

**DISEÑO, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA
HERRAMIENTA DE CORTE PARA BROCHADORA HORIZONTAL DE LA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

JUAN DAVID GARCIA MORA

JULIAN ANDRES PINTO MONTES

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

ESCUELA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA

PEREIRA, MAYO 2017

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	
RESUMEN	
0. INTRODUCCIÓN	
0.1. Importancia.....	
0.2. Origen.....	
0.3. Objetivos.....	
0.4. Los alcances.....	
0.5. Limitaciones.....	
0.6. Metodología.....	
0.7. Avance en el campo respectivo.....	
0.8. Aplicación en el área investigada.....	
1. “DISEÑO DE LA BROCHA”	
1.1 Aspectos de corte en brochado.....	
1.2 La fuerza de corte.....	
1.3 Cálculos de esfuerzo de la brocha	
2 “PLANOS DE LA BROCHA”	
2.1 Plano isométrico.....	
2.2 Plano de vistas.....	
2.3 Vista de perfil.....	
3 “LA CONSTRUCCIÓN DE LA BROCHA”	
3.1 Sistema de sujeción brocha y máquina.....	
3.2 Mecanización de la brocha.....	
3.3 Tratamiento térmico de la brocha.....	
3.4 Afilado de la brocha.....	
4 CONCLUSIONES	
5 RECOMENDACIONES	
6 BIBLIOGRAFÍA	
7 ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas)	13
Tabla 2. Fuerza específica de corte en el brochado	21
Tabla 3. Material arrancable por diente o grupo de dientes de la brocha	22
Tabla 4. Parámetros de diseño para la brocha	23
Tabla 5. Propiedades mecánicas del acero DF2	25
Tabla 6. Composición química del acero DF2	26
Tabla 7. Hoja de especificaciones de la maquina JARBE 1200	27
Tabla 8. Ruta de trabajo sujetador brocha	39
Tabla 9. Ruta de trabajo buje-copa	40
Tabla 10. Ruta de trabajo tuerca buje-copa	41
Tabla 11. Ruta de trabajo brocha	42
Tabla 12. Algunas aplicaciones con su nivel de dureza para el acero DF2	45
Tabla 13. Temperatura requerida para el revenido en función de la dureza HRC	46
Tabla 14. Valores obtenidos durante las pruebas de verificación de la dureza	49
Tabla 15. Resumen de los costos de fabricación	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Alojamiento de la viruta por diente de corte.	19
Figura 2. Paso de los dientes de corte por sección de trabajo.	19
Figura 3. Longitud de corte por dientes.	19
Figura 4. Maquina brochadora horizontal JARBE 1200 (Universidad Tecnológica de Pereira).....	28
Figura 5. Brocha finalmente fabricada.....	29
Figura 6. Plano buje copa.	31
Figura 7. Plano tuerca buje copa.....	33
Figura 8. Plano sujetador brocha.	35
Figura 9. Plano brocha.	37
Figura 10. Proceso de tratamiento térmico en función de la temperatura y tiempo.	47
Figura 11. A. Momento en que la brocha es retirada del horno. B. Momento de inmersión en aceite.	48
Figura 12. Verificación de la dureza después del tratamiento térmico.	49
Figura 13. Afilado del ángulo de incidencia del diente.	50
Figura 14. Afilado lateral del diente.	51
Figura 15. Afilado de la periferia del diente.	51

GLOSARIO

<p>Brocha: Es una Herramienta de corte de geometría variable, compuesta por una multitud de filos, alineados y dispuestos de manera tal que van efectuando el trabajo de una manera progresiva.</p>
<p>Brochado: el brochado es un procedimiento de mecanizado por arranque de viruta cuya herramienta se denomina brocha. La operación de brochado consiste en hacer pasar la brocha, forzosamente, por un orificio cilíndrico o por la superficie exterior de la pieza, con el fin de obtener progresivamente el perfil de la brocha empleada.</p>
<p>Brochadora: Máquina herramienta diseñada y construida para poder mecanizar ranuras de distintos perfiles o geometría.</p>
<p>Chaveta: elemento metálico de forma prismática introducido parte de él, en el eje y la restante en el elemento a unir (rueda dentada, polea, etc.), con el fin de que el elemento gire solidario con el eje.</p>
<p>Chavetero: alojamiento practicado en las dos piezas que se tratan de unir, y por el cual se introducen a presión una chaveta.</p>
<p>Estría: Surco o hendidura en una superficie.</p>
<p>HSS: Aceros rápidos, de alta velocidad o HSS (High Speed Steel), son aceros utilizados especialmente para la fabricación de herramienta.</p>
<p>JARBE 1200: Máquina utilizada en las instalaciones de la universidad tecnológica de Pereira.</p>
<p>Latón: Aleación de cobre y cinc, de color amarillo o dorado, dúctil y maleable, que se pule y brilla con facilidad</p>
<p>Ranura: es un canal hecho a lo largo de una pieza, normalmente para ensamblarla con otras piezas. JARBE 1200: Máquina utilizada en las instalaciones de la universidad tecnológica de Pereira.</p>

RESUMEN

Este proyecto se realizó con la firme idea de aportar un sistema de brochado, de utilidad en las prácticas tecnológicas, en el área de procesos de manufactura del programa de Tecnología Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira. Para ello, se realizó una ardua investigación acerca del proceso de brochado y todos los factores que hacen parte de su funcionamiento y construcción.

Para que el proyecto saliera a flote, fue necesario conocer específicamente que era lo que se debía realizar, por ende se le llamo: **“Diseño y construcción de una brocha, para agujeros estriados (6 estrías)”**. Teniendo en cuenta lo que se deseaba realizar, se debió enfocar la atención en el material que se debería utilizar en la fabricación de la brocha, tomando como base, qué el contexto en el cual se va aplicar el proyecto es el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira, por lo tanto es una comunidad estudiantil, que se encuentra en el proceso de formación profesional tecnológico del programa de Mecánica.

Se hace referencia al contexto de aplicación ya que, los estudiantes en formación serán los que utilicen la brocha con fines académicos y prácticas pedagógicas del programa. Es decir, el material a mecanizar será dúctil, maleable, pero económico para los estudiantes, y para el momento de realizar el trabajo. Vale resaltar que el material es fundamental ya que si se cambia el material a mecanizar, cambia el material de la brocha, su geometría y todo su diseño. Asimismo, se le da la dimensión a la estría, lo cual es muy importante, debido a las diferentes variables y parámetros que se presentan en el proceso de fabricación, que se presentan en el proceso de brochado, por lo tanto, se tomó información teórica sobre el tema.

También, se tomó en cuenta la máquina que se encuentra en las instalaciones del taller del programa de Tecnología Mecánica, “Brochadora UTP”, la cual se le realizó un estudio, para conocer la longitud de trabajo, la fuerza máxima, su velocidad de desplazamiento, la carga del equipo. Todo fue necesario para la elaboración del diseño de la brocha, de esta manera se aplicaron formulas y ecuaciones que arrojaron una serie de valores que fueron pertinentes para la elaboración del proyecto; por consiguiente se encontrará en el desarrollo del escrito, un informe especial paso, con las ilustraciones, gráficas, planos y evidencia, que permita verificar los resultados pedagógicos de la herramienta diseñada.

Es importante resaltar que se realizó un trabajo comprometido, con la convicción de hacer un proyecto innovador y creado por iniciativa propia para el

aporte tecnológico que se le quería dar al programa de Tecnología Mecánica de la UTP.

Finalmente se logró el objetivo principal de este proyecto al diseñar y hacer el desarrollo tecnológico y construir una herramienta de corte para brochadora horizontal como aporte importante para la Universidad Tecnológica de Pereira.

0. INTRODUCCIÓN

En la industria de la manufactura existen múltiples procesos encargados de dar forma a los materiales, cada uno de ellos con sus respectivas características. Estos procesos surgen de la necesidad de crear piezas con geometrías complejas requeridas por el mercado en constante evolución, asimismo, ahorrar tiempos de manufactura, agregar propiedades especiales y aumentar el volumen de piezas fabricadas. En el campo de fabricación de formas específicas y grandes volúmenes de piezas, el brochado adquiere relevancia; el brochado se ha venido enseñando en los cursos de manufactura, al Tecnólogo Mecánico de la Universidad Tecnológica de Pereira, pero por el hecho de disponer de la máquina, y no de la herramienta, su enseñanza se queda a medio camino.

El brochado es un proceso por arranque de viruta, que permite obtener geometrías complejas tanto en agujeros como en superficies; en la actualidad en la industria de autopartes de la región, el brochado ha obtenido gran relevancia especialmente en la obtención de geometrías definidas en agujeros, entre ellas podemos mencionar los agujeros estriados cuya funcionalidad consiste en otorgarle a la pieza un excelente agarre sobre un eje trasmisor de torque. Para obtener dicha geometría, se debe contar con una herramienta denominada brocha, que contenga la geometría que se desea. Esta herramienta debe poseer un análisis detallado principalmente de su perfil de corte, material de fabricación y material a mecanizar.

Es por ello, que fue de gran importancia para el proyecto, comprender el proceso de diseño y desarrollo de una brocha para agujeros estriados, en el caso particular de un agujero de 6 estrías con diámetro exterior de 30 mm e interior de 27mm, con un ancho de estría de 6 mm, implementando para el mecanizado de latón; además, se desea comprender el proceso de brochado sobre la brochadora "jarbe 1200" ubicada en el taller de máquinas herramientas de la Universidad Tecnológica de Pereira.

No obstante, uno de los soportes argumentativos para la realización del proyecto, se basó en el fomentar el desarrollo creativo de los estudiantes pertenecientes a los proyectos investigativos del programa de Tecnología Mecánica. Asimismo, contribuir directamente con la formación de personas competentes en el área de investigación, diseño, operación y mantenimiento de equipos industriales. Aún más, en el contexto tecnológico la producción de piezas innovadoras y con diversas características avanza a gran marcha; convirtiéndose el campo de acción y de trabajo en exigente y competitivo, excluyendo a aquellos que no tengan un pensamiento creativo e investigativo. Es por ello, que se quiso

realizar un trabajo significativo, que sirviera de ejemplo para fomentar la creatividad de los estudiantes pertenecientes al programa.

Por tal motivo, es que se enfocó la atención en el brochado, tomando como referencia que la fabricación y diseño de la herramienta, no eran en demasía significativas, es decir, no había gran cantidad de antecedentes de trabajos de grado en la Universidad Tecnológica de Pereira. Asimismo, el tema es de ardua importancia en el contexto educativo de la Tecnología Mecánica, ya que el brochado como proceso genera piezas con geometrías especiales.

0.1. IMPORTANCIA.

El proyecto se tomó de la necesidad de ampliar los conocimientos tecnológicos en el programa de Tecnología Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira. Esto se desarrolló en el área de procesos de manufactura, diseño, desarrollo y construcción de una brocha, permitiendo así, una práctica profesional excelente, en el sentido, que se realizó un trabajo con la meta de crear un elemento que tuviera una continuidad de uso académico para los alumnos en proceso de formación tecnológico.

De la misma manera, los componentes que hacen parte de la creación del sistema de brochado, permitirá que la máquina que se encuentra disponible (Jarbe 1200), la cual no tenía un uso práctico con respecto al sistema de brochar, funcione y realice un excelente trabajo; dando así campo de acción a la teoría que se daba específicamente en la asignatura de cuarto semestre Procesos de Manufactura. En esta materia, y en lo concerniente a brochado, se quedaba en teoría en la realización de piezas especiales, que cumplieran con características particulares, formas, medidas, cavidades etc. Es por ello que, se investigó y se realizó un trabajo que enfocara en el campo tecnológico, en el área de mecanizado, (proceso de brochado).

En efecto, la herramienta creada está funcionando en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira, cumpliendo así con el objetivo propuesto desde el inicio del proyecto, dando a entender que era un enfoque pedagógico e investigativo el que se quería plasmar en el desarrollo tecnológico de una idea, que se transformó en realidad. Asimismo, el proyecto de sistema de brochado cobra importancia, aún más, en el sentido de incentivar a realizar propuestas investigativas que vayan más allá de lo establecido, en otros términos, que se realicen diferentes investigaciones y se pronuncien nuevas propuestas, que

potencialicen el programa de Tecnología Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Es cierto que, desarrollar éste tipo de proyectos requiere tiempo y dedicación investigativa, sin embargo, vale la pena resaltar la importancia que generan los proyectos que salen a flote en un contexto científico y tecnológico, que cada día surge más competitivo individual y colectivamente. Es por ello, que es de vital importancia desarrollar proyectos que dejen semillas, que puedan surgir o servir de ejemplo para nuevas propuestas tecnológicas.

Para sintetizar, se podría resumir la importancia del proceso de brochado, en la implementación como práctica en el contexto real, es decir, que sale de la teoría, para pasar a ser un proceso real y pedagógico altamente académico para los individuos que estén en proceso de formación tecnológica.

0.2. ORIGEN

La idea surge al observar que una de las asignaturas: “*procesos de manufactura*”, de V semestre del programa de tecnología mecánica, se encontraba enfocada en la realización de actividades académicas teórico - prácticas las cuales permitieron una comprensión directamente coherente y profunda de los temas que se tratan en los procesos de manufactura y así mismo la posibilidad de llevar a cabo el proyecto dentro de las instalaciones de la Universidad.

De acuerdo con lo anterior, surge la posibilidad de realizar un proyecto que permitiera poner en práctica en un contexto de trabajo real, un sistema de brochado que anteriormente sólo se quedaba en teoría. Es por ello, que se convertía entonces en un trabajo ambicioso a nivel pedagógico e innovador y factible ya que, cumplía con los parámetros exigidos por el programa de Tecnología Mecánica. Asimismo, con la implementación de la práctica se colocaría en funcionamiento la máquina “Jarbe 1200” que se encontraba en uso limitado dentro de las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Por consiguiente, la idea se transformó en un hecho real, objetivo, pedagógico, y funcional. Así pues, se realizaron las diferentes investigaciones del contexto de trabajo al cual se iba a desarrollar el proyecto en mención, definiendo cuales eran las metas y objetivos que se querían lograr con el diseño y construcción de un sistema de brochado horizontal. De la misma manera, se realizó un bosquejo en el área de costos y presupuestos para que el proyecto tecnológico pudiera realizarse, es decir, observamos cuáles serían los gastos primarios y secundarios que teníamos que asumir para gestionar económicamente la estructura del trabajo, esto debido a que a falta de algunos de

los factores que intervienen en la construcción de la brocha, no se encontraban en las instalaciones de práctica del programa de tecnología mecánica, siendo necesario consultar externamente otras instalaciones para complementar en su totalidad el proyecto.

Fue así como inició el proyecto en cual vemos, actualmente que se manifiesta como funcional, es decir que queda una enseñanza propia y compartida para los alumnos que se encuentran en proceso de formación académica y tecnológica. Dando un aporte de conocimiento, a la práctica en el proceso de brochado.

0.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Diseñar, hacer el desarrollo tecnológico y construir una herramienta de corte para brochadora horizontal de la Universidad Tecnológica de Pereira

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Evaluar las capacidades y limitaciones de la máquina brochadora.
- Seleccionar forma, sección y material a brochar.
- Diseñar una herramienta de corte para agujeros estriados, para una brochadora “Jarbe 1200.”
- Diseñar el orden operacional de fabricación, incluyendo el temple, el rectificado y la verificación dimensional.
- Fabricar la herramienta de corte para agujeros estriados por medio de maquinaria CNC, para obtener una pieza lo más cercano al valor teórico estipulado en el diseño.
- Aplicar tratamientos térmicos a la herramienta para que adquiera las propiedades mecánicas necesarias.
- Realizar pruebas reales de brochado para la comprobación de la eficiencia de la herramienta y la capacidad del equipo.

0.4 ALCANCES

Fundamentalmente, el alcance más significativo fue el resultado del proyecto, enteramente positivo, debido al empeño colocado para su realización, asimismo, la implementación de la brocha diseñada y construida resultó exitosa ya que, se está manteniendo su uso regular por parte de la comunidad estudiantil de la Universidad tecnológica de Pereira, es decir, que la iniciativa logra su resultado, porque se transforma indirectamente en un gestor de creatividad innovadora de investigación; que en grandes rasgos es lo que propone el programa de tecnología mecánica.

Lograr crear un diseño propio para fomentar el ámbito investigativo del programa de tecnología mecánica, es significativo, en el sentido, de incluir y poner en práctica el conocimiento adquirido durante el proceso de formación de la tecnología, por ende nuestra formación profesional y académica se ve enriquecida; convirtiéndose así el proyecto realizado en una herramienta útil para la comunidad estudiantil, que quieran formarse como tecnólogos, así pues, tendrán la oportunidad de ingresar a un programa que exige a sus alumnos de manera competitiva e inteligente en el aspecto pedagógico y académico.

De la misma manera, la convicción que deja la realización de una buena investigación, los logros obtenidos, las metas cumplidas, los desafíos enfrentados, los obstáculos derrumbados, esto permite resaltar la labor lograda por el equipo de trabajo que logró la construcción de una herramienta de uso funcional y prolongado para la universidad tecnológica de Pereira.

Esto da pie, para decir que los alcances que puede tener una idea bien estructurada, pueden ser infinitos, es decir, que una innovadora idea, puede convertirse en un proyecto tecnológico serio, exigente en la teoría y en la práctica, que cumpla con los estándares exigidos por la universidad, el cual sea digno de exponer y, sobre todo sirva de iniciativa para los que empiezan en este campo tecnológico.

Finalmente, se recalca lo logrado con la realización en su totalidad del proyecto, es el avance más revelador, de la ardua investigación realizada y el empeño empleado en las diferentes actividades que fueron necesarias realizar para la finalización del proyecto. Asimismo, la iniciativa que se deja en el campo de investigación, siendo un proyecto que sirve de ejemplo para próximos proyectos tecnológicos, además la funcionalidad que dicha herramienta cumple en las instalaciones del taller, logrando así, colocar en funcionamiento completo, la máquina "Jarbe 1200" que funcionaba, pero no es su totalidad. Esto también se transforma en alcance sino el mayor, y quizás el que, en últimas se quería lograr en su máxima expresión, dejar una herramienta diseñada y construida por alumnos de la universidad tecnológica de Pereira.

0.5 LIMITACIONES

No es ajeno a la vida del hombre que las acciones, actos, actividades y proyecciones tienen diferentes variaciones e inconvenientes al momento de realizarlas. No obstante, estos obstáculos no fueron barrera para alcanzar los objetivos pactados en la construcción de la herramienta de sistema de brochado, para ello, se realizó una matriz DOFA (Tabla 1), en la cual se ven las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas. Estas arrojan algunos de los casos más particulares, que también quedaron como aprendizaje; de manera que exigieron a corregir los respectivos errores. Por lo cual, se observará un resultado óptimo ya que se evidencian más puntos favorables del proyecto que las mismas dificultades y limitaciones.

Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
<p>Desconocimiento de los elementos para el desarrollo de la brocha.</p> <p>Falta de experiencia con Los <i>elementos</i> que hay en las instalaciones de la universidad y la manera correcta de utilización.</p>	<p>La colaboración del docente encargado del seguimiento del proyecto.</p> <p>El acceso a las instalaciones para realizar el trabajo.</p> <p>El acceso permitido al uso de la maquinaria de los talleres de la universidad.</p> <p>Las diferentes asesorías dictadas por el tutor de la tesis trabajo de grado.</p> <p>La gestión de productos como el aceite y el material de la brocha que se utilizaron para la realización del proyecto</p>	<p>El constante acompañamiento y asesoría del director del trabajo de grado.</p> <p>La disponibilidad de tiempo para realizar el proyecto.</p> <p>El conocimiento adquirido durante la realización de la tecnología.</p> <p>El conocimiento teórico disponible.</p>	<p>El tratamiento térmico también fue de alguna manera un tipo de amenaza, ya que se convirtió en inconveniente debido a que su realización estuvo obstaculizada por la fabricación; por ende, estuvo pendiente hasta último momento.</p>

Tabla 1. Matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas)

0.6 METODOLOGÍA

Este proyecto inició en el año 2013 con una hipótesis firme de realizar un elemento innovador y útil para el contexto de trabajo de la tecnología mecánica de la universidad tecnológica de Pereira. Inicialmente, se tomó la decisión de realizar un sistema de brochado.

Es por ello, que para llevar a cabo este proyecto se plantean una serie de objetivos específicos los cuales están como guían para la construcción teórica del proyecto. Así pues, primero que todo, para comprender el tipo de problema y las bases para su solución, es necesario recolectar información acerca del tema; para ello, se dispone de una búsqueda de información comprendida en libros, visitas técnicas, videos y trabajos realizados a cerca del tema de diseño y afilado de herramientas de corte.

Por consiguiente, luego de adquirir la información requerida por la exigencia del tema, se definen dos operaciones tecnológicas para la aplicación del proceso de brochado, para éste caso, mencionadas operaciones corresponden a una brocha para la construcción de culeros y otra para la talla de agujeros estriados.

De la misma manera, se llegó a la finalidad de que se necesitaba la ayuda y soporte de un software para diseño CAD, el cual, expone la estructura de diseño de las brochas que se quieren construir, teniendo en cuenta todas su características de geometría, criterios de diseño, y tolerancias tanto dimensionales como geométricas . En consecuencia, de este proceso se obtendrá el plano de taller que será de vital importancia para el siguiente paso que corresponde al desarrollo tecnológico para dichas herramientas.

Así también, partiendo del diseño ya establecido se prosigue a realizar las rutas de trabajo y regímenes de corte correspondientes al proceso de mecanizado para la brocha; los cuales se elaboran en el taller de máquinas-herramientas de la universidad Tecnológica de Pereira, hasta donde los parámetros y alcances tecnológicos de las máquinas permitan la progreso del proyecto, es decir que al faltar elementos que permitan la elaboración de mecanizado de la brocha, fue necesario consultar otros talleres ajenos a la universidad tecnológica de Pereira.

Por consiguiente se realizó un trabajo fuera de las instalaciones de la institución educativa, de manera que, el mecanizado fue realizado entre mayo y septiembre del año 2014, por operarios del SENA-dos Quebradas, lo anterior dado que en la UTP, no cuenta con los equipos de CNC.

No obstante, con la brocha ya fabricada se continúa a realizar las aplicaciones de tratamientos térmicos correspondientes a la funcionalidad de la brocha para que esta adquiriera las condiciones óptimas de operación. Posteriormente al tratamiento térmico, se realizará el proceso de rectificado para conseguir el acabado superficial, tolerancias geométricas y dimensionales requeridas y de esta forma poder garantizar la obtención de la herramienta bajo los parámetros de diseño establecidos.

Como último paso de su fabricación es necesario llevar acabo el respectivo afilado, ya que, este éste es el encargado del desprendimiento de viruta, el cual es uno de los objetivos principales de la brocha. Por consiguiente, teniendo la brocha fabricada se realizó pruebas de brochado, tales como la resistencia, la temperatura y demás funciones que le corresponden a la máquina "1200", la cual está en funcionamiento, pero no se le había dado la función con la herramienta construida. Por lo tanto, fue necesaria la comprobación con diferentes tipos de pruebas de la herramienta, sin embargo, las pruebas fueron superadas y la herramienta tiene un uso práctico en las instalaciones de la universidad tecnológica de Pereira.

0.7 AVANCE EN EL CAMPO RESPECTIVO

Es interesante conseguir avances en el programa, la investigación realizada, los datos recolectados, las lecturas realizadas, la práctica en las instalaciones de la universidad, asimismo la coordinación e instrucción del director del trabajo de grado, permitieron adquirir nuevos conocimientos que exista un avance tanto personal , como colectivo, en el sentido de que, nos dimos al tarea de diseñar y construir una herramienta de corte, colocando así en práctica gran parte de los conocimientos adquiridos durante la formación como tecnólogo mecánico.

Por consiguiente, se ve el avance significativo, ya que, tecnológicamente se realizó una investigación que llevó a cabo la ejecución del proyecto. De la misma manera, fue de gran validez para la adquisición de conocimientos tecnológicos que aún no se habían expuestos por el mismo programa de la tecnología mecánica. Es decir, que de laguna manera se convirtió en un proyecto que iba más allá de lo que normalmente se realizaba en el programa. Considerando valiosamente las orientaciones recibidas por la dirección del proyecto de grado. Asimismo, las practicas fueron significativas en el sentido de que al realizar las diferentes pruebas para la comprobación de la herramienta de corte, se evidenció que el diseño, planos, cálculos, formulas, lecturas, tablas de registro; fueron elementos que permitieron avanzar tanto en la adquisición de conocimientos, como en la práctica real del proceso de brochado.

Es por ello que, los avances en el área tecnológica fueron enriquecedores para el ámbito personal y académico de los que conforman el equipo de trabajo de la construcción de la herramienta, esto debido, al éxito que se logró con la fabricación de la herramienta, la culminación de las metas y objetivos propuestos, se transformaron en el avance en el campo respectivo del programa de tecnología mecánica, dejando una semilla de actitud investigadora, para futuros proyectos tecnológicos , por parte de los alumnos que actualmente y los que en algún momento tengan la iniciativa de encasillarse a los programas tecnológicos no, sólo, de la universidad tecnológica de Pereira, sino para todas las instituciones a nivel nacional que ofrecen este tipo de programas de estudio.

0.8 APLICACIÓN EN EL ÁREA INVESTIGADA

Este punto es de máxima importancia ya que refleja el objetivo del proyecto en mención, los objetivo y metas están reflejados en las prácticas de la asignatura: “procesos de manufactura” de V semestre del programa de tecnología mecánica, es decir, la herramienta diseñada y construida se donó, por así decirlo, al servicio pedagógico de los estudiantes que se están formando como tecnólogos mecánicos.

La construcción de la herramienta permitió que la máquina “JARBE 1200” que se encuentra en las instalaciones del taller de máquinas-herramientas de la UTP. La máquina brochadora horizontal, en condiciones operativas, carecía de la instrumento de corte, en efecto, no se desempeñaba en un 100% de su productividad y capacidad de trabajo.

En consecuencia, ese factor de productividad de la máquina “JARBE 1200” se convirtió en aliado para aplicar nuestros conocimientos aprendidos en el área de investigación en el cual se realizó el proyecto. Por lo tanto, la aplicación se fue dando gradualmente, lo que significa, que a medida que se fue procesando el trabajo (construcción de una herramienta) se fueron aplicando los conocimientos tanto teóricamente como en la prácticas relacionados con los proceso de manufactura, en especial el sistema de brochado.

También, las posibilidades de generar nuevas ideas para la construcción de futuros proyectos tecnológicos que permitan fomentar la iniciativa de investigación tecnológica en los próximos años, para poder crecer tecnológicamente a nivel nacional e internacional; colocando los proyectos ejecutados en una categoría de calidad ante los ojos de otras instituciones de formación tecnológica.

Sin duda, el área de investigación es muy extensa, en el transcurso de los días de formación tecnológica, se evidencia un gran campo de apertura , para la conformación de equipos de personas académicas, que construyan ideas

ambiciosas en el área de la tecnología mecánica , como aporte valioso para seguir una cadena de conocimiento donde existan semilleros, proyectos educativos, proyectos tecnológicos, proyectos científicos, proyectos pedagógicos que tengan la función de aplicar de manera real, los conocimientos que se aprenden en la etapa de formación de la tecnología mecánica de la universidad tecnológica de Pereira.

1. DISEÑO DE LA BROCHA

En este capítulo se mostrará los diferentes aspectos que se tuvieron en cuenta, para el diseño de una brocha, por ejemplo, el tipo de brochado, Material a mecanizar, ecuaciones, parámetros de corte, fuerza de corte, cálculos de esfuerzo de la brocha.

Se definió el tipo de brochado que se iba a realizar, el cual es un tipo de brochado para interiores, y se estableció que era para agujeros estriados. (6 estrías) asimismo, se determina el tamaño de la estría, que tuviera un equilibrio en su dimensión, con el objetivo de que se pudiera realizar con el tamaño proporcional a las piezas trabajadas en las instalaciones de UTP. También, se tomó en cuenta el tipo de material a mecanizar, adaptando el proyecto al contexto de trabajo realizado en las instalaciones de UTP.

La selección del material (materia a trabajar) se realizó de acuerdo a las necesidades de mecanizado que se buscan en el brochado y particularmente para el tipo de material que se va a brochar. Cabe resaltar que no existe ningún material para herramientas de corte que por sí solo pueda satisfacer todas las aplicaciones de mecanizado. Esto obedece a la extrema variedad de requisitos y condiciones del mecanizado. Cada material para herramientas posee su propia combinación de propiedades que lo hace óptimo para una operación específica.

La elección de una herramienta para una operación dada se realiza en base a varios factores:

- Operación
- Forma de la pieza y material
- Máquina Herramienta
- Condiciones de Corte
- Acabado requerido
- Estabilidad general
- Costo de mecanizado

Un punto importante al momento de seleccionar el material es tener en cuenta cómo se comporta la dureza en relación a la variación de temperatura durante el trabajo.

Teniendo en cuenta, los datos anteriormente nombrados se tomaron en cuenta un material a mecanizar se adaptara a las necesidades, y después de seleccionar una gran variedad de materiales, se seleccionó el latón, como el material más práctico para la fabricación de la estría. Debido a sus características

y su precio económico favorable, además es el material utilizado en las instalaciones de la UTP.

De la misma manera, para la realización de la brocha se deben tener unos conceptos claves para su futura fabricación, se hace referencia a: Parámetros de corte y ecuaciones para dimensiones. Por lo cual, es necesario tener en cuenta algunos aspectos de la mecánica del brochado:

P: paso de los dientes.

L: longitud de brochado.

t : espesor total de la viruta.

V: volumen de viruta arrancado por la brocha en una carrera.

Vo: volumen alojado por la garganta del diente (alojamiento de la viruta)

B: ancho de corte (igual al ancho del diente de la brocha, por el número de dientes)

Zo: ancho de dientes ocupados o que cortan simultáneamente.

R: resistencia al corte del material.

Varios de los parámetros previamente mencionados se ilustran las figuras 1, 2 y 3.

1.1 ASPECTOS DE CORTE EN BROCHADO.



Figura 1. Alojamiento de la viruta por diente de corte.

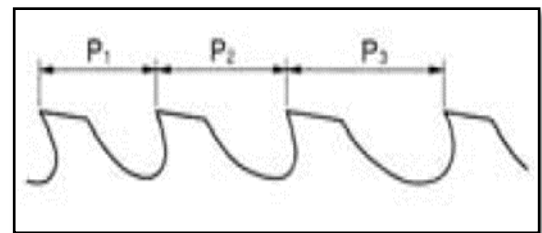


Figura 2. Paso de los dientes de corte por sección de trabajo.

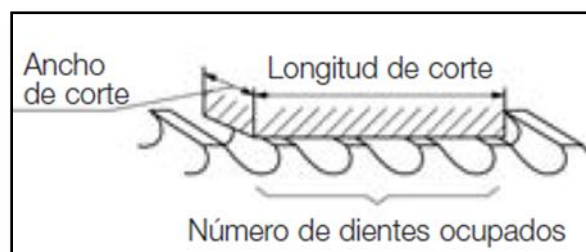


Figura 3. Longitud de corte por dientes.

El volumen de viruta arrancado por la brocha está dado por la fórmula (1):

Fórmula (1):

$$V = t \times B \times L$$

Donde

t: Espesor de la viruta, en mm

B: Ancho de corte (igual al ancho del diente de la brocha, por el número de dientes) (mm)

L: Longitud del brochado (mm)

V: volumen de viruta arrancado por la brocha en una carrera (mm³)

Paso entre dientes de la brocha (P). Esta distancia es función del volumen de viruta removido por cada diente. Para evitar que la viruta retirada se atasque, el volumen del alojamiento (Vo) debe ser por lo menos 6 veces mayor que el volumen de la viruta (V) que se forma. El paso de los dientes de la brocha se calcula con la fórmula (2):

Fórmula (2):

$$P = (1,2 a 2)\sqrt{L}$$

Donde

P: Paso de los dientes (mm)

L: Longitud del brochado (mm)

Las brochas deben proveerse de dos o tres pasos diferentes (calculados con la ecuación anterior) para evitar marcas o huellas en el acabado.

Un cálculo intermedio es el de número de dientes que simultáneamente están ocupados acorde a la Fórmula (3):

Fórmula (3): $Zo = \frac{L}{P}$

Dónde:

Zo: Ancho de dientes ocupados o que cortan simultáneamente (mm)

L: Longitud del brochado (mm)

P: Paso de los dientes (mm)

*El resultado se redondea al entero más próximo.

Para estimar la fuerza de corte necesaria en una pasada se hace uso de la fórmula (4) donde R es la resistencia específica del material a brochar (kN/mm^2) y t_1 (mm) es la profundidad de corte recomendada (por diente). R y t_1 se extrae basado en la tabla 2 y tabla 3 respectivamente.

Fórmula (4):

Carga estimada (N)

$$= B \times t_1 \times Z_o \times R$$

B: ancho de corte (igual al ancho del diente de la brocha, por el número de dientes) (mm)

t_1 : Profundidad de corte por diente (mm)

Dónde:


Z_o : Ancho de dientes ocupados o que cortan simultáneamente (mm)

R: resistencia al corte

Material		k (kg/mm^2)	Profundidad de pasada
Fundición gris	Blanda	120	0,10 – 0,25
	Dura	200	0,06
Fundición maleable		150	0,01
Fundición acerada		180	0,01
Acero semiduro		260 – 340	0,06 – 0,03
Acero duro		350 – 440	0,03
Latón	Fundido	80	0,25
	Fundido a presión	120	0,1 – 0,25
Bronce fundido		100	0,1 – 0,25
Aleaciones de aluminio		100 – 120	0,25 – 0,1

Tabla 2. Fuerza específica de corte en el brochado

Material	Espesor de viruta por diente (en mm)	
	Desbaste	Acabado
Acero duro	0,03 0,05	0,01
Acero semiduro	0,03 0,08	0,01
Acero	0,06 0,1	0,01



moldeado			
Bronce	0,1	0,3	0,01
Latón	0,1	0,3	0,01
Aluminio	0,1	0,2	0,02

Tabla 3. Material arrancable por diente o grupo de dientes de la brocha

Una vez calculada la carga estimada se debe calcular la carga de seguridad con la fórmula (5). La máquina seleccionada debe suplir dicho requerimiento de fuerza.

Fórmula (5): Carga de seguridad (N) = 1,8 (*carga estimada*)

En la tabla 4 se consignaron los valores obtenidos para el cálculo de la brocha soportado bajo las ecuaciones mencionadas en los apartados anteriores.

Especificaciones de la estria	
dimension de la estria	6x26x30x6 (zxdxDxb)
z (mm)	6
d (mm)	26
D (mm)	30
b (mm)	6

t1	0,04
L	30
R	3000
Z0	5

Criterios de diseño		
t (mm)		2
B (mm)		36
V (mm ³)	2160	Aproximacion (mm)
Pdesvaste (mm)	10,95445115	11
Psemiacavado (mm)	8,76356092	9
Pacavado (mm)	6,57267069	7
Long. min brocha desvaste (m)	383,4057903	385
Long. min brocha semiacavado (m)	65,7267069	63
Long. min brocha acavado (m)	49,29503018	49
Long. min brocha total (mm)	498,4275273	497
longitud total(4 dientes de acabado rectos de adicior		525

Carga soportada por la brocha	
N (N)	19718,01207
Ns (N)	35492,42173

Descripción de los parámetros	
z:	numero de dientes
d:	diametro interior
D:	diametro exterior
b:	ancho de la estria o diente
L:	longitud de brochado
P:	paso de los dientes
t:	espesor de la viruta
V:	volumen de viruta arrancada en una carrera
V0:	volumen alojado por la garganta del diente
B:	ancho del corte (igual al ancho de diente de la brocha por el numero de dientes
Z0:	ancho de dientes ocupados o que cortan simultaneamente
R:	resistencia al corte (tabla)
t1:	profundidad de corte por diente (tabla)
N:	carga estimada
Ns:	carga de seguridad

Tabla 4. Parámetros de diseño para la brocha

1.2 FUERZA DE CORTE.

Así también, no se puede dejar atrás un aspecto que es relevante para la fabricación de la broca, es decir, La determinación de **la fuerza de corte** en el mecanizado permite conocer, no sólo las solitudes dinámicas a las que se ve sometida la herramienta o la pieza, sino también el valor de la potencia requerida para poder efectuar el proceso. Aunque el costo de la potencia consumida en una operación de mecanizado no es un factor económico importante habitualmente, es necesario su conocimiento para ser capaces de estimar la cantidad de potencia necesaria para realizar la operación debido a las limitaciones impuestas por la maquina disponible. La capacidad de estimar la potencia de una operación es importante sobre todo en las operaciones de desbaste ya que lo que interesa es realizar la operación en el menor tiempo y en el menor número de pasadas posible.

La interacción entre la herramienta, la viruta y la pieza, se traduce en una serie de presiones sobre la superficie de la herramienta. Este sistema de fuerzas y presiones se puede reducir a una fuerza resultante R . El momento resultante se puede despreciar ya que el área sobre el que se aplica la fuerza es muy pequeña.

Una primera descomposición de esta fuerza es en dos direcciones ortogonales, una en la dirección de la velocidad de corte que será la fuerza de corte F_c , y la otra en la dirección perpendicular a la velocidad de corte que será la fuerza de empuje F_t . De las dos fuerzas, la única que consume potencia es F_c , siendo la función de F_t la de mantener la posición del filo de la herramienta en el plano el filo P_s .

La mayor parte de dicha potencia se consume en la eliminación del material de la pieza, de ahí que la componente de la fuerza que reviste una mayor importancia desde este punto de vista es aquélla que tiene la misma dirección que la velocidad resultante de corte.

Por otra parte, las fuerzas de corte también intervienen en fenómenos como el calentamiento de la pieza y la herramienta, el desgaste de la herramienta, la calidad superficial y dimensional de la pieza.

Existen fundamentalmente dos grupos de métodos para determinar los valores de la fuerza de corte en el mecanizado. El primero de los grupos se basa en una determinación empírica de la misma mediante la realización de un cierto número de ensayos en diferentes condiciones de trabajo y la extrapolación de los resultados obtenidos a expresiones matemáticas de mayor o menor complejidad acorde con el modelo elegido. El segundo grupo se basa en la obtención de fórmulas basadas en los modelos tradicionales de estudio del proceso de corte como son el modelo de corte oblicuo y su versión más simplificada de corte ortogonal.

1.3 CÁLCULOS DE ESFUERZO DE LA BROCHA

Esto se hace con el fin, de saber cuál es el material que se debe seleccionar para fabricar la brocha, es decir, un material que sea compatible en resistencia con el material a mecanizar, entonces se implementó un acero DF2, por que cumplía las características, esto se hace a través de un software (solid Works), que es útil a la hora de hacer los cálculos de resistencia a los que va estar sometido la herramienta de corte (la brocha)

Lo que significa, que la selección de material para la fabricación de la brocha se pensó en el tipo de material a cortar, el diámetro del agujero a brochar y los esfuerzos generados en el corte. Lo anteriormente mencionado hace relación a los parámetros más relevantes al momento de realizar la selección del material, cabe acotar que tras de estos parámetros se encuentran otras variables implícitas que fueron tenidas en cuenta al momento de la selección, como lo son el tipo de máquina a utilizar, la velocidad de corte y la presión de tracción del equipo.

Debido a que la operación de brochado es un trabajo que se realiza en frio (sin presencia de lubricante refrigerante), esto requiere que el material de la herramienta sea para trabajos de este tipo. En principio se seleccionaron 2 tipos de materiales para trabajo en frio como candidatos para la fabricación de la brocha, estos fueron el XW45 y DF2 (ARNE como nombre comercial o AISI01 como nombre técnico), para el cual, por temas de costos se decidió la fabricación de la herramienta en acero DF2. La tabla 5 muestra las propiedades mecánicas de este acero.

Temperatura	20°C	200°C	400°C
Densidad Kg/m ³	7800	7750	7700
Módulo de elasticidad N/mm ² Kp/mm ²	190000 19500	185000 19000	170000 17500
Coeficiente de dilatación térmica por °C a partir de 20°C	-	11,7x10 ⁻⁶	11,4x10 ⁻⁶
Conductividad térmica W/m °C	32	33	34
Calor específico J/Kg °C	460	-	-

Tabla 5. Propiedades mecánicas del acero DF2

El DF2 es un acero al manganeso-cromo-tungsteno siendo templeable en aceite y apto para una gran variedad de aplicaciones en trabajo en frío, la tabla 6 muestra la composición química de este acero. Este material posee características como buena maquinabilidad, la cual es un factor importante teniendo en cuenta la geometría que presenta la brocha fabricada, adicionalmente este tipo de acero presenta una buena estabilidad dimensional frente al temple asegurando la tolerancia dimensional de la brocha para fabricar agujeros estriados de acuerdo a los parámetros estandarizados seleccionado previamente, a su vez garantiza que la cantidad de material a remover de la brocha durante el afilado sea poco. Otra característica destacada de este tipo de material es su buena combinación de dureza superficial y tenacidad luego del temple y revenido, el cual aporta cualidades importantes al diseño de la brocha como es prolongar el afilado durante su tiempo de operación alargando la vida útil de la herramienta.

Análisis típico %	C 0,95	Mn 1,1	Cr 0,6	W 0,6	V 0,1
Normas equivalentes	UNE F-5220, W.-Nr.1.2510, AISI 01 (SS2140)				
Estado de suministros	Recocido blando aprox. 190 HB				
Código de color	Amarillo				

Tabla 6. Composición química del acero DF2

La información que se usó para la selección del material fue obtenida de la ficha técnica de AXTECOL S.A quienes distribuyen este acero bajo el nombre comercial de ARNE.

1.4 DESCRIPCION DE LA MAQUINA JARBE 1200

El equipo empleado para el proceso de brochado, fue una brochadora horizontal JARBE 1200 ubicada en el taller de máquinas y herramientas de la Universidad Tecnológica de Pereira. En la tabla 7 se adjuntan las especificaciones técnicas del equipo empleado y en la figura 4 se observa dicha máquina. Se encontró la máquina inicialmente bajo condiciones operativas.

Debido a que el equipo no contaba con un mecanismo propio de sujeción para las piezas a brochar ni para la brocha, fue necesario diseñar e implementar un sistema que permita la sujeción de las piezas a maquinar como para la

herramienta de corte brocha. La definición y dimensionamiento de este dispositivo será descrito en el numeral 1.6.1.

Hoja de especificaciones			
Maquina-Equipo	Brochadora horizontal	Ubicación	Taller 2
Fabricante	JARBE	Seccion	Taller de maquinas y herramientas
Modelo	1200		
Marca	JARBE		
Caracteristica generales			
Altura	Ancho	Largo	Peso aprox.
1100 mm	700 mm	4890 mm	1500 kg
Recorrido		1300 mm	
Esfuerzo maximo de traccion		15 Toneladas	
Velocidad maxima de retroceso		20 m/min	
Velocidad maxima de trabajo		4 m/min	
Potencia motor		10 Cv	

Tabla 7. Hoja de especificaciones de la maquina JARBE 1200



Figura 4. Maquina brochadora horizontal JARBE 1200 (Universidad Tecnológica de Pereira).

1.5 DEFINICION DE LA BROCHA ESPERADA

Inicialmente se diseñó una brocha para agujeros estriados estándar de diámetro 30 mm, con 6 estrías de 2 milímetros de altura. Estos parámetros iniciales arrojaron un diseño de brocha de longitud de 600 mm (esta longitud corresponde solo a la longitud de trabajo de los dientes, no se incluye la longitud adicional para la sujeción de la herramienta). Este diseño inicial presentó inconvenientes en la planificación del tratamiento térmico, ya que su longitud no se adecuaba a los hornos empleados para este proceso.

Adicionalmente la relación existente entre el diámetro y la longitud de la brocha exigía una disposición vertical al momento de ser introducida al horno con el fin de evitar la deformación durante el tratamiento térmico incurriendo nuevamente en tamaños insuficientes de hornos para este proceso, tema por el cual se consideró este diseño previo como no viable.

Posteriormente se replanteo el diseño donde se decidió minimizar en 0,5 mm la altura del diente de la brocha, situación que condujo a la reducción de la longitud total de la brocha ya que a una altura de estría más pequeña implicó una menor cantidad de material a remover reduciendo la cantidad de dientes a emplear en relación a la zona a brochar (desbaste, semi-acabado y acabado) generando así una longitud de brocha de 283 mm.

Con la inclusión de las secciones de sujeción para la brocha, el diseño se concluyó con una longitud final de 333 mm, longitud que permitió la realización del tratamiento térmico, al poder encontrar hornos con el tamaño adecuado para esta longitud, como lo fue el horno para tratamientos térmicos del laboratorio de metalografía asignado a la facultad de ingeniería mecánica, en el que se realizó dicho proceso.

Finalmente en la figura 5 se aprecia la brocha fabricada bajos los parámetros de diseño mencionados en capítulos anteriores.



Figura 5. Brocha finalmente fabricada.

1.6 LA CONSTRUCCIÓN DE LA BROCHA

Para la construcción de la brocha es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

1.6.1 DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE SUJECIÓN

Con base a las condiciones iniciales de la maquina se pudo apreciar que carecía de sistema de sujeción, tomando como base el tipo de trabajo a realizar por la brocha, el tamaño de la brocha y el tamaño de las piezas a brochar se busca un sistema de sujeción coherente con estas situaciones; también se parte del principio de operación de este proceso que consiste en un cilindro hidráulico que opera a tracción contra una pieza que se encuentra posicionada de forma fija y concéntrica con respecto al cilindro hidráulico de la máquina. En base a todos los criterios mencionados necesarios para garantizar un sistema de sujeción coherente con el proceso de brochado a realizar, se opta por seleccionar una copa de torno ya que esta brinda concéntrica entre el cilindro hidráulico y la pieza a brochar y también permite posicionar piezas en un espectro de tamaños variado, adicional a esto cabe resaltar la facilidad de manipulación de este sistema por parte del operario y la generación suficiente de fuerza de apriete para que no deslice durante la tracción de la herramienta de corte.

Una vez resuelta la necesidad de sujeción de las piezas a brochar, se procedió al diseño de los elementos que permitieran la integración entre el sistema de sujeción y la máquina, para ello se diseñó un buje el cual se asegura a la máquina por medio de un ensamble de interferencia y a su vez permitiendo ensamblar la copa a este mismo buje a través del mismo ensamble; de esta forma se logró la integración del sistema de sujeción con respecto a la máquina. A continuación se describe el sistema de sujeción de cada uno de sus elementos.

Buje copa

Este buje se diseñó teniendo presente el diámetro del agujero del bastidor de la máquina y la longitud tanto del bastidor como de la copa, con el fin que fuera un soporte solidario para ambos, además, como el diámetro del agujero interno del buje ya que a través de este pasara el elemento de corte, brocha. Debido a que este buje solo es un elemento de soporte y unión entre copa y máquina, se diseñó teniendo en cuenta como parámetros, además de los mencionados anteriormente, el hecho que no es un elemento de alta precisión, por esto se selecciona un material que aporte propiedades de ductilidad y facilidad de mecanizado, por lo cual se trabajó con acero 1045. La figura 6 muestra el plano del dispositivo.

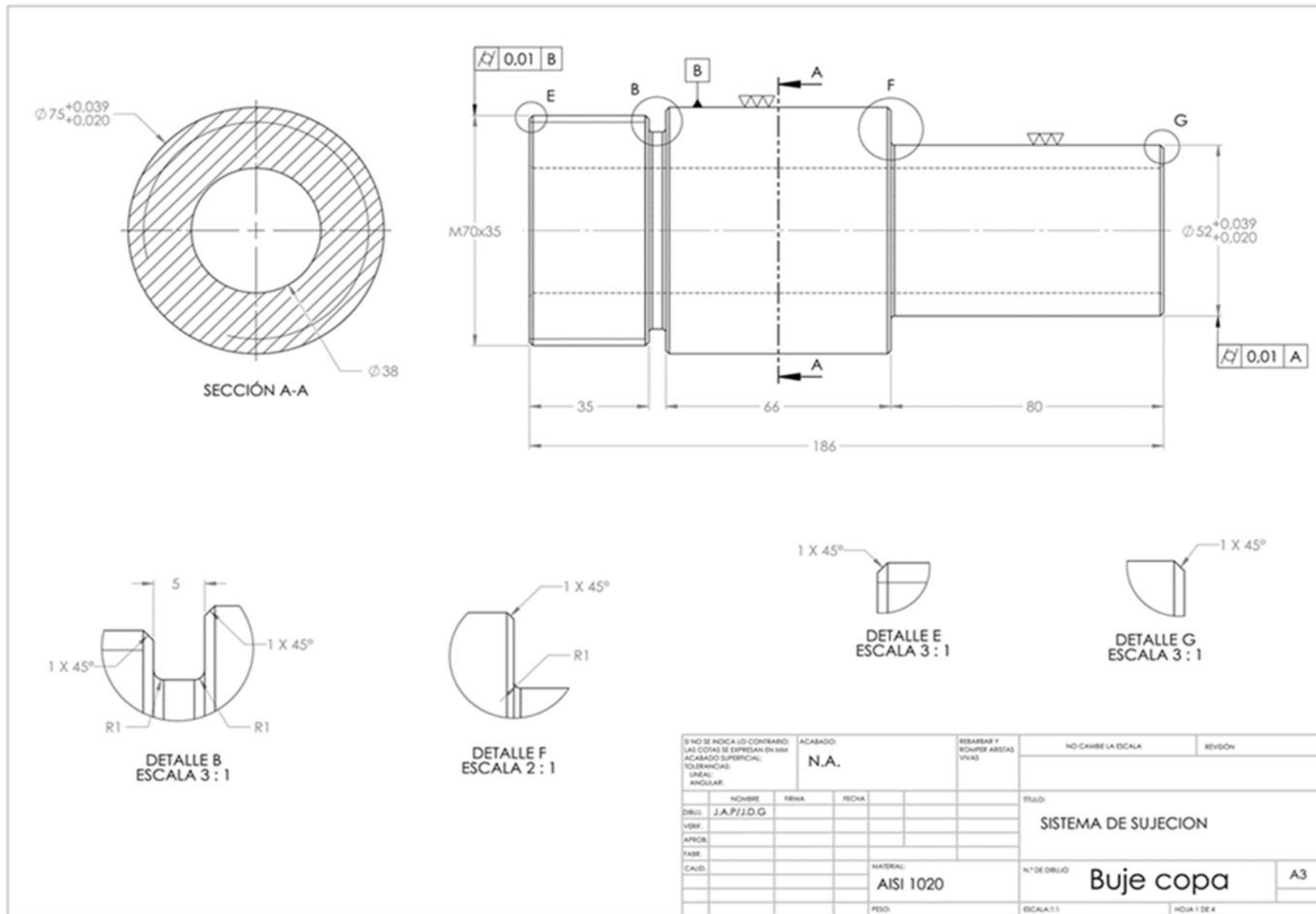


Figura 6. Plano buje copa.

Tuerca buje copa

Esta tuerca fue diseñada y construida con el fin de asegurar el buje a la máquina. La unión entre estas dos se da por medio de una rosca exterior al extremo del buje y una rosca al interior de la tuerca permitiendo generar una presión entre la máquina el buje y la tuerca. La figura 7 muestra el plano del elemento.

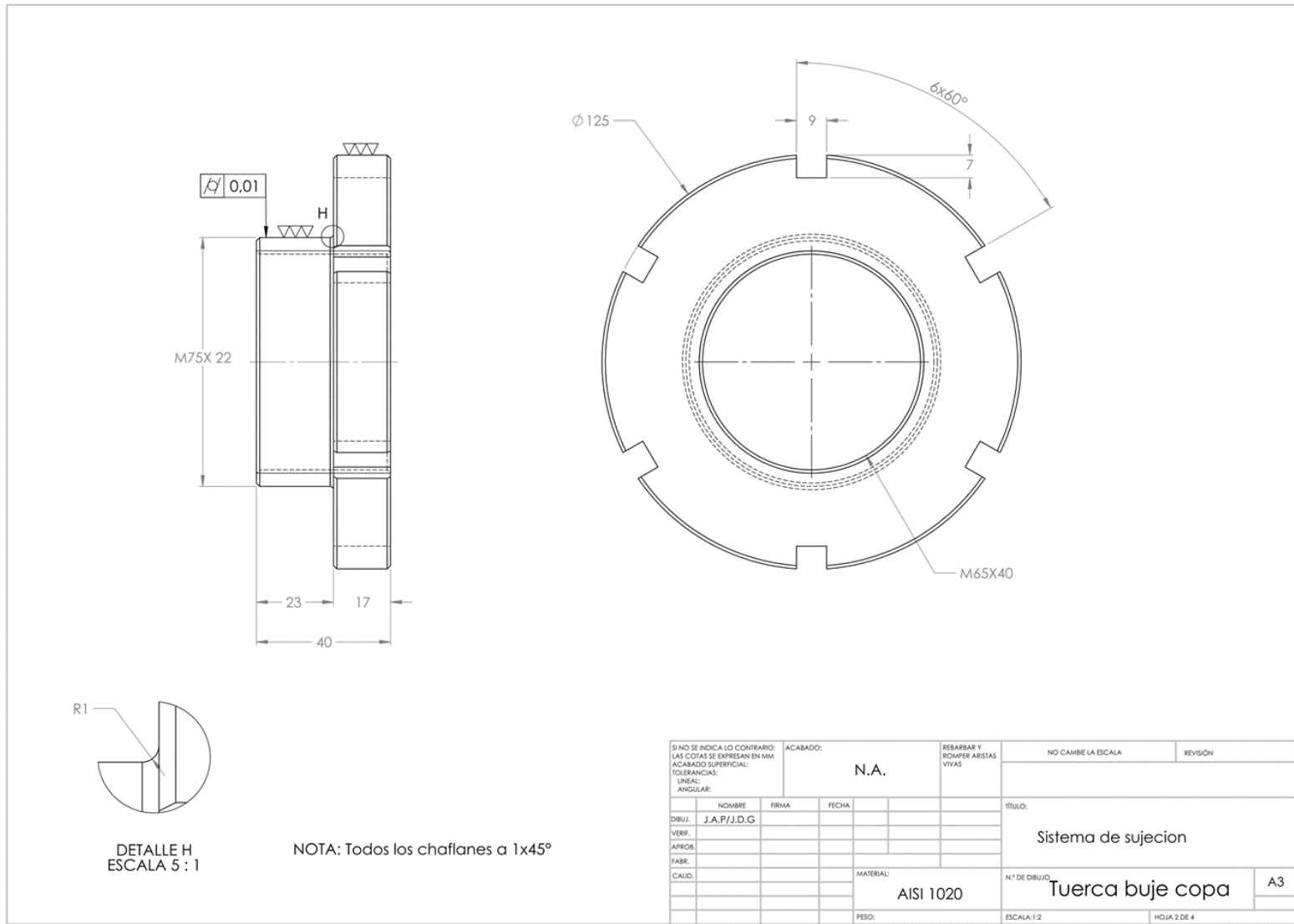


Figura 7. Plano tuerca buje copa.

Mango de sujeción brocha-maquina

Para sujetar la brocha a la maquina fue necesario diseñar y construir un mango el cual permite la unión entre estas dos, como lo muestra la figura 8. El mango posee en un extremo un agujero con rosca interna y la brocha una rosca externa en uno de sus extremos permitiendo la unión entre etas dos. El otro extremo del mango pose una rosca externa con la que se une al cilindro hidráulico de la maquina la cual pose la respectiva rosca interna para este mango.

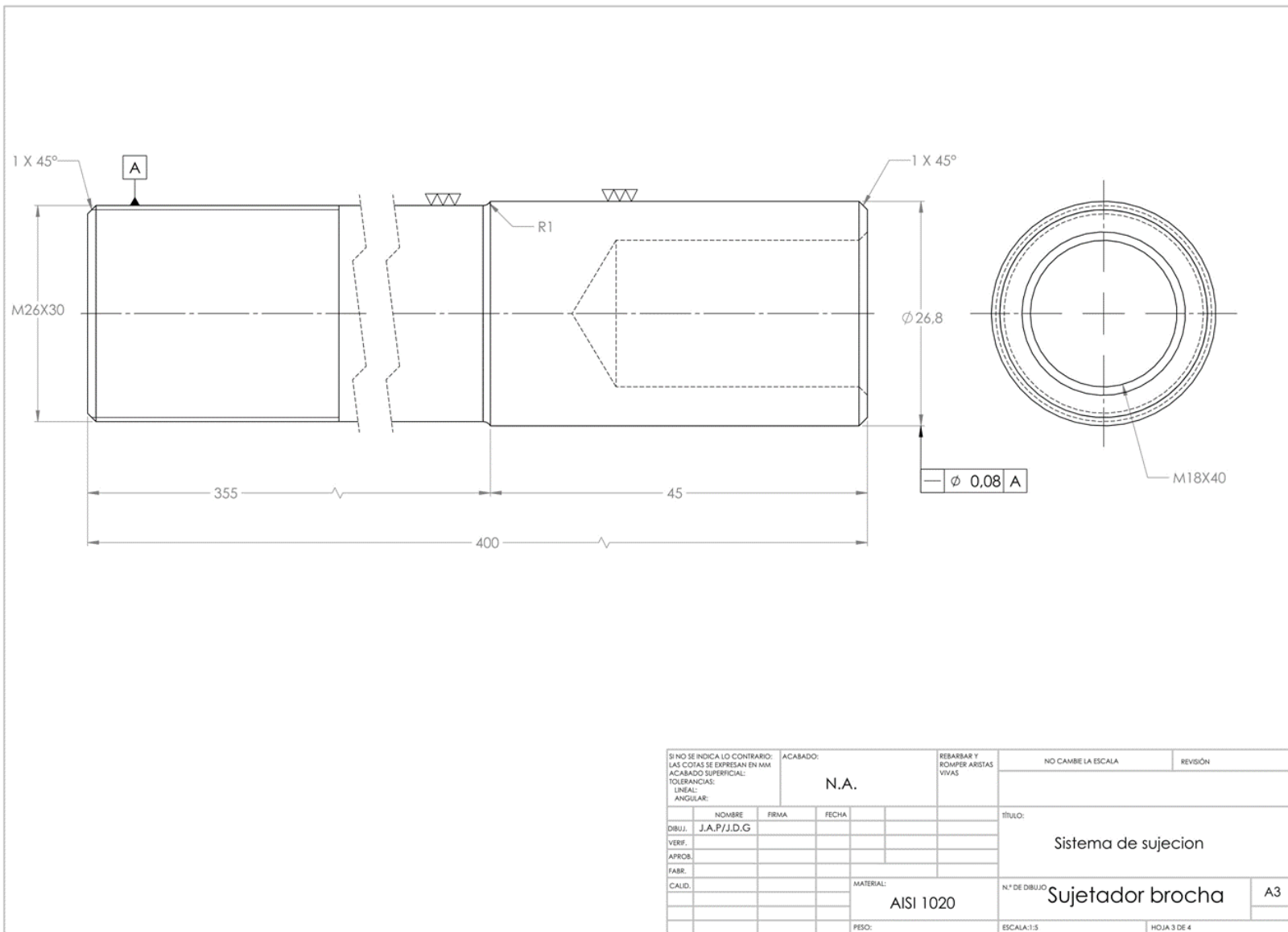


Figura 8. Plano sujetador brocha.

2. PLANO DE LA BROCHA:

Durante la etapa de diseño de la brocha, y una vez definida los parámetros para la fabricación de la misma, se realizó el diseño del plano para la fabricación de la herramienta brocha. En la figura 9 se observa las zonas de corte, tamaño del diente, número de estrías, longitud total y los mangos de sujeción entre la brocha y el elemento guía de esta.

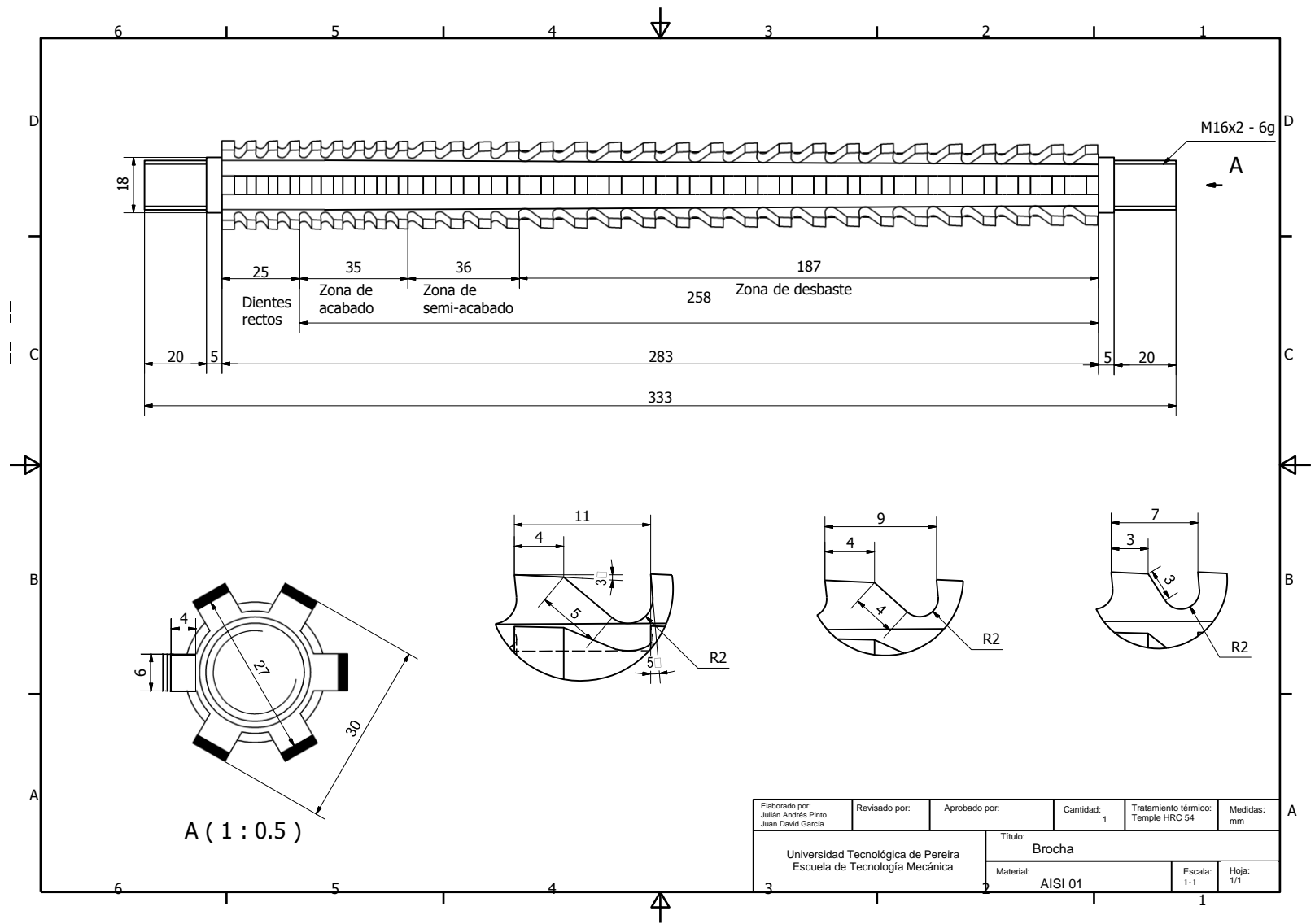

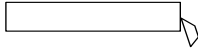
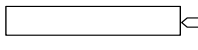
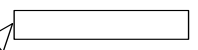
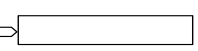
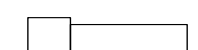

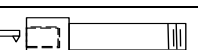


Figura 9. Plano brocha.

3. ORDEN PERACIONAL

El desarrollo de fabricación comenzó con el mecanizado de la brocha y prosiguió con el mecanizado del sistema de sujeción. La elaboración de las rutas de trabajo se realizó en el formato empleado por la Escuela de Tecnología Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Para la realización de las rutas de trabajo, se calcularon los parámetros requeridos para la fabricación en base al proceso de mecanizado requerido para obtener la forma final de la pieza y el tipo de material de la misma, igualmente se tuvo presente las herramientas de corte necesarias para su elaboración, así como los instrumentos de medida requeridos para la inspección del proceso.


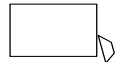

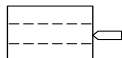
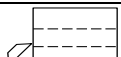




 Universidad Tecnológica de Pereira Facultad de Tecnologías Escuela de Tecnología Mecánica		Hoja: <u>1</u> de _____								Nombre pieza: <u>Sujetador brocha</u>			
		RUTA DE TRABAJO								Material:	Maquina:	Medidas de partida	Cantidad
Ítem	Esquema posición pieza	Descripción operación	Condiciones de corte							Herramientas de corte	Accesorios	Instrumentos de medición	Tiempo min
			D (mm)	L (mm)	Vc m/min	N (RPM)	Prof. Corte mm	Avan. In/rev	N° de pasadas				
1		Refrentado	28,575	405	37,70	420	1,25	0,10	2	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	1,5
2		Perforacion con broca de centro	26,8	402,5	35,36	420	7	0,10	1	Broca para centros	Porta brocas con llave	Calibrador pie de rey	0,5
3		Refrentado	26,8	402,5	35,36	420	1,25	0,10	2	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	1,5
4		Perforacion con broca de centro	26,8	400	35,36	420	7	0,10	1	Broca para centros	Porta brocas con llave	Calibrador pie de rey	0,5
5		Cilindrado	26,8	355	35,36	420	0,5	0,10	2	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	4
6		Roscado externo	25,8	400	34,04	420	0,75	0,10	4	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey / Calibrador para roscas	5
7		Roscado interno	25,8	400	34,04	420	0,75	0,10	4	Barra porta-buril	Platinas de nivelacion	Calibrador pie de rey / Calibrador para roscas	5

Aceros designación AISI/SAE	Dureza Brinell	Material de la herramienta									
		Acero rápido	Carburo tungsteno		Carburo tungsteno recubierto		Cerámica metálica recubierta		Cerment		
			Velocidad de corte	Va= avance (0.0254mm Rev.)				Vc= velocidad de corte (m/min.)			
1010, 1016, 1020, 1024, 1026	100-125	37	Va	0,42	0,23	0,42	0,23	0,42	0,23	0,178	0,762
			Vc	120	160	140	180	547	817	454	553
1030, 1035, 1040, 1045	225-275	24	Va	0,432	0,203	0,432	0,203	0,711	0,33	-	-
			Vc	80	120	230	293	357	500	-	-
4140, 4150	250-300	20	Va	0,431	0,203	0,431	0,203	0,254	0,127	0,177	0,076
			Vc	60	80	192	259	375	460	218	279
4340, 8620	225-275	21	Va	0,431	0,203	0,431	0,203	0,177	0,076	0,177	0,076
			Vc	45	70	192	259	302	369	218	279

Fuente Machinery's Hand Book 29 edición de 1994 - Traducción Ing. Oswaldo Morales López.

*Para la aplicación de esta tabla se debe hacer utilizando abundante fluido de corte sobre la herramienta y la pieza.


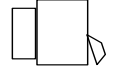
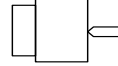
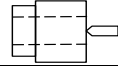
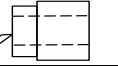
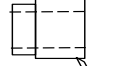
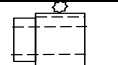
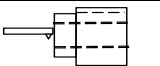
Tabla 8. Ruta de trabajo sujetador brocha

 Universidad Tecnológica de Pereira Facultad de Tecnologías Escuela de Tecnología Mecánica		Hoja: <u>1</u> de _____								Nombre pieza: <u>Buje-copa</u>			
		RUTA DE TRABAJO								Material:	Maquina:	Medidas de partida	Cantidad
Ítem	Esquema posición pieza	Descripción operación	Condiciones de corte							Herramientas de corte	Accesorios	Instrumentos de medición	Tiempo min
			D (mm)	L (mm)	Vc m/min	N (RPM)	Prof. Corte mm	Avan. In/rev	N° de pasadas				
1		Refrentado	76,2	200	83,79	350	1	0,10	7	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	5
2		Perforacion con broca de centro	76,2	193	83,79	350	7	0,10	1	Broca para centros	Porta brocas con llave	Calibrador pie de rey	0,5
3		Perforado	76,2	193	83,79	350	193	0,10	1	Brocas	Porta brocas con llave	Calibrador pie de rey	10
4		Refrentado	76,2	193	83,79	350	1	0,10	7	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	5
5		Cilindrado	76,2	80	83,79	350	1,5	0,10	16	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	15
6		Cilindrado	76,2	40	83,79	350	1,5	0,10	4	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	15
7		Ranurado	76,2	5	83,79	350	1,5	0,10	6	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	10
8		Roscado exterior	70	40	76,97	350	0,75	0,10	4	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey / Calibrador para roscas	10

Aceros designación AISI/SAE	Dureza Brinell	Material de la herramienta											
		Acero rápido	Carburo tungsteno				Carburo tungsteno recubierto		Cerámica metálica recubierta		Cerment		
			Velocidad de corte	Va= avance (0.0254mm Rev.)						Vc= velocidad de corte (m/min.)			
				min.	Max	min.	Max	min.	Max	min.	Max	min.	Max
1010, 1016, 1020, 1024, 1026	100-125	37	Va	0,42	0,23	0,42	0,23	0,42	0,23	0,178	0,762		
			Vc	120	160	140	180	547	817	454	553		
1030, 1035, 1040, 1045	225-275	24	Va	0,432	0,203	0,432	0,203	0,711	0,33	-	-		
			Vc	80	120	230	293	357	500	-	-		
4140, 4150	250-300	20	Va	0,431	0,203	0,431	0,203	0,254	0,127	0,177	0,076		
			Vc	60	80	192	259	375	460	218	279		
4340, 8620	225-275	21	Va	0,431	0,203	0,431	0,203	0,177	0,076	0,177	0,076		
			Vc	45	70	192	259	302	369	218	279		

Fuente Machinery's Hand Book 29 edición de 1994 - Traducción Ing. Oswaldo Morales López.
*Para la aplicación de esta tabla se debe hacer utilizando abundante fluido de corte sobre la herramienta y la pieza.


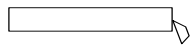
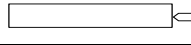
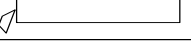
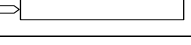
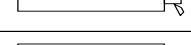
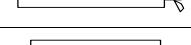
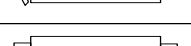
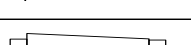
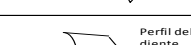
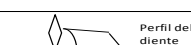
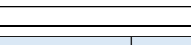

Tabla 9. Ruta de trabajo buje-copa

 Universidad Tecnológica de Pereira Facultad de Tecnologías Escuela de Tecnología Mecánica		Hoja: <u>1</u> de <u> </u>								Nombre pieza: <u>Tuerca buje-copa</u>			
		RUTA DE TRABAJO								Material:	Maquina:	Medidas de partida	Cantidad
Ítem	Esquema posición pieza	Descripción operación	Condiciones de corte							AISI 1045	Torno paralelo Fresadora vertical	Ø127 x 42	1
			D (mm)	L (mm)	Vc m/min	N (RPM)	Prof. Corte mm	Avan. In/rev	N° de pasadas	Herramientas de corte	Accesorios	Instrumentos de medición	Tiempo min
1		Refrentado	127	42	167,57	420	0,5	0,0091	2	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	1,5
2		Perforacion con broca de centro	127	41	167,57	420	7	0,0091	1	Broca para centros	Porta brocas con llave	Calibrador pie de rey	0,5
3		Perforado	127	41	167,57	420	41	0,0091	4	Juego de brocas	Porta brocas con llave	Calibrador pie de rey	10
4		Refrentado	127	40	167,57	420	0,5	0,0091	2	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	1,5
5		Cilindrado	125	40	164,93	420	1	0,0091	2	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	5
6		Ranurado	125	40	164,93	420	1	0,0091	7	Fresa para planear	X	Calibrador pie de rey	30
7		Rosacado interno	125	40	164,93	420	0,75	0,0091	4	Barra porta-buril	Platinas de nivelacion	Calibrador pie de rey / Calibrador para roscas	5

Aceros designación AISI/SAE	Dureza Brinell	Material de la herramienta									
		Acero rápido	Carburo tungsteno		Carburo tungsteno recubierto		Cerámica metálica recubierto		Cerment		
			Velocidad de corte	Va= avance (0.0254mm Rev.)				Vc= velocidad de corte (m/min.)			
				min.	Max	min.	Max	min.	Max	min.	Max
1010, 1016, 1020, 1024, 1026	100-125	37	Va	0,42	0,23	0,42	0,23	0,42	0,23	0,178	0,762
			Vc	120	160	140	180	547	817	454	553
1030,1035, 1040, 1045	225-275	24	Va	0,432	0,203	0,432	0,203	0,711	0,33	-	-
			Vc	80	120	230	293	357	500	-	-
4140, 4150	250-300	20	Va	0,431	0,203	0,431	0,203	0,254	0,127	0,177	0,076
			Vc	60	80	192	259	375	460	218	279
4340, 8620	225-275	21	Va	0,431	0,203	0,431	0,203	0,177	0,076	0,177	0,076
			Vc	45	70	192	259	302	369	218	279

Fuente Machinery's Hand Book 29 edición de 1994 - Traducción Ing. Oswaldo Morales López.
*Para la aplicación de esta tabla se debe hacer utilizando abundante fluido de corte sobre la herramienta y la pieza.

Tabla 10. Ruta de trabajo tuerca buje-copa

 Universidad Tecnológica de Pereira Facultad de Tecnologías Escuela de Tecnología Mecánica		Hoja: <u>1</u> de <u> </u>								Nombre pieza: <u>brocha</u>			
		RUTA DE TRABAJO								Material:	Maquina:	Medidas de partida	Cantidad
Ítem	Esquema posición pieza	Descripción operación	Condiciones de corte							Herramientas de corte	Accesorios	Instrumentos de medición	Tiempo min
			D (mm)	L (mm)	Vc m/min	N (RPM)	Prof. Corte mm	Avan. In/rev	N° de pasadas				
1		Refrentado	31,75	340	41,89	420	0,5	0,0091	7	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	3
2		Perforacion con broca de centro	31,75	336,5	41,89	420	7	0,0091	1	Broca para centros	Pota brocas con llave	Calibrador pie de rey	0,5
3		Refrentado	31,75	336,5	41,89	420	0,5	0,0091	7	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	3
4		Perforacion con broca de centro	31,75	333	41,89	420	7	0,0091	1	Broca para centros	Porta brocas con llave	Calibrador pie de rey	0,5
5		Cilindrado	30	333	39,58	420	0,5	0,0091	3	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	20
6		Roscado externo	30	333	39,68	421	0,5	0,0091	3	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey / Calibrador para roscas	15
7		Cilindrado	30	333	39,58	420	0,5	0,0091	3	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	20
8		Roscado externo	30	334	39,68	421	0,5	0,0091	3	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey / Calibrador para roscas	15
9		Cilindrado conico	30	333	39,58	420	0,5	0,0091	3	Barra porta-buril	Platinas de nivelacion	Calibrador pie de rey	60
10	 Perfil del diente	Ranurado de forma	30	333	39,58	420	0,5	0,0091	3	Buril	Porta buril	Calibrador pie de rey	120
11	 Perfil del diente	Afilado	30	333	0,00	0,01	2,75	0,0091	1	Piedra para afilar		Calibrador pie de rey	120

Aceros designación AISI/SAE	Dureza Brinell	Material de la herramienta																		
		Acero rápido	Carburo tungsteno				Carburo tungsteno recubierto		Cerámica metálica recubierta		Cermert									
			Velocidad de corte	V _a = avance (0.0254mm Rev.)						V _c = velocidad de corte (m/min.)										
				min.	Max	min.	Max	min.	Max	min.	Max	min.	Max							
1010, 1016, 1020, 1024, 1026	100-125	37	Va	0,42	0,23	0,42	0,23	0,42	0,23	0,178	0,762	Vc	120	160	140	180	547	817	454	553
1030, 1035, 1040, 1045	225-275	24	Va	0,432	0,203	0,432	0,203	0,711	0,33	-	-	Vc	80	120	230	293	357	500	-	-
4140, 4150	250-300	20	Va	0,431	0,203	0,431	0,203	0,254	0,127	0,177	0,076	Vc	60	80	192	259	375	460	218	279
4340, 8620	225-275	21	Va	0,431	0,203	0,431	0,203	0,177	0,076	0,177	0,076	Vc	45	70	192	259	302	369	218	279

Fuente Machinery's Hand Book 29 edición de 1994 - Traducción Ing. Oswaldo Morales López.
*Para la aplicación de esta tabla se debe hacer utilizando abundante fluido de corte sobre la herramienta y la pieza.

Tabla 11. Ruta de trabajo brocha

3.1 MECANIZACIÓN DE LA BROCHA.

El mecanizado fue ejecutado entre mayo y septiembre del año 2014, por operarios del SENA - Dosquebradas, lo anterior dado que en la UTP, no cuenta con los equipos de CNC.

El proceso de mecanizado de la brocha fue realizado mediante máquinas CNC por operarios del SENA, los cuales entregaron la brocha totalmente mecanizada y en condiciones adecuadas bajo las especificaciones de los planos entregados.

Inicialmente, se entrega a los operarios del SENA por parte de los autores del proyecto, los diseños y planos de la Brocha, junto con la materia prima (acero DF2 cilíndrico de 30 mm de diámetro por 340 mm de longitud).

- Los operarios realizan la mecanización con el sistema CNC, ejecutando en primer lugar el refrentado y centrado por ambas caras del material hasta obtener una longitud de 333mm.
- Se cilindró el material entre centros a lo largo de toda la pieza hasta obtener un diámetro de 30mm.
- Se cilindró el material en ambos extremos, obteniendo un diámetro en estos de 18 mm y 25mm de longitud
- Se continúa mecanizando con el fin de generar un cono a lo largo de la sección media del material, obteniendo un diámetro menor del cono de 27 mm y un diámetro mayor del cono de 30 mm, con un ángulo de inclinación de 0.33°
- Se mecanizan los perfiles de los dientes a lo largo del cono, obteniendo tres secciones de dientes con diferentes pasos. El primer tipo de dientes se encuentra a partir del diámetro menor del cono hasta una longitud de 187mm y un paso de 11mm, el segundo se encuentra a continuación del primero con una longitud de 36 mm y un paso de 9mm, y el tercero a continuación del segundo hasta el diámetro mayor del cono con una longitud de 35mm y un paso de 7mm.

- Se realiza un roscado exterior de 10 X 2 UN, en los extremos de la pieza.
- Se realizó un frezado vertical a lo largo del cono, este proceso se repite girando la pieza a 60° con respecto a su eje y así sucesivamente hasta completar 360, obteniendo como resultado 6 ranuras y el ancho de los dientes de la brocha.

3.2 TRATAMIENTO TÉRMICO DE LA BROCHA

El tratamiento térmico realizado a la brocha fue de temple en atmósfera controlada, el cual permite prolongar la vida útil de la herramienta y soportar las cargas ejercidas durante el proceso de corte.

Este tratamiento se realizó con el horno para tratamientos térmicos ubicado en las instalaciones del laboratorio de metalografía de la facultad de ingeniería mecánica de la universidad tecnológica de Pereira bajo la supervisión del centro de estudios y consultoría en ensayos no destructivos y resistencia de materiales CECEND de la universidad tecnológica de Pereira.

El tratamiento térmico adecuado como el valor de dureza esperado se establecieron a partir del tipo de aplicación del material obtenido de su ficha técnica, de tal forma que cubriera la necesidad del proceso de brochado a implementar en el programa de procesos de manufactura ofrecido en el programa de tecnología mecánica de la universidad tecnológica de Pereira. La tabla 12 muestra las aplicaciones más relevantes en las cuales se puede implementar este tipo de acero, en la cual en base a esta se escogió el intervalo de dureza para la brocha.

Herramientas para	Espesor del material	HRC
Corte Cizallado, punzonado, troquelado, desbarbado, tronzado	hasta 3 mm	60-62
	3- 6 mm	56-60
	6-10 mm	54-56
Cizallas cortas para trabajar en frío		54-60
Herramientas de tronzado y desbarbado para piezas de forja	caliente	58-60
	frío	56-58
Conformado Doblar, acuñar, embutición profunda, repujado y conformado por estirado		56-62
Troqueles de acuñar en frío pequeños		56-60
Puntos de torno Manguitos guía, expulsores, brocas y machos de roscar de tamaño pequeño y mediano Levas, boquillas, pistones y ruedas dentadas pequeñas		58-62

Tabla 12. Algunas aplicaciones con su nivel de dureza para el acero DF2

En la anterior tabla se resalta la aplicación junto al valor de dureza medido en escala HRC para el cual se le realizó el temple a la brocha. Para este caso se empleó el aceite URSA[®] W50 para la realización del temple, donde se emplearon 2 cuartos de aceite de tal forma que se garantizara la inmersión completa de la brocha, de igual forma se dispuso de una bandeja metálica con espacio suficiente para la brocha y el aceite.

Después de haberse sometido la brocha a un proceso de mecanizado donde se obtuvo la geometría de corte, fue necesario realizar un proceso de eliminación de tensiones (estabilizado) para proteger la brocha de fracturas durante el tratamiento térmico. Estas tensiones se presentan por el desprendimiento de viruta a la cual fue sometida la herramienta ya que los procesos mecánicos generan calor en la superficie del material donde se puede presentar pequeños tratamientos térmicos traduciéndose en grietas o dislocaciones en el material llegando a ser críticas en el proceso de templado del material.

Luego de realizado el temple, es necesario someter a la brocha a un proceso de revenido donde se liberaron las tensiones producto del temple. La tabla 13 muestra la temperatura requerida para el proceso de revenido en función de la dureza deseada.

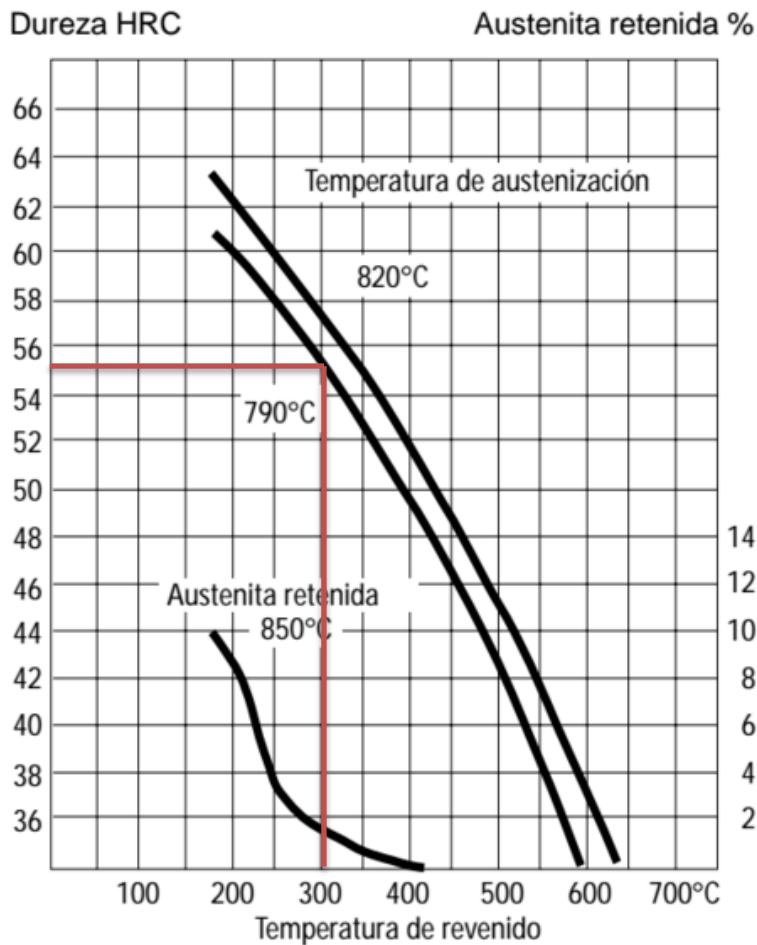


Tabla 13. Temperatura requerida para el revenido en función de la dureza HRC

De acuerdo a la tabla 6 donde se muestra el intervalo de dureza HRC seleccionado para la brocha y en conjunto a la gráfica anterior se obtiene que para un valor de dureza de 55 HRC se requiera una temperatura alrededor de los 305°C.

La figura 9 muestra el proceso térmico que se realizó a la brocha incluyendo el alivio de tensiones y el revenido con los tiempos empleados durante cada proceso (los tiempos empleados fueron tomados de la ficha técnica del material, mientras que el aceite utilizado fue sugerido por el CECEND).

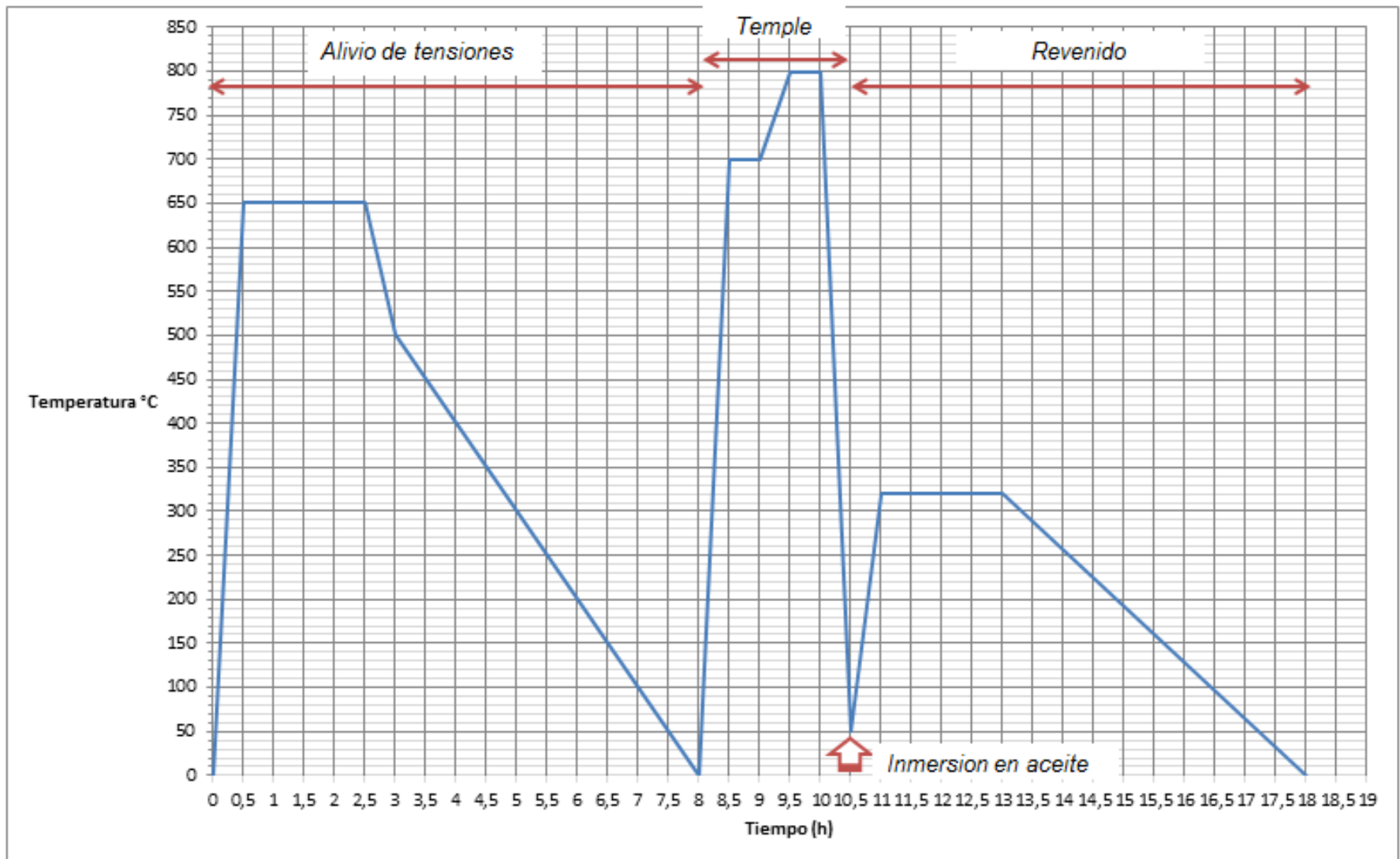


Figura 10. Proceso de tratamiento térmico en función de la temperatura y tiempo.

Se puede observar en la figura 11.A, el momento en que la brocha junto con los ganchos y la posición en la que fue ingresada al horno, con la finalidad de evitar deformaciones en su forma durante el calentamiento por su propio peso; en tanto la figura 11.B, muestra el recipiente utilizado para dicho tratamiento junto al momento de la inmersión en aceite. El recipiente usado se pensó para garantizar que la brocha cupiera en su totalidad y garantizara una homogenización del proceso de temple.

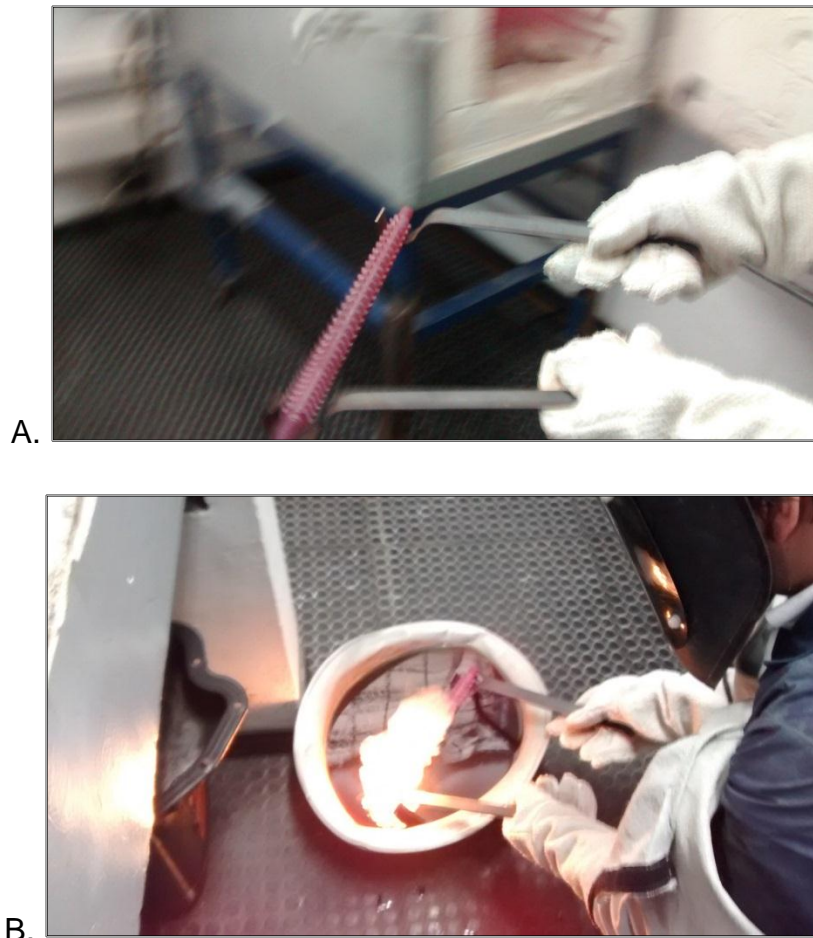


Figura 11. A. Momento en que la brocha es retirada del horno. **B.** Momento de inmersión en aceite.

Una vez realizado el tratamiento térmico, se procede a verificar la dureza HRC. La comprobación del valor de dureza obtenido se realizó en las instalaciones del laboratorio de resistencia de materiales de la universidad tecnológica de Pereira bajo la supervisión del centro de estudios y consultoría en ensayos no destructivos y resistencia de materiales CECEND de la universidad tecnológica de Pereira.

Se realizaron 5 mediciones para la dureza tal como se muestra en la figura 11, arrojando una media para la misma de 55.06 HRC como se indica en la tabla 14.



Figura 12. Verificación de la dureza después del tratamiento térmico.

Medición	Valor HRC
1	55,4
2	54
3	54,6
4	56
5	55,3
Media	55,06

Tabla 14. Valores obtenidos durante las pruebas de verificación de la dureza

3.4 AFILADO DE LA BROCHA

El proceso de afilado de la brocha fue realizado en la afiladora universal del taller de máquinas y herramientas de la UTP. Para este proceso se utilizó una piedra abrasiva de copa-plato de óxido de aluminio blanco de grano fino con especificaciones 150x20x31.7 (diámetro x espesor x centro) de grano 60.

1. Se afiló la cara del ángulo de incidencia la cual le da el filo a la brocha. Este proceso se realizó con la brocha en rotación permitiendo afilar 6 dientes a la vez, como se observa en la figura 13.

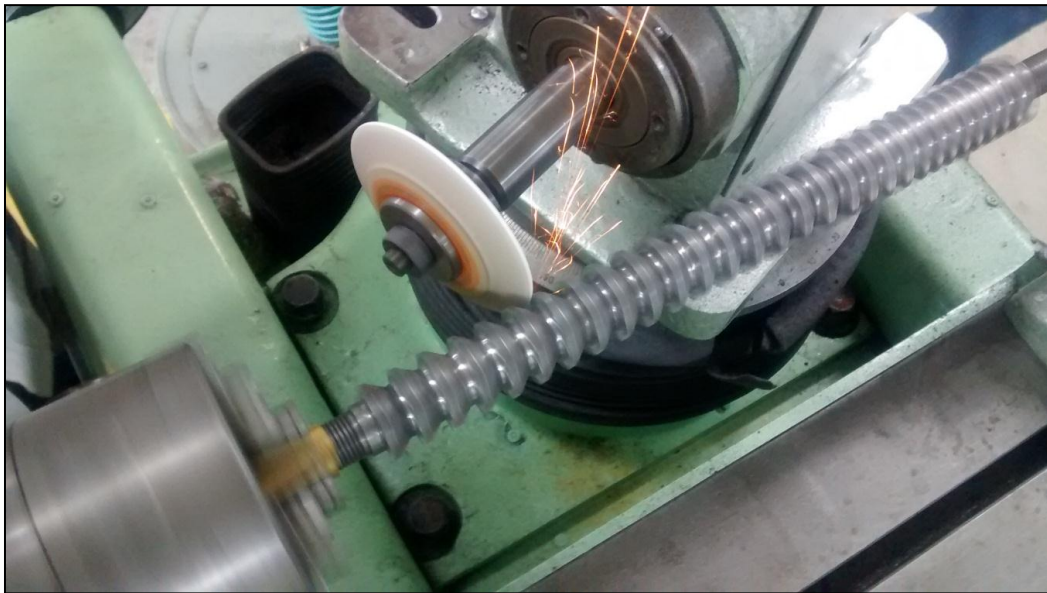


Figura 13. Afilado del ángulo de incidencia del diente.

2. Se afilaron los laterales de los dientes a lo largo de la brocha obteniendo el ancho y acabado final de los dientes tal como se muestra en la figura 14.

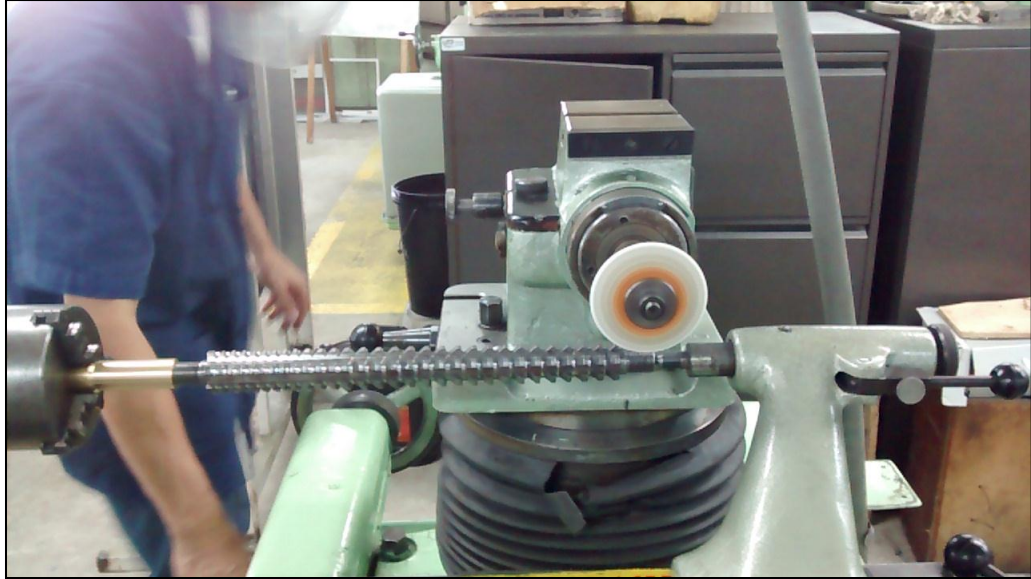


Figura 14. Afilado lateral del diente.

3. Se afila la periferia de los dientes dándole el acabado y diámetro final a cada sucesión de dientes, empezando desde la hilera con menor diámetro hasta la última hilera de mayor diámetro. Este proceso se realizó con la brocha en rotación permitiendo afilar 6 dientes a la vez, como se muestra en la figura 15.



Figura 15. Afilado de la periferia del diente.

4. PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN

La elaboración del presupuesto de fabricación se realizó teniendo en cuenta tres factores importantes para el cálculo, como lo es el material directo, mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación. El costo para una unidad de brocha y una unidad de sistema de sujeción se realizó independiente como se observa en la tabla 15 que contiene el resumen de los costos de fabricación.

Costos de fabricacion brocha		Costos de fabricacion sistema de sujecion	
Material directo		Material directo	
Acero AISI O1	\$ 85.000	Acero AISI O1	\$ 70.000
Aceite URSA® W50	\$ 35.000	Total material directo	\$ 70.000
Total material directo	\$ 120.000		
MOD		MOD	
H.H	10	H.H	16
H.M	10	H.M	16
Salario base	\$ 900.000	Salario base	\$ 900.000
Costo H.H	\$ 5.114	Costo H.H	\$ 5.114
Costo H.M	\$ 15.000	Costo H.M	\$ 7.000
Total MOD	\$ 201.136	Total MOD	\$ 193.818
CIF		CIF	
Transporte	\$ 10.000	Transporte	\$ 10.000
Tratamiento termico	\$ 75.000	Total CIF	\$ 10.000
Afilado	\$ 150.000		
Total CIF	\$ 235.000		
Costo producto manufacturado	\$ 556.136	Costo producto manufacturado	\$ 273.818
Conversión			
MOD	Mano de obra directa		
CIF	Costos indirectos de fabricación		
H.H	Hora hombre		
H.M	Hora maquina		

Tabla 15. Resumen de los costos de fabricación.

5. CONCLUSIONES.

- Se evaluaron las capacidades y limitaciones de la máquina brochadora.
- Se realizó la Selección de forma, sección y material a brochar.
- Se Diseñó una herramienta de corte para agujeros estriados, para una brochadora “JARBE 1200.”
- Se diseñó el orden operacional de fabricación, incluyendo el temple, el rectificado y la verificación dimensional.
- Se fabricó la herramienta de corte para agujeros estriados por medio de maquinaria CNC, para obtener una pieza lo más cercano al valor teórico estipulado en el diseño.
- Se aplicaron los tratamientos térmicos a la herramienta para que adquiriera las propiedades mecánicas necesarias.
- Se realizaron pruebas reales de brochado para la comprobación de la eficiencia de la herramienta y la capacidad del equipo.
- Se cumplió con el objetivo principal del proyecto al diseñar y llevar a cabo el desarrollo tecnológico y construcción de una herramienta de corte para brochadora horizontal de la Universidad Tecnológica de Pereira

6. RECOMENDACIONES

- Se debe tener en cuenta que existe una gran cantidad de máquinas herramientas especializadas para distintos procesos de conformado, que pueden ser sustituidas por otras solo agregando algunos aditamentos. De manera que se recomienda hacer uso de la investigación exhaustiva, seria y consecuente para crear nuevas herramientas que puedan facilitar diferentes procesos.
- Es indispensable hacer uso de la creatividad e innovación para suplir diferentes necesidades en este campo, pues algunas máquinas son modificaciones de otras, en las cuales se aplica el mismo principio de operación. Por lo tanto se hace énfasis en el uso de la creatividad e innovación por medio de artículos o la búsqueda de información dentro y fuera de las instalaciones para reunir ideas concretas, ya que es lo más difícil a la hora de embarcarse en un proyecto.
- Otro campo de estudio podría ser la estandarización de los diferentes nombres que se le asignan a una sola herramienta en diferentes partes, esto se advierte debido que una gran cantidad de máquinas se conocen en algunas partes con nombres distintos. Así que una idea podría ser un diccionario de maquinaria en donde se reúnan o estandaricen los diferentes nombres esto puede ser a nivel nacional e internacional. Teniendo en cuenta que la elaboración de éste llevaría un amplio estudio pero sería de mucha utilidad.
- La cantidad de herramientas para las máquinas, que existe en el mercado es casi ilimitada y se pueden ajustar a las necesidades de cada producción, por lo cual, todo depende del ingenio de cada operador.

6. BIBLIOGRAFIA

- R. L. Timings; Tecnología de la Fabricación I, Ed. Alfaomega
- Richard R. Kibbe; Manual de Maquinas Herramientas, Ed. Limusa
- Juan Alfredo Escobar Tobías; Manual de Torno Mecánico y de la Limadora, Sonsonete
- Tomas G. Gregor; Procesos Básicos de Manufactura, Ed, Mc. Graw-Hill
- Myron L. Begeman; Procesos de Fabricación. Ed. Limusa
- Herman W. Pollack; Maquinas Herramientas y Manejo de Materiales, Ed. Prentice/may Internacional
- Oberg-Jones; Manual universal de la técnica mecánica, Ed. Labor
- Montilla M., Carlos Alberto. Notas de clase curso de Procesos de manufactura. Universidad Tecnológica de Pereira. 2013.

7. ANEXOS