

## **Estimación de las fuerzas de corte en un proceso de taladrado con brocas de geometría mejorada en el filo transversal**

Mario Guzmán, Fernando Caire, Víctor Morales

*Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de La Frontera, Chile*  
*Av. Francisco Salazar 01145 Temuco. e-mail: [mguzman@ufro.cl](mailto:mguzman@ufro.cl)*

### **RESUMEN**

Los modelos destinados a determinar la fuerza de avance axial y el par mecánico en taladrado, están basados en brocas con geometría tradicional, es decir, con la presencia de los dos filos principales de corte y del denominado filo transversal. Este último, no actúa en un proceso de corte propiamente tal, sino más bien en un proceso de penetración. Las mejoras más recientes en la geometría de la herramienta no han dado lugar a nuevos procedimientos de estimación de estas variables. En este sentido, se han ensayado brocas a las que se les ha transformado el filo transversal, en dos filos de corte inicial.

Para la captura de las fuerzas generadas durante el proceso de mecanizado se ha hecho uso de una plataforma dinamométrica con sensores piezoeléctricos, la cual ha sido diseñada para medir dentro de los rangos propios del taladrado experimental.

Se ensayaron brocas con geometría tradicional y brocas con geometría mejorada. Para ambos casos se han graficado los datos obtenidos de los distintos procesos de taladrado, consiguiendo con ello representar, tanto la fuerza de avance axial, como el par mecánico de corte que se genera en el mencionado proceso.

Especial énfasis se ha puesto en determinar la variación en las magnitudes de la fuerza axial y del par de corte que se logran con las distintas herramientas, cuando se mantienen constantes las condiciones de corte.

Los resultados demuestran que, las brocas con geometría mejorada generan una merma muy significativa en la fuerza de avance axial. Sin embargo, la disminución en la magnitud del par de taladrado, es levemente inferior al producido por las brocas tradicionales.

**Palabras Claves:** Fuerzas en taladrado, proceso de taladrado, geometría mejorada,

## **1. INTRODUCCION**

Una broca clásica está caracterizada por varios parámetros, tales como: ángulo de la punta, ángulo entre los filos principales, ángulo del filo transversal, ángulo de la hélice, longitud de los filos principales y longitud del filo transversal. Todos ellos, tienen una gran influencia sobre las fuerzas de corte y la calidad de los agujeros [1]. En una operación de taladrado el filo transversal arranca material mediante un proceso de penetración, con presencia de un ángulo de desprendimiento altamente negativo.

Para minimizar la fuerza de avance y el par de mecanizado en un proceso de taladrado, algunos investigadores han logrado en cierta medida, optimizar la geometría paramétrica de la punta de la herramienta, pero conservando el filo transversal tradicional [2,3].

Recientemente se ha mejorado la geometría de la punta de las brocas, lo que permite en particular asegurar el autocentrado de la broca [4], sin tener que utilizar previamente una broca de centrado. Desde el punto de vista de la operación de taladrado, se garantiza un mecanizado más eficaz sobre toda la longitud de la arista de corte, contribuyendo además, a un buen desprendimiento de la viruta y gran duración de la herramienta, incluso en el caso de mecanizado con materiales muy duros.

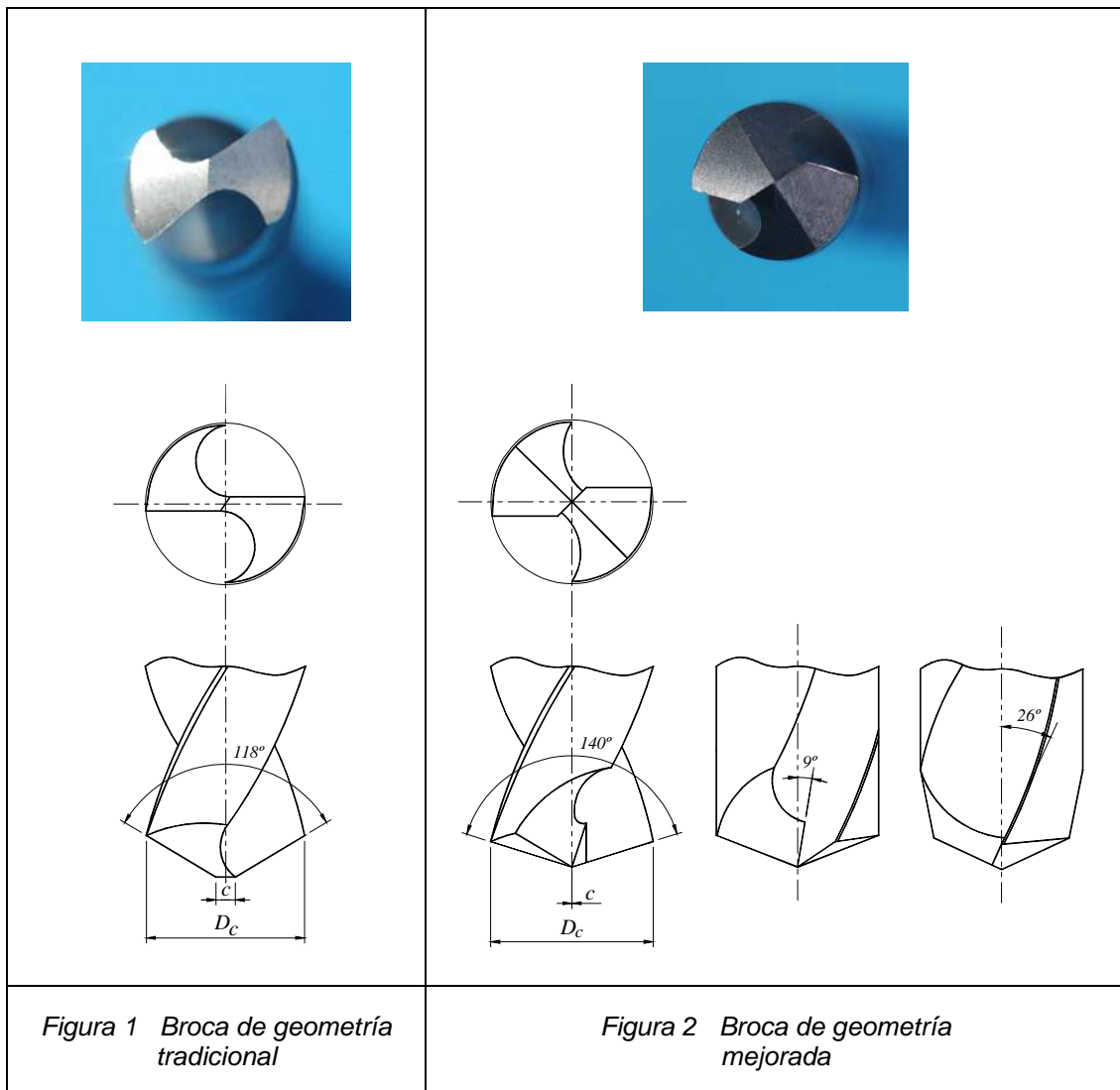
Las fuerzas principales que participan en un proceso de taladrado son; la fuerza de avance axial y la fuerza de corte. Esta última es como consecuencia del movimiento rotatorio de la herramienta, la que conduce a la generación del par de taladrado. Respecto de la fuerza de avance se puede decir que está constituida por la sumatoria de las fuerzas axiales que actúan en los filos principales y la fuerza que se produce en el filo transversal de la herramienta. Se reconoce que el filo transversal de la broca es una componente significativa de la fuerza de avance [5].

### **1.1 Objetivo del trabajo**

Comparar los resultados de taladrar un mismo material, utilizando brocas tradicionales y brocas con geometría mejorada, manteniendo las condiciones de corte que le corresponde a cada diámetro de herramienta.

### **1.2 Equipos y materiales utilizados**

Para los ensayos se dispuso de una máquina herramienta CNC, una plataforma dinamométrica con sensores piezoeléctricos para capturar fuerzas en un proceso de taladrado, un sistema de adquisición de datos computarizados, un juego de brocas tradicionales (Figura 1) y otro de brocas con geometría mejorada (Figura 2). Las probetas mecanizadas son de aluminio 2011, con una dureza de 95 BH.



La (Figura 2) muestra las principales modificaciones realizadas a las brocas tradicionales, destacándose la ausencia del filo transversal ( $c=0$  mm), y la presencia del filo inicial, cuyo ángulo de desprendimiento tiene un valor de  $9^\circ$ . El ángulo de desprendimiento lateral es de  $26^\circ$ . Ambos ángulos son agudos, lo cual facilita el desprendimiento de viruta en el proceso de corte.

### 1.3 Metodología

Se procedió a taladrar bajo las condiciones de corte, muy conservadoras, que recomienda [6], las cuales están consignadas en la Tabla 1. El sistema de adquisición de datos capturó las señales que provenían de la fuerza de avance axial y del par mecánico que se generó en el mencionado proceso. La información se almacenó en medios electrónicos para ser utilizada en la confección de gráficos y posterior manejo matemático de los datos registrados.

*Tabla 1 Parámetros de corte para los ensayos de taladrado.*

Diámetro $D_c$ (mm)	Velocidad rotacional $n$ (rev /min)	Velocidad de corte $V_c$ (m/min)	Avance axial $f_n$ (mm/rev)	Velocidad de avance $V_f$ (mm/min)
5	2934	46	0,09	265
6	2520	47	0,11	277
7	2215	49	0,13	287
8	1981	50	0,15	297

Fuente: Ramón Forn 1967

## 2 RESULTADOS

De acuerdo con los gráficos presentados, y comparando los resultados del proceso de taladrado, para las mismas condiciones de corte, con igualdad de diámetros, pero con herramientas de diferente geometría, se detecta el grado de variación en la magnitud de las fuerza involucradas. El proceso de mecanizado, está representado en los Gráficos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

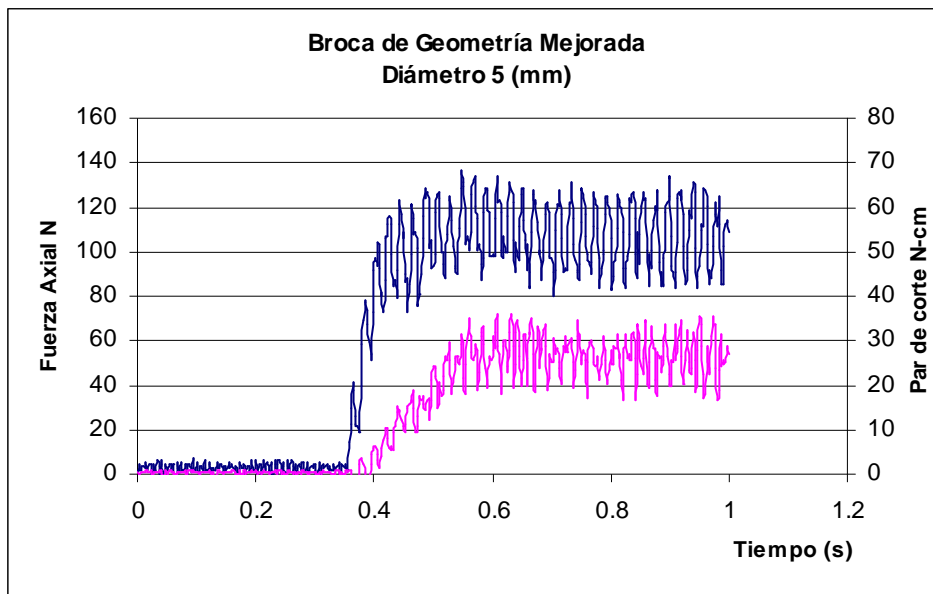


Gráfico 1 Proceso de taladrado con broca mejorada de 5 (mm) de diámetro

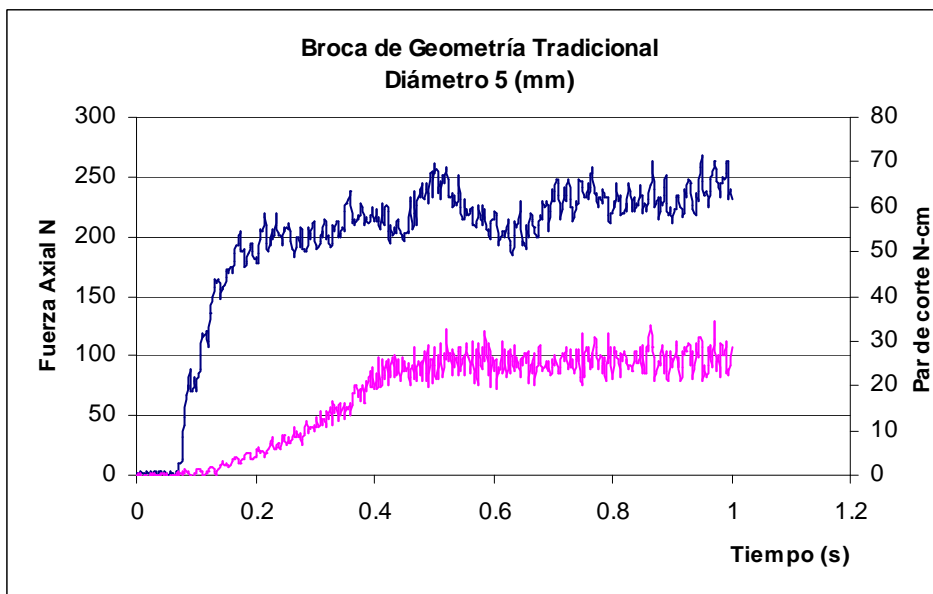


Gráfico 2 Proceso de taladrado con broca tradicional de 5 (mm) de diámetro

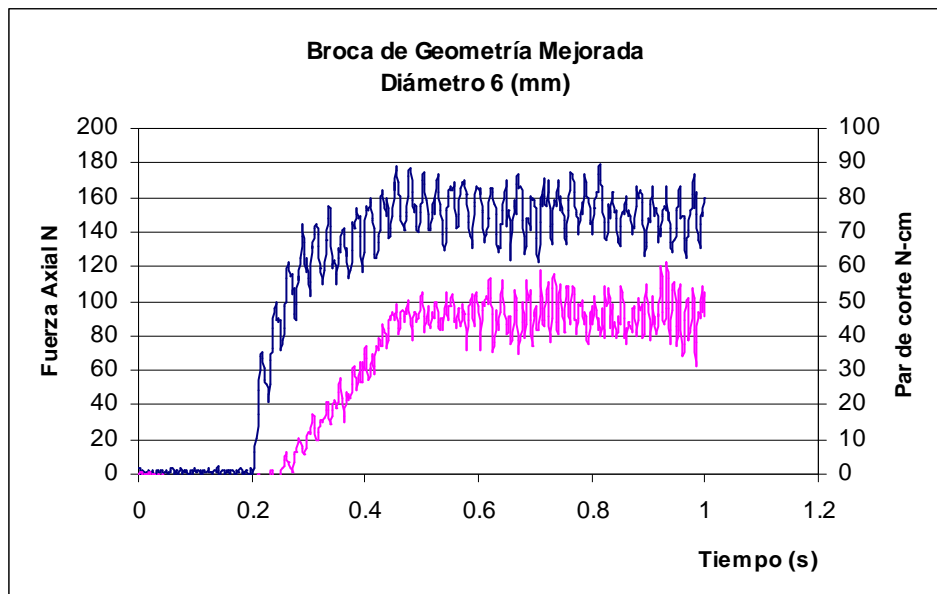


Gráfico 3 Proceso de taladrado con broca mejorada de 6 (mm) de diámetro

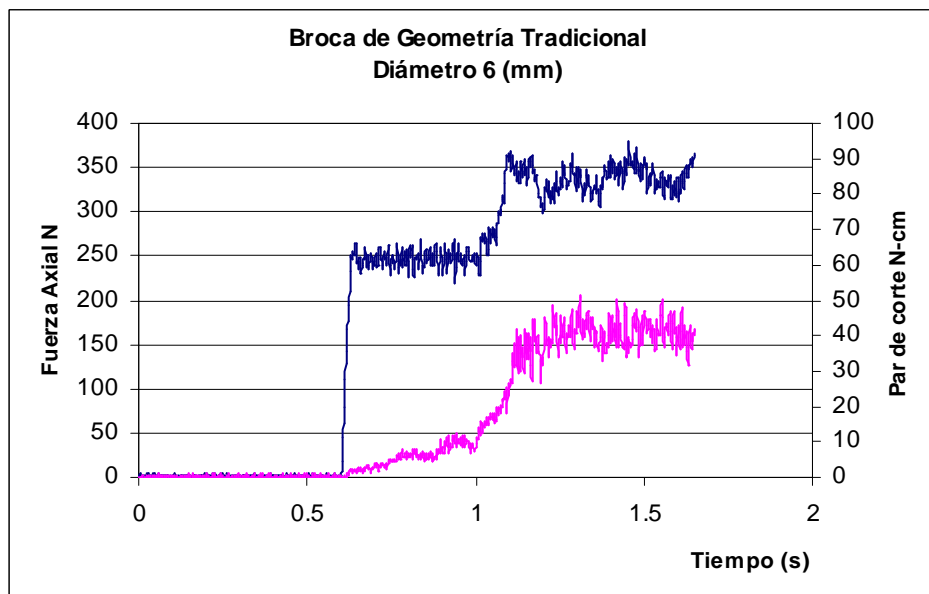


Gráfico 4 Proceso de taladrado con broca tradicional de 6 (mm) de diámetro

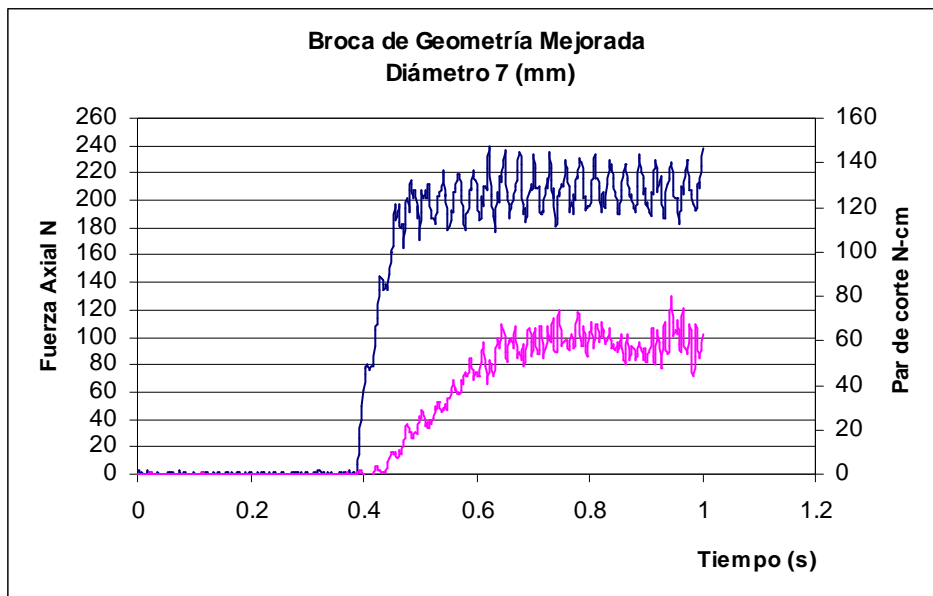


Gráfico 5 Proceso de taladrado con broca mejorada de 7 (mm) de diámetro

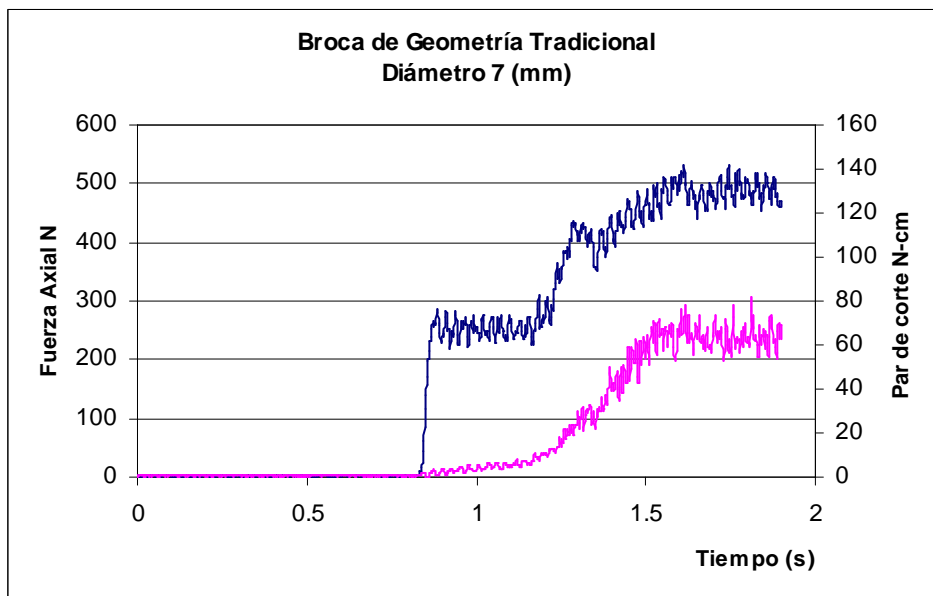


Gráfico 6 Proceso de taladrado con broca tradicional de 7 (mm) de diámetro

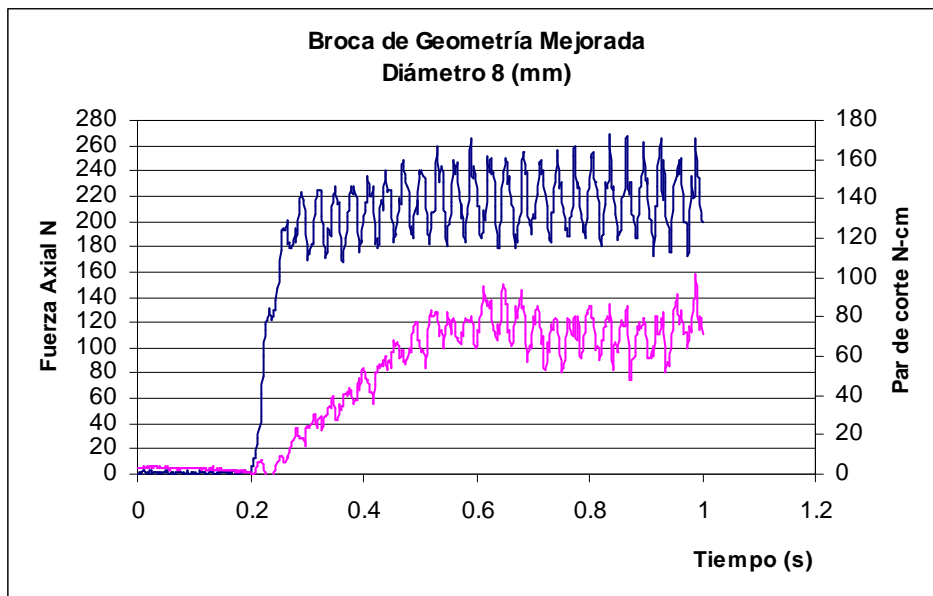


Gráfico 7 Proceso de taladrado con broca mejorada de 8 (mm) de diámetro

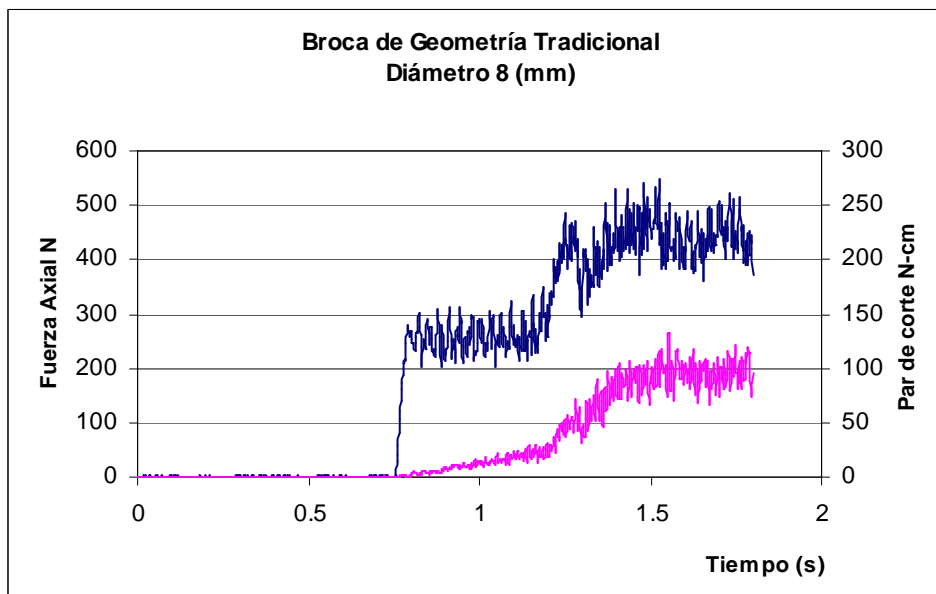


Gráfico 8 Proceso de taladrado con broca tradicional de 8 (mm) de diámetro

Los resultados numéricos provenientes de los ensayos de taladrado y correlacionados con los gráficos precedentes, están representados en la Tabla 2.

*Tabla 2 Parámetros de corte para los ensayos de taladrado.*

Diámetro de broca (mm)	Magnitudes vectoriales	Geometría mejorada	Geometría tradicional	Diferencia de magnitud	Porcentaje de diferencia %
5	Fuerza de avance axial (N)	111,56	236,23	124,67	52,77
	Par de taladrado (N-cm)	25,71	27,66	1,95	7,05
6	Fuerza de avance axial (N)	152,23	336,11	183,88	54,71
	Par de taladrado (N-cm)	41,732	44,47	2,74	6,16
7	Fuerza de avance axial (N)	209,30	493,66	284,36	57,60
	Par de taladrado (N-cm)	59,00	67,32	8,32	12,36
8	Fuerza de avance axial (N)	221,44	425,87	204,43	48,00
	Par de taladrado (N-cm)	76,34	90,62	14,28	15,76

Fuente: elaboración propia

## 2.1 Discusión de resultados

- La mejora en la punta de las brocas, dándole continuidad al filo inicial al empalmar con el filo principal, permite evitar la acción de penetración que hace el filo transversal en el proceso de taladrado, con lo cual se está en presencia de un corte continuo, con arranque de viruta por un proceso de cizallamiento y no de desgarro, como ocurre con las herramientas con filo transversal. Autores como Oxford [5], ya habían predicho el alto consumo de fuerzas que la presencia del filo transversal significaba.
- De acuerdo con los gráficos obtenidos, se puede establecer que los procesos de taladrado con brocas de geometría mejorada entregan una representación más homogénea del mecanizado. En contraposición, los gráficos provenientes del taladrado con brocas de geometría tradicional, presentan gráficos con muchas irregularidades.
- Referido a los resultados de la Tabla 2 se puede determinar que, las brocas con geometría mejorada, proporcionan una notable merma en la fuerza de avance axial, comparada con las brocas de geometría tradicional. Dicho en porcentaje, puede considerarse en promedio, alrededor del 53%. En el caso del par de taladrado, la disminución es en promedio, aproximadamente el 10%.

## 2. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones extraídas del trabajo son:

- Una mejora en la geometría de la punta de las brocas, como las utilizadas en estos ensayos, conlleva a una significativa disminución en la magnitud de la fuerza de avance axial, en comparación con las brocas de filo tradicional.
- Una mejora en la geometría de la punta de las brocas, como las utilizadas en estos ensayos, conlleva a una leve disminución de la magnitud del par de taladrado, en comparación con las brocas de filo tradicional.
- Las gráficas que representan al proceso de taladrado, muestran mucha irregularidad cuando se trata de brocas con filo transversal tradicional.
- Las gráficas que representan al proceso de taladrado, muestran más homogeneidad, cuando se trata de brocas con la punta mejorada.
- Como consecuencia de las dos conclusiones anteriores se puede inferir que, el acabado superficial de los agujeros, resuelta de mayor calidad.

## 4. REFERENCIAS

- [1] Pirtini, M.; Lazoglu, I. "Forces and quality in drilling", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. Vol.- 45, 1271-1281, 2005.
- [2] Anish, P.; Kapoor, G.; De Vor, R.E. "Chisel Edge and Cutting Lip Shape Optimization for Improved Twist Drill Point Design", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. Vol.-45, 421-431, 2005
- [3] Wu, S.M.; Shen, J.M. "Mathematical model for multifacet drills", *Journal of Engineering for Industry. Transactions of the ASME*. Vol.- 105, 173-182, 1983.
- [4] Unceta, "Catálogo de herramientas de calidad", 2006.
- [5] Oxford Jr, C.; Rochester, M. "On the drilling of metals 1. Basic mechanics of the process", *Transactions of the ASME*. Vol.- 77, 103-114, 1955.
- [6] R. Forn, "*Herramientas de corte: Condiciones de empleo*" Ediciones Ceac. 2ª Edición, Barcelona, 1967.