dimensiones absolutas, se deben asignar desviaciones permisibles a su fabricación. Basado en estas condiciones se establecen las dimensiones de los calibres limitadores y en el caso específico de los calibres limitadores lisos las dimensiones las define la NC16-04². En el trabajo se muestran a modo de ejemplo el caso de los calibres que controlan agujeros.

Para el control del diámetro máximo (LNP).

Las consideraciones geométricas para el cálculo del lado no pasa y su relación con la dimensión límite del agujero a controlar se muestra en la Fig. 1:

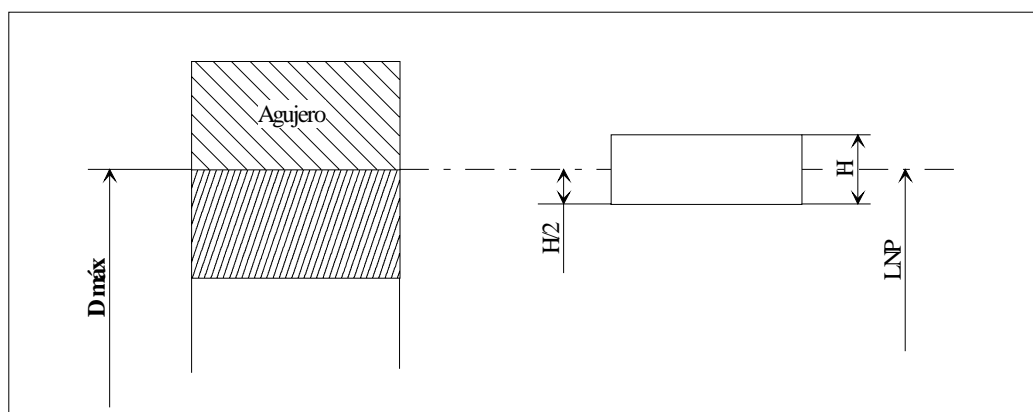


Fig. 1 Dimensiones del lado no pasa (LNP) de los calibres lisos que controlan agujeros según NC 16-04².

La dimensión del LNP de un calibre tapón para el control de agujeros es:

$$\left(D \text{ máx} - \frac{H}{2} \right) \leq LNP \leq \left(D \text{ máx} + \frac{H}{2} \right) \quad (1)$$

1)- Por lo tanto se puede rechazar piezas que son aptas (Error tipo I) y su dimensión está entre:

$$\left(D \text{ máx} - \frac{H}{2} \right) < D < D \text{ máx} \quad (2)$$

2)- Se pueden aceptar piezas que era necesario rechazar (Error tipo II) cuya dimensión está entre:

$$(D \text{ máx}) < D \leq \left(D \text{ máx} + \frac{H}{2} \right) \quad (3)$$

Para el control del D mín (LP).

Las consideraciones geométricas para el cálculo del lado pasa y su relación con la dimensión límite del agujero a controlar se muestra en la Fig. 2:

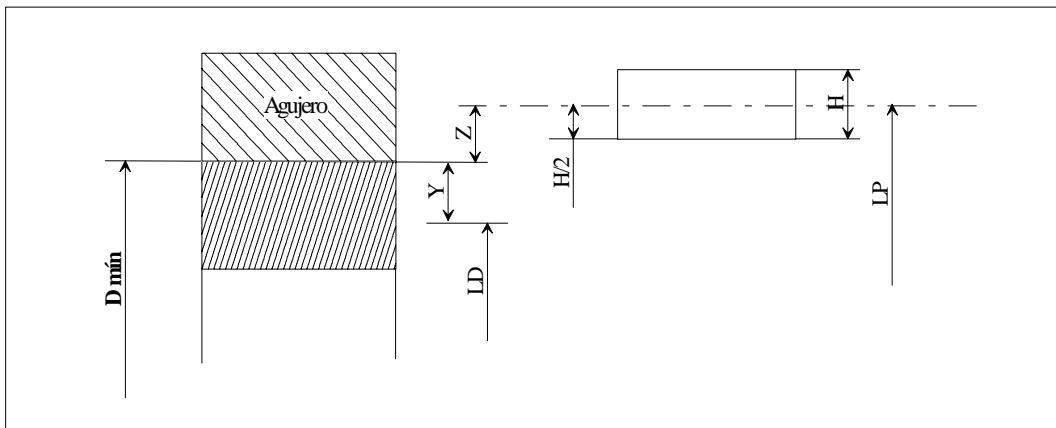


Fig. 2 Dimensiones del lado pasa (LP) y del límite de desgaste (LD) de los calibres lisos que controlan agujeros según NC 16-04².

La dimensión del LP de un calibre tapón para el control de agujeros aptos estará entre:

$$(D \text{ mín} - Y) \leq LP \leq \left(D \text{ mín} + Z + \frac{H}{2} \right) \quad (4)$$

1)- Por lo tanto, se pueden rechazar piezas que son aptas (Error tipo I) cuya dimensión está entre:

$$(D \text{ mín}) < D < \left(D \text{ mín} + Z + \frac{H}{2} \right) \quad (5)$$

2)- Se pueden aceptar piezas que era necesario rechazar (Error tipo II), cuya dimensión está entre:

$$(D \text{ mín} - Y) < D < (D \text{ mín}) \quad (6)$$

De forma similar se presentan estos errores para calibres que tapón que controlan ejes.

Definición y cálculo de la efectividad del control con calibres limitadores.

Debe tenerse en cuenta que estos errores se pueden presentar simultáneamente en el control con un calibre, en función de la dimensión real del calibre en cuestión y de las características de los objetos a controlar, en este se denominará incertidumbre del control con calibres lisos debida al error del calibre.

$$\varepsilon_{Total} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \tag{7}$$

La efectividad del control con calibres se determinará como:

$$\eta = 1 - \varepsilon_{Total} \tag{8}$$

El ε_{Total} se expresa como una probabilidad dada en porciento. Debe señalarse que aún cuando esta magnitud parezca pequeña en casos debe considerarse su magnitud para la expresión del error según la tendencia actual de expresar la manifestación de defectos en partes por millón (ppm)^{4,5}.

Análisis de la relación entre los grados IT de la pieza a controlar con respecto a la efectividad del control con calibres.

En la investigación realizada se analizan la relación entre los grados IT de la pieza a controlar con respecto a la efectividad del control con calibres para el caso de piezas tipo eje y tipo agujero, a modo de ejemplo se analiza la relación para piezas tipo agujeros.

Análisis de la relación entre los grados IT de la pieza a controlar con respecto a la efectividad del control con calibres para el caso de piezas tipo agujero.

En un análisis del calibre tapón (que controla agujeros) para estas condiciones se obtienen los resultados que se muestran en las Fig. 3.

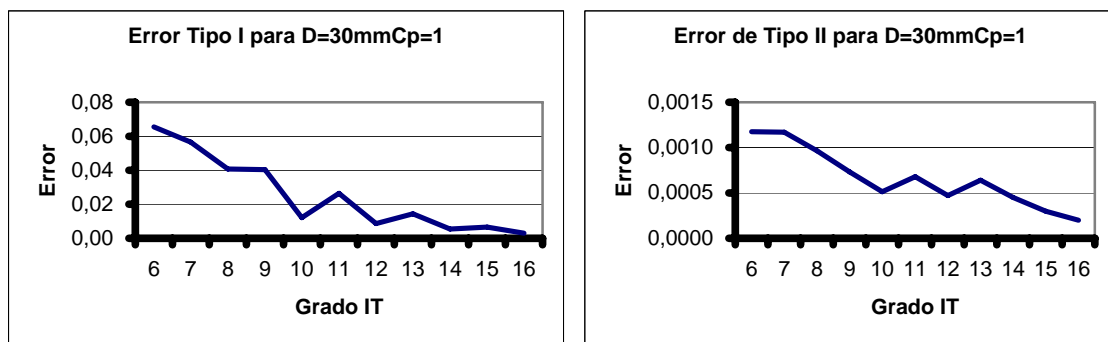


Figura 3: Relación entre los errores Tipo I y Tipo II y el grado IT de la pieza a controlar para un agujero de diámetro 30 mm y Cp=1.

Las curvas se comportan disminuyendo los errores y aumentando la efectividad, en forma de saltos bruscos a intervalos, no en forma suave y continua, el Error de tipo I permanece mayor que el Error de tipo II al depender de la tolerancia de fabricación del calibre y de la desviación inferior para obtener el lado pasa. Cuando se realiza el análisis el Error de tipo II depende de la tolerancia de fabricación del calibre y del límite de desgaste.

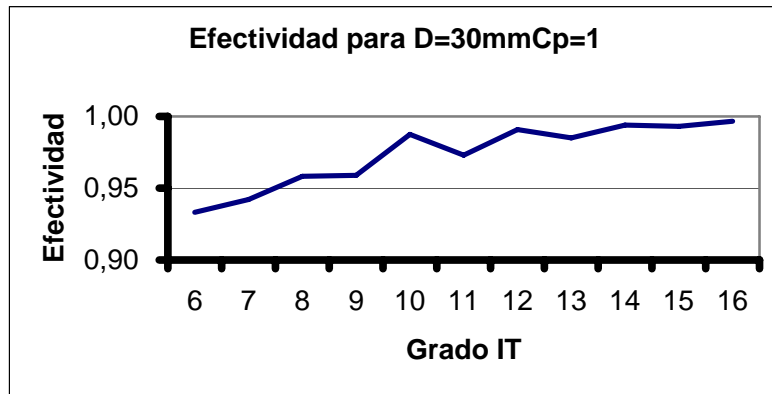


Figura 4: Relación entre la efectividad del control con calibre y el grado IT de la pieza a controlar para un agujero de diámetro 30 mm y Cp=1.

La efectividad del proceso de toda la gama de grados de calidad (IT), no debe ser la misma, alcanzando sus valores mínimos para los menores IT, siendo el proceso más efectivo para grados de IT mayores donde la tolerancia es mayor y por lo tanto la probabilidad de aparición de los errores son menores.

Propuesta de solución a la inestabilidad de la relación entre los grados IT de la pieza a controlar con respecto a la efectividad del control con calibres.

Sobre la base de este análisis se recomienda establecer el grado IT del calibre cinco grados mejor que el IT de la pieza seleccionando la tolerancia de la pieza por la NC 16-30³ ó ISO 286-1 de forma sistemática para todos los calibres que controlan piezas.

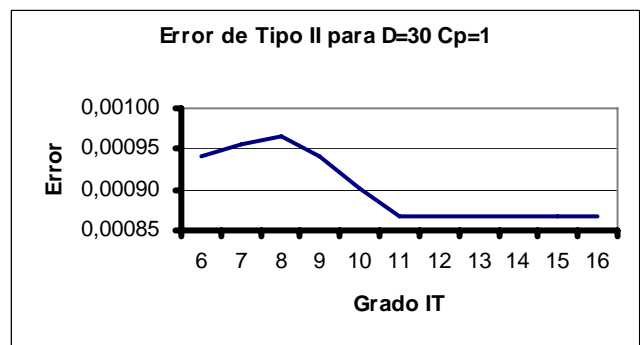
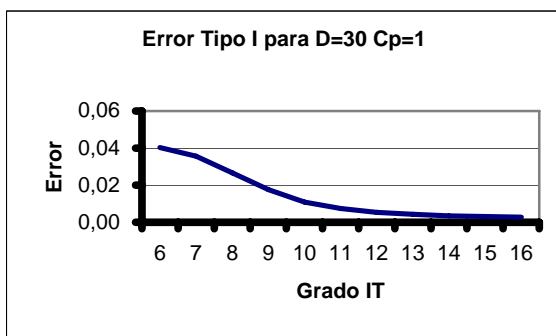


Figura 5: Relación entre el Error Tipo I y Tipo II y el grado IT de la pieza a controlar para un agujero de diámetro 30 mm y $C_p=1$, para el caso propuesto.

Por su parte la desviación inferior se recomienda disminuirla, pero esta vez en 1 micrómetro de forma gradual, quedando como muestra la figura 5.

Cuando se realiza el análisis gráfico del experimento, el Error de tipo I es el de mayor magnitud al depender de la tolerancia de fabricación del calibre y de la desviación inferior para obtener el lado pasa en los calibres para la verificación de agujeros, al analizar su comportamiento gráfico se demuestra que a medida que aumenta el grado de calidad IT y por tanto la tolerancia de fabricación de la pieza; el error permanece prácticamente constante con un valor mínimo, asintótico a cero.

Se demuestra además que el Error de tipo II disminuye a medida que aumenta el grado de tolerancia, llegando a ser prácticamente constante, siendo de los dos errores, el de menor magnitud al depender solo de la tolerancia de fabricación y de la magnitud del límite de desgaste del lado pasa.

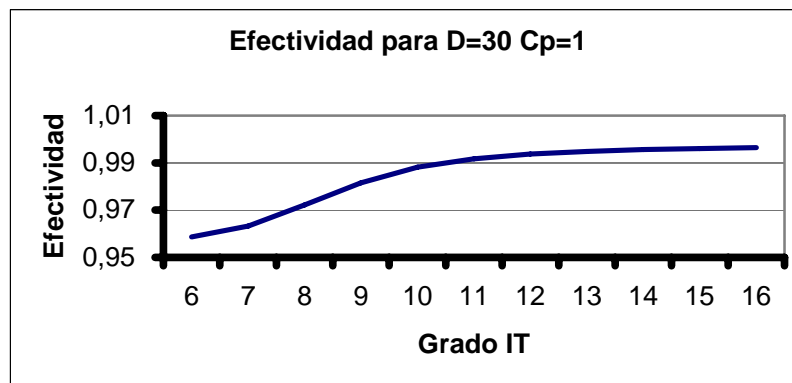


Figura. 6. Relación entre la efectividad del control con calibre y el grado IT de la pieza a controlar para un agujero de diámetro 30 mm y $C_p=1$, para el caso propuesto.

Esto provoca un aumento considerable de la eficiencia al poder disminuir significativamente los errores, manifestándose para mayores valores de grado de calidad IT, prácticamente constante y asintótico a 1, lo que demuestra la marcada efectividad del control con calibres tapón para la verificación de agujeros, según las recomendaciones brindadas anteriormente Fig. 6.

Consideraciones similares son válidas para el caso de los calibres herraduras para controlar ejes y para calibres que controlan roscas muy empleados en la industria azucarera cubana.

Conclusiones

1. La efectividad del control con calibres limitadores aumenta cuando aumenta el grado IT (empeora la calidad de la pieza a controlar), pero este aumento no se produce gradualmente sino a saltos, con retrocesos según se mostró gráficamente, siendo el proceso más efectivo para peores grados IT, dónde la tolerancia es mayor, esto ocurre de forma similar para ejes y agujeros.
2. En la propuesta de solución a la inestabilidad del cambio de la efectividad se logra un aumento de efectividad de forma gradual y permite además recuperar los calibres de un grado de precisión mayor a un grado de precisión menor, con su correspondiente impacto económico y ambiental.
3. La efectividad el control con calibres limitadores aumenta a medida que la tendencia central se acerca al diámetro medio de la pieza a controlar (el proceso se encuentra centrado), esto denota la importancia del centrado del proceso que será controlado con calibres.
4. En el control con calibres limitadores se destaca el aumento de la efectividad a medida que la dispersión del proceso se encuentra dentro de la tolerancia de especificación expresado por un valor de $C_p \geq 1$. Esto denota la importancia de controlar la dispersión del proceso que será controlado con calibres.

Fuentes de información consultadas

1. Coello, N.; Sandau, M.; Wisweh, L., Determinación de la Incertidumbre de la Medición y su Influencia en la Valoración y Regulación de la Calidad, *Preprint Nr. 4 1997*, Fakultät für Maschinenbau der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
2. NC 16-04, Normas básicas de Intercambiabilidad. Calibres Lisos para Dimensiones Hasta 500 mm. 1981.
3. NC-16-30, Ajustes y tolerancias. Términos, definiciones y regulaciones generales. 1981
4. Wisweh, L., Coello, N., Machado, C.: Statistische Prozesslenkung mit Qualitätsregelkarten Prozess- oder toleranzbezogene Bestimmung der Eingriffsgrenzen? Preprint-Reihe der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg Preprint Nr. 1/2007 Seite 1 – 16
5. Machado, C.; González, E.: Aplicación conjunta del control estadístico de procesos, la ingeniería de control y la incertidumbre de las mediciones en la regulación óptima de procesos químicos y mecánicos. *Revista Centro Azúcar*. 3/2005. pág 92-96. Mayo 2008.