



OPERACIONES DE MECANIZADOS BÁSICAS POR ARRANQUE DE VIRUTA MANDRINADORA

Trabajo Fin de Grado

Grado en Tecnologías Marinas

Junio de 2022

Autor:

Joaquín Alberto González Martín

Tutores:

Prof. Dr. D. Federico Padrón Martín

Prof. Dr. D. Santiago J. Rodríguez Sánchez

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería

Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval

Universidad de La Laguna

“Operaciones de mecanizados básicas por arranque de viruta. Mandrinadora”

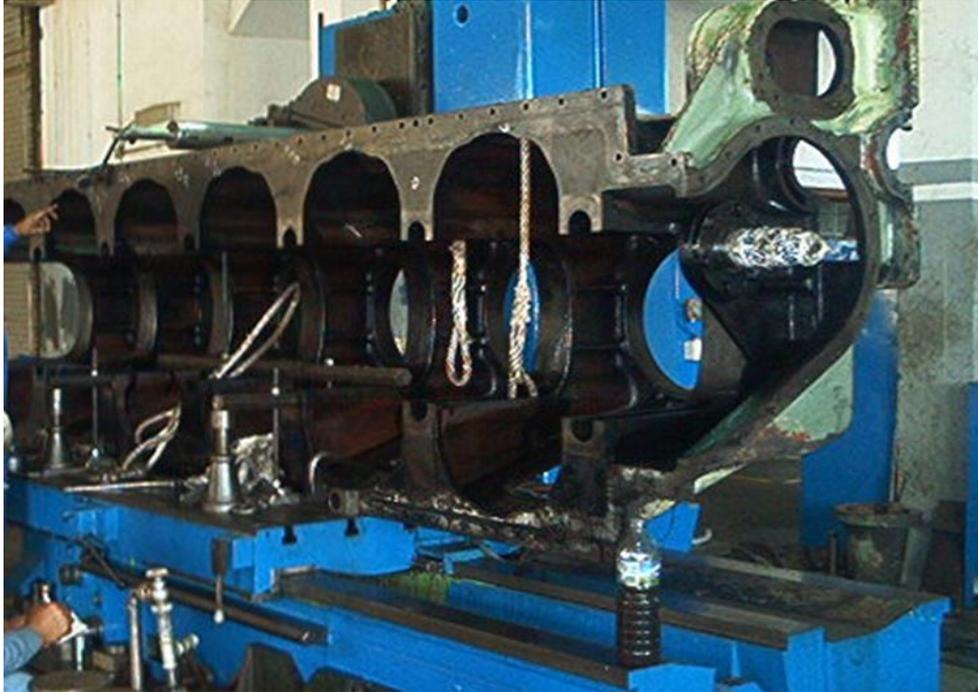


Ilustración: Operarios trabajando en la mandrinadora. **Fuente:** Foto cedida por el director

Directores:

Dr. D. Federico Padrón Martín

Dr. D. Santiago J. Rodríguez Sánchez

Nombre: Joaquín Alberto González Martín

Grado: Tecnologías Marinas

Año 2022

Dr. Don Federico Padrón Martín, Profesor contratado Doctor tipo I asociado del área de Ingeniería de los procesos de Fabricación, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna certifica que:

Don Joaquín Alberto González Martín, ha realizado el trabajo fin de grado bajo mi dirección con el título:

*“Operaciones de mecanizados básicas por arranque de viruta.
Mandrinadora”*

Revisado dicho trabajo, estimo que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 05 de junio de 2022

Fdo. Federico Padrón Martín

Director del Trabajo de Fin de Grado

Dr. Don Santiago J. Rodríguez Sánchez, Profesor asociado del área de Ingeniería de los procesos de Fabricación, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna certifica que:

Don Joaquín Alberto González Martín, ha realizado el trabajo fin de grado bajo mi dirección con el título:

*“Operaciones de mecanizados básicas por arranque de viruta.
Mandrinadora”*

Revisado dicho trabajo, estimo que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 05 de junio de 2022

Fdo. Santiago J. Rodríguez Sánchez

Director del Trabajo de Fin de Grado

AGRADECIMIENTOS

Este TFG se lo quiero dedicar a Verónica Herrera Suárez, mi mujer y compañera de todas las grandes aventuras de mi vida, sin ella todo este esfuerzo no podría haberse hecho realidad, porque fue ella quien me dio el empujón para comenzar a estudiar esta bonita profesión justo en el momento de mi vida que iba a dejar de estudiar, gracias por creer y apoyarme en cada instante de nuestra vida.

También quiero agradecer a todas esas personas que han pasado por esta etapa compañeros, profesionales que han hecho el esfuerzo de dar su granito de arena para hacerme crecer como persona y profesionalmente.

Por último, por su puesto agradecer a mis tutores por su esfuerzo para conseguir cumplir esta etapa final.

RESUMEN:

Después de realizar el curso de Tecnología Mecánica y Procesos de fabricación, nació mi interés por las operaciones de arranque de viruta en el proceso de Mandrinado. La Mandrinadora es una máquina herramienta que, desde mi punto de vista, aunque parezca una máquina sencilla en operaciones de mecanizado, proporciona un servicio técnico que sólo podemos realizar con ella, de ahí nuestro interés por profundizar en el funcionamiento y utilidad de la máquina. Con el desarrollo de este trabajo de fin de grado (TFG), esperamos que el lector aprecie las bondades esta máquina herramienta, así como un conocimiento más práctico de la misma y la coloque en el lugar que se merece ya que cuando pensamos en un taller de mecanizado a nivel industrial. En el sector marítimo inicialmente pensamos en tornos, fresadoras, taladradoras, pero no en una máquina tan específica.

Palabras clave: Mandrinadora, herramienta, mecanizado, arranque de viruta, mandrinado.

ABSTRACT:

After taking the Mechanical Technology and Manufacturing Processes course, my interest in chip removal operations in the Boring process was born. The Boring Machine is a machine tool that, from my point of view, although it seems like a simple machine in machining operations, provides a technical service that we can only perform with it, hence our interest in delving into the operation and utility of the boring machine. With the development of this TFG, we hope that the reader will appreciate the benefits of this machine tool, as well as a more practical knowledge of it and place it in the place it deserves since when we think of a machining workshop at an industrial level in the In the maritime sector, we initially thought of lathes, milling machines, drilling machines, but not of such a specific machine.

Keywords: Boring machine, tool, machining, chip removal, boring.

ÍNDICE

RESUMEN:	11
ABSTRACT:.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. OBJETIVOS	7
III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES	11
3.1. ¿Qué es una mandrinadora?	11
3.2. Mandrinado o mandrilado	11
3.3. Evolución histórica de la Mandrinadora.	11
3.4. Partes de la Mandrinadora (Ilustración 7).	14
3.5. Movimientos de trabajos básicos de la mandrinadora.....	17
3.6. Sujeción de la pieza a mecanizar, explicación.....	18
3.7. Tipos de Mandrinadora:.....	18
3.7.1. Mandrinadora de columna fija, explicación.....	19
3.7.2. Mandrinadora de columna móvil, explicación.....	19
3.8. Clasificación de las herramientas de corte en la Mandrinadora.....	20
3.9. Condiciones de trabajo y parámetros básicos de una Mandrinadora.	24
3.10. Mecanizados posibles y típicos de una Mandrinadora.....	25
IV. METODOLOGÍA	29
4.1 Documentación bibliográfica.	29
4.2 Metodología del trabajo de campo.....	29
4.3 Marco Referencial	29
V. RESULTADOS	33
5.1. Descripción de la empresa marco referencial de este TFG.....	33
5.2. Descripción de la mandrinadora existente. Características técnicas.....	39
5.2.1. Mandos de la mandrinadora	43
5.2.2. Formas de sujeción de la pieza a mecanizar.	47
5.3.1. Operación A.....	52
5.3.2. Operación B.....	57
5.4. Interpretación de la información asociada al libro Casillas. Cálculo de taller. (explicación del uso del libro). (página 380, 381, 382).....	62
VII. BIBLIOGRAFIA/WEBGRAFIA	73

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Barrenado de cañones a mano. Fuente: [7].....	11
Ilustración 2: Mandrinadora de cañón. Fuente: [8].....	12
Ilustración 3: Mandrinadora John Wilkinson. Fuente: [11].....	12
Ilustración 4: Mandrinadora años 50. Fuente: [14].....	13
Ilustración 5: Mandrinadora - Fresadora modelo anterior al actual. Fuente: [16]	14
Ilustración 6: Mandrinadora hidrostática de columna móvil actual. Fuente: [17].....	14
Ilustración 7: Partes mandrinadora. Fuente: [13]	15
Ilustración 8: Esquema mecanismo de transmisión del cabezal. Fuente: [4]	16
Ilustración 9: Mandril (A), Cono morse (B). Fuente: [20][21]	16
Ilustración 10: Movimientos de la mandrinadora. Fuente: [1].....	17
Ilustración 11: Movimientos de trabajo de la mandrinadora. Fuente: [1].....	18
Ilustración 12: Cuchilla cilíndrica. Fuente: [26]	20
Ilustración 13: Cuchillas. Fuente: [27]	21
Ilustración 14: Barrena hueca de cuatro labios helicoidales. Fuente: [4]	21
Ilustración 15: Escariador fijo. Fuente: [28].....	21
Ilustración 16: Escariador cilíndrico hueco. Fuente: [29]	22
Ilustración 17: Escariador con cuchillas insertadas. Fuente: [30].....	22
Ilustración 18: Escariador regulable de mano. Fuente: [31]	23
Ilustración 19: Escariador cónico de desbaste (arriba) y escariador cónico de acabado (abajo). Fuente: [32].....	24
Ilustración 20: Broca de centrar. Fuente: [33].....	24
Ilustración 21: Plano Talleres Quintana S.L. Fuente: Trabajo de campo.....	33
Ilustración 22: Multifunción (Cizalla, punzonadora...). Fuente: Trabajo de campo.....	34
Ilustración 23: Sierra de cinta. Fuente: Trabajo de campo.....	34
Ilustración 24: Taladro columna. Fuente: Trabajo de campo.....	35
Ilustración 25: Prensa hidráulica. Fuente: Trabajo de campo.....	35
Ilustración 26: Cizalla hidráulica. Fuente: Trabajo de campo.....	35
Ilustración 27: Plegadora hidráulica. Fuente: Trabajo de campo.	36
Ilustración 28: Curvadora manual e hidráulica de chapa. Fuente: Trabajo de campo..	36
Ilustración 29: Corte por láser. Fuente: Trabajo de campo.	36
Ilustración 30: Fresadora. Fuente: Trabajo de campo.....	37
Ilustración 31: Taladro columna. Fuente: Trabajo de campo.	37
Ilustración 32: Cepillo limadora para realizar chavetero. Fuente: Trabajo de campo. ..	37
Ilustración 33: Roscadora hidráulica. Fuente: Trabajo de campo.	38
Ilustración 34: Torno. Fuente: Trabajo de campo.	38
Ilustración 35: Torno con indicador de posición. Fuente: Trabajo de campo.	38
Ilustración 36: Torno de grandes dimensiones con indicador de posición. Fuente: Trabajo de campo.	39
Ilustración 37: Zona para soldadura. Fuente: Trabajo de campo.....	39
Ilustración 38: Mandrinadora. Fuente: Trabajo de campo.	40
Ilustración 39: Mandrinadora. Fuente: Trabajo de campo.	40
Ilustración 40: Plano alzado mandrinadora. Fuente: Trabajo de campo.....	41
Ilustración 41: Plano planta mandrinadora. Fuente: Trabajo de campo.....	42
Ilustración 42: Detalle mesa trabajo giratoria. Fuente: Trabajo de campo.....	43

Ilustración 43: Interruptor paro de emergencia o seta de emergencia. Fuente: Trabajo de campo.	43
Ilustración 44: Control de mandrinadora. Fuente: Trabajo de campo.....	44
Ilustración 45: Mando de desplazamiento y velocidad. Fuente: Trabajo de campo.....	44
Ilustración 46: Palanca de desplazamiento longitudinal. Fuente: Trabajo de campo. ..	45
Ilustración 47: Palanca bloque eje. Fuente: Trabajo de campo.....	45
Ilustración 48: Palanca Bloqueo. Fuente: Trabajo de campo.....	46
Ilustración 49: Control de avances y revoluciones. Fuente: Trabajo de campo.....	46
Ilustración 50: Tablas de avances y revoluciones. Fuente: Trabajo de campo.....	47
Ilustración 51: Mordaza. Fuente: Trabajo de campo.	47
Ilustración 52: Portacuchillas. Fuente: Trabajo de campo.....	48
Ilustración 53: Detalle del pasador de seguridad del morse. Fuente: Trabajo de campo.	48
Ilustración 54: Portacuchillas montado en el portaherramientas. Fuente: Trabajo de campo.....	49
Ilustración 55: Ranura fijación de la mesa. Fuente: Trabajo de campo.....	49
Ilustración 56: Ejemplo de útil de fijación sobre la mesa. Fuente: Trabajo de campo. .	50
Ilustración 57: útil de fijación. Fuente: Trabajo de campo.....	50
Ilustración 58: Detalle cuchilla en el portacuchilla. Fuente: Trabajo de campo.....	51
Ilustración 59: Escariador de cuchillas insertadas. Fuente: Trabajo de campo.	51
Ilustración 60: Cuchara de excavadora sobre mesa de trabajo. Fuente: Foto cedida al autor.....	52
Ilustración 61: Cuchara de excavadora. Fuente: Foto cedida al autor.	53
Ilustración 62: Detalle sujeción. Fuente: Foto cedida al autor.	54
Ilustración 63: Detalle sujeción a la mesa de trabajo. Fuente: Foto cedida al autor.	54
Ilustración 64: Fijación de la cuchara. Fuente: Cedida al autor.	55
Ilustración 65: Cuchara de excavadora en mandrinadora. Fuente: Foto cedida al autor.	55
Ilustración 66: Cuchilla realizando el arranque de viruta. Fuente: Foto cedida al autor.	56
Ilustración 67: Detalle del arranque de viruta. Fuente: Foto cedida al autor.	56
Ilustración 68: Alojamiento brazo principal grúa con los útiles ya instalados. Fuente: Foto cedida al autor.	57
Ilustración 69: Alojamiento del brazo principal de una grúa comprobando el centrado sobre la mandrinadora. A- Reloj comparador. Fuente: Foto cedida al autor.....	57
Ilustración 70: Sujeción a la mesa de trabajo. Fuente: Foto cedida al autor.	58
Ilustración 71: Detalle apoyo del alojamiento. Fuente: Foto cedida al autor.	59
Ilustración 72: Detalle de viga de sujeción (A). Fuente: Foto cedida al autor.....	59
Ilustración 73: Reloj comparador. Fuente: Foto cedida al autor.	60
Ilustración 74: Alojamiento brazo grúa siendo reparado. Fuente: Foto cedida al autor	60
Ilustración 75: Viruta por el mecanizado. Fuente: Foto cedida al autor.....	61
Ilustración 76: Mecanizado del alojamiento. Fuente: Foto cedida al autor.	61
Ilustración 77: Página 380 máquinas cálculo de taller. Fuente: [34].....	63
Ilustración 78: Página 381 máquinas cálculo de taller. Fuente: [34].....	64
Ilustración 79: Página 382 máquinas cálculo de taller. Fuente: [34].....	65

ABREVIATURAS

TFG – Trabajo de Fin de Grado

M-H – Máquina herramienta

CNC – Computer Numerical Control (Control numérico por ordenador).

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN.

Este TFG comienza bajo la inquietud de adquirir los conocimientos básicos del mecanizado por arranque de viruta en la máquina industrial mandrinadora y más concretamente en el ámbito naval.

En el capítulo de **Objetivos**, nos vamos a proponer desarrollar los objetivos específicos que me han llevado a la realización de este trabajo de fin de grado.

En el capítulo **Revisión y Antecedentes**, hemos realizado un estudio sobre la evolución histórica de la M-H mandrinadora hasta la actualidad. Observando la evolución tecnológica de la misma hasta la actualidad. De tal manera que el lector de este TFG puede tener una visión amplia de la evolución de las operaciones industriales de mandrinado.

En el capítulo **Metodología**, en este cuarto capítulo de este TFG vamos a realizar una descripción de los procedimientos de adquisición y fundamentos actuales del mandrinado. Como marco referencial va a hacer la empresa Talleres Quintana S.L, empresa de reparación naval, ubicada en el archipiélago canario. En la Dársena pesquera del puerto de Santa Cruz de Tenerife.

En el capítulo de **Resultados**, hemos elaborado una estructura que se ha desarrollado de la siguiente manera: Se comienza con un estudio analítico de la máquina mandrinadora real obtenida del marco referencial, en este apartado se describe ubicación de esta en la planta industrial, datos de las medidas, croquis realizado en AutoCAD de la máquina, operaciones de mantenimiento y finalmente incorporaremos una lista de trabajos reales realizados con la máquina. También se incorporan fotos cedidas por el director de este TFG de la citada máquina herramienta propia del autor de su experiencia en los talleres de reparación naval.

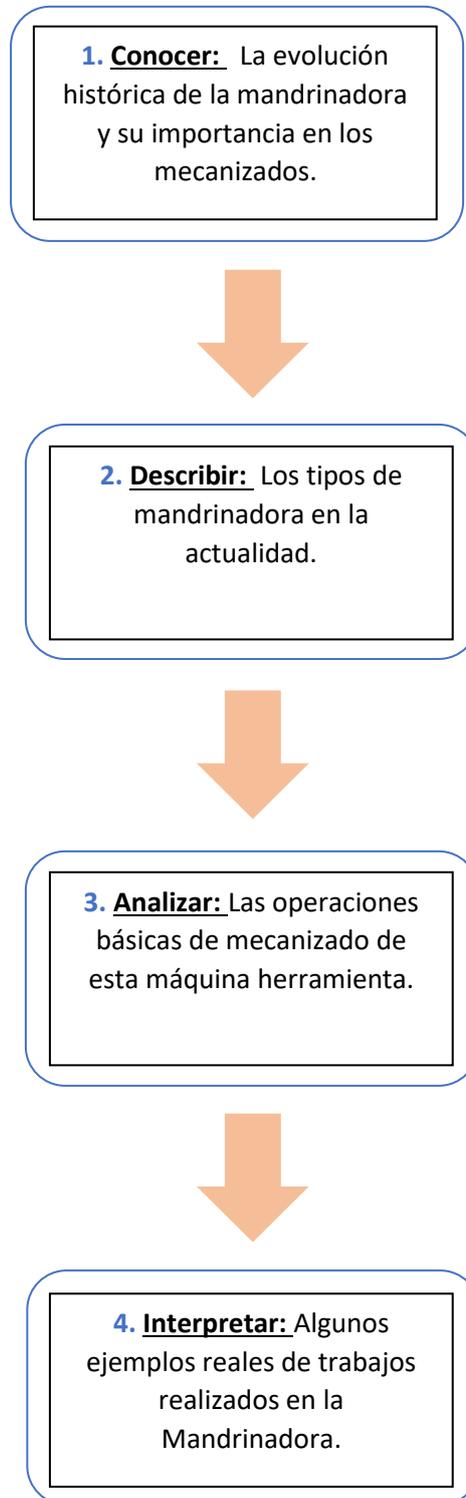
En el capítulo **Conclusiones**, se han indicado las mismas buscando una relación directa con los objetivos que nos hemos planteado en este TFG.

En este último capítulo de este TFG, denominado **Bibliografía**, se han incorporado referencias de libros de Tecnología Mecánica, algún artículo técnico y enlaces Web denominado en la actualidad Webgrafía.

II. OBJETIVOS

II. OBJETIVOS

Los objetivos propuestos en este TFG cuyo título “*Operaciones de mecanizado básica por arranque de viruta. Mandrinadora*”, los cuales mostramos a continuación:



III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

En este tercer capítulo de este TFG denominado Revisión y Antecedentes vamos a mostrar el impacto que ha tenido la mandrinadora en la historia, cómo funciona y de qué partes está formada.

3.1. ¿Qué es una mandrinadora?

La mandrinadora es una M-H muy compleja, muy útil a la hora de realizar mecanizados. El tipo de trabajos que se realizan con ella son el mecanizado de orificios en piezas cúbicas, con ella se obtienen unas tolerancias muy pequeñas y una calidad muy alta de acabado. [1][2][3][4]

3.2. Mandrinado o mandrilado

Para seguir hablando de la mandrinadora, antes vamos a explicar dos conceptos que solemos oír y nos producen cierta confusión. Cuando nos referimos a las operaciones de mecanizado nos surgen ciertas dudas a la hora de diferenciar mandrilado o mandrinado y nos preguntamos cuál es la diferencia, y la realidad es que no existe ninguna, ya que son sinónimos. Por lo tanto, podríamos decirlo de las dos maneras. Y estos conceptos se definen como la operación de mecanizado que se realiza en agujeros para obtener mayor precisión y menor rugosidad. [5] [6]

3.3. Evolución histórica de la Mandrinadora.

El mandrinado se remonta su origen en el barrenado de cañones de bronce fundidos ahuecados en el año 1372 aproximadamente. [7]



Ilustración 1: Barrenado de cañones a mano. Fuente: [7]

En 1774 John Wilkinson patentó una técnica para realizar un mecanizado en pistolas de hierro a partir de una pieza sólida, esta técnica consistía en girar la pieza en lugar de la herramienta de perforación, también es conocida por el nombre de mandrinadora de cañón.

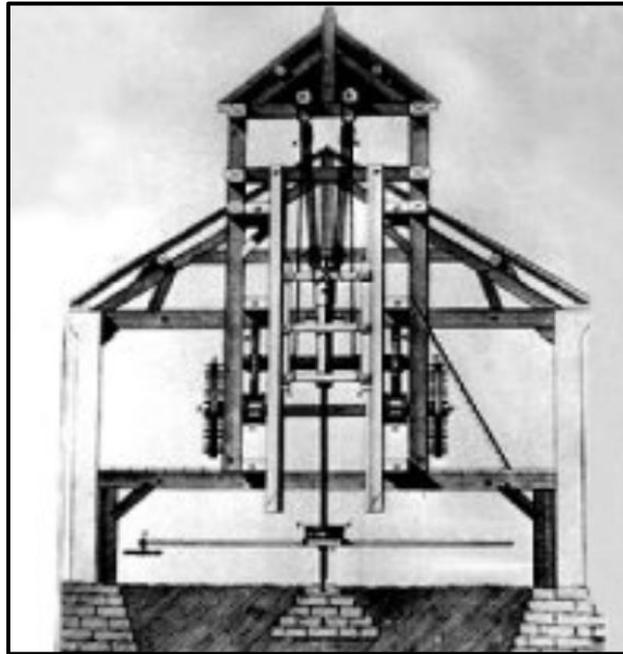


Ilustración 2: *Mandrinadora de cañón.* Fuente: [8]

En 1775 John Wilkinson fabricó una innovadora M-H por encargo de James Watt, una mandrinadora accionada por una rueda hidráulica, la precisión que se obtuvo fue del espesor de una moneda de seis peniques para un diámetro de 72 pulgadas. Con la fabricación de esta M-H fue posible la fabricación de la máquina de vapor de James Watt, es decir, con la mandrinadora de John Wilkinson fue posible la revolución industrial. [9][10][11][12]

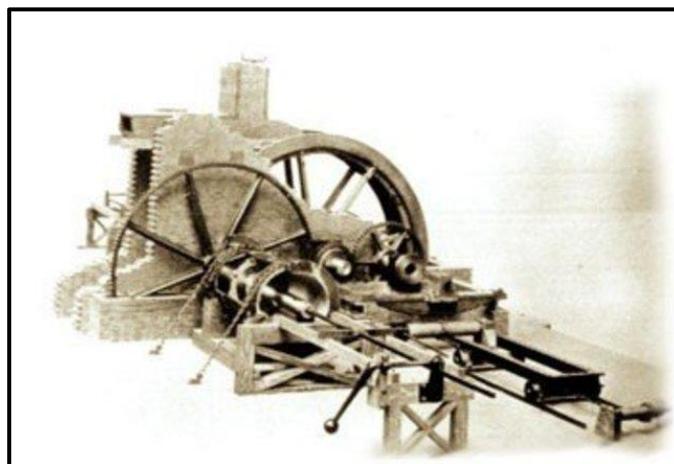


Ilustración 3: *Mandrinadora John Wilkinson.* Fuente: [11]

Esta máquina funcionaba gracias a un sistema hidráulico que movía los grandes engranajes, estos engranajes a su vez movían un eje en el cual tenía una cuchilla para realizar el arranque de viruta del material.[13]

Pasaron los años y la mandrinadora se quedó estancada en la evolución, debido a que toda la industria se volcó más en la evolución del torno y la fresadora, pero al llegar al siglo XX gracias al sistema de generación polifásico de Nicola Tesla, pudo ser posible la disponibilidad de electricidad en el sector industrial. La implantación de electricidad en las fábricas industriales ayudó en la evolución de las M-H. Esta constante evolución en las máquinas, las exigencias de calidad y tolerancia en los acabados de los trabajos fue un gran cambio a la hora de mecanizar los diferentes materiales. Por eso la mandrinadora de John Wilkinson cambió de tal forma, que su aspecto ya no era el mismo a la M-H de la época, lo único que se mantuvo de esa primera mandrinadora fue su principal funcionamiento.[13]



Ilustración 4: Mandrinadora años 50. Fuente: [14]

En 1941 se fundó la empresa JUARISTI, una empresa pionera en innovaciones y avances tecnológicos que fue la encargada de la primera producción de la mandrinadora-fresadora (Ilustración 5) en 1974 en España. También en 1996 fue pionera con la primera mandrinadora hidrostática de columna móvil con RAM (Ilustración 6).

En la actualidad podemos encontrarnos con mandrinadoras de grandes dimensiones, control numérico por computadora (CNC), que tienen una gran precisión. Podemos destacar la nueva mandrinadora hidrostática de la empresa JUARISTI, su estructura está compuesta de hierro fundido nodular gris, con ejes hidrostáticos, estos se encuentran sobre unas grandes

guías. Estas guías están rectificadas, tienen una película continua de aceite para evitar el contacto directo entre la guía y la contraguía, ayudando a que realice movimientos suaves, de esta manera se obtiene una alta precisión. La columna realiza sus movimientos a través de un sistema piñón-cremallera con 2 piñones y 2 motores sincronizados, en el recorrido vertical tiene un husillo de bolas estático con una tuerca giratoria, de esta manera conseguimos que los avances sean rápidos.[15]

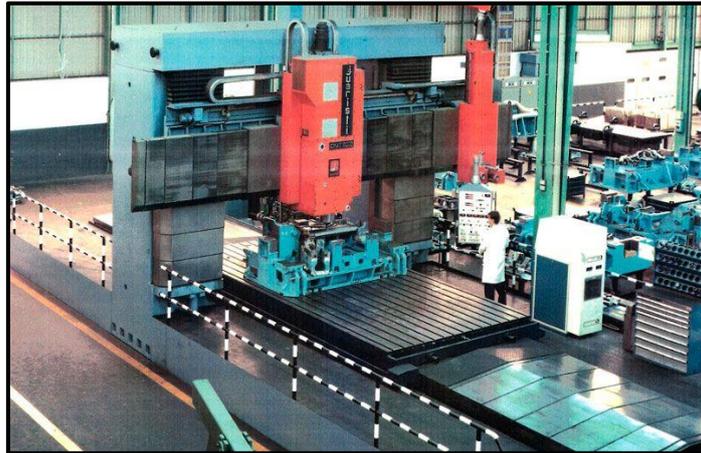


Ilustración 5: *Mandrinadora - Fresadora modelo anterior al actual. Fuente: [16]*

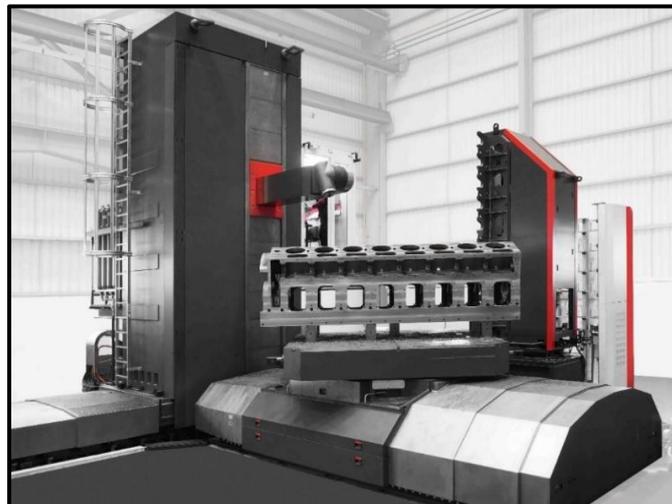


Ilustración 6: *Mandrinadora hidrostática de columna móvil actual. Fuente: [17]*

3.4. Partes de la Mandrinadora (Ilustración 7).

Las mandrinadoras están formadas por cinco partes principales, las cuales nombraremos a continuación. [1][2][3][4]

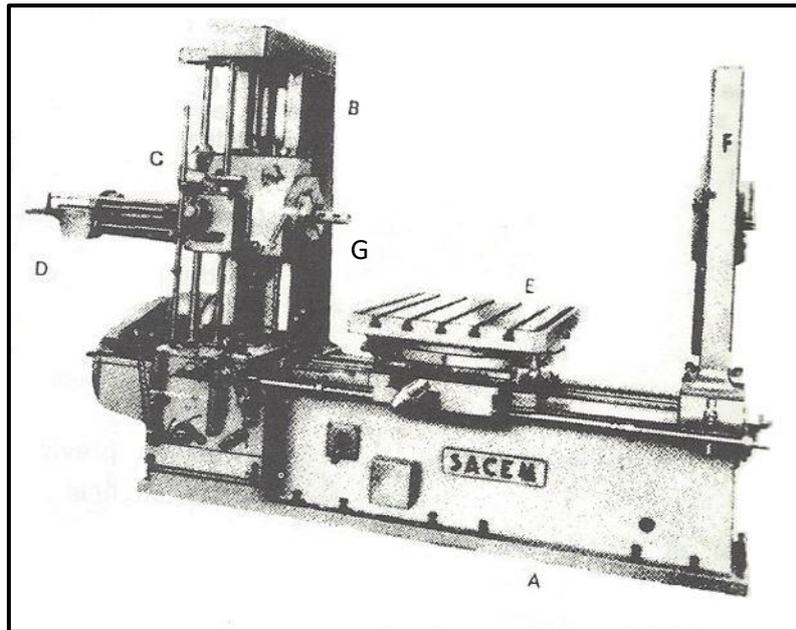


Ilustración 7: Partes mandrinadora. Fuente: [13]

- A. *Bancada*: Es la encargada de soportar todas las partes de M-H, por lo tanto, es una parte pesada y grande para poder conseguir la estabilidad a la hora de realizar los trabajos sin que se produzcan vibraciones.
- B. *Columna principal o montante*: Está situada en el extremo de la bancada, en ella se encuentra el cabezal. Este último se desplaza por medio de unas guías prismáticas y un husillo en el eje vertical.
- C. *Cabezal*: Se encarga de sujetar las herramientas de corte. En el suelo ir colocado el motor de accionamiento. El cabezal lleva el sistema de transmisión entre el motor, plato y mandril. El motor eléctrico, montado junto al cabezal, se encarga de transmitir el movimiento. A continuación, mostraremos una imagen de ejemplo de un esquema del mecanismo de transmisión. [4]

En la ilustración observamos:

- **A** – Motor eléctrico.
- **B, C, D, E, F, G, I, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, Z** – Conjunto de engranajes que forman las diferentes velocidades.
- **1, 2, 3, 4, 5** – Los ejes donde se encuentran alojados los engranajes de las velocidades.
- **K** – Cuerpo de la mordaza.
- **HL** – Sincrónico de acoplamiento, se encarga de frenar el eje para poder engranar un piñón con otro y así acoplar la velocidad deseada.

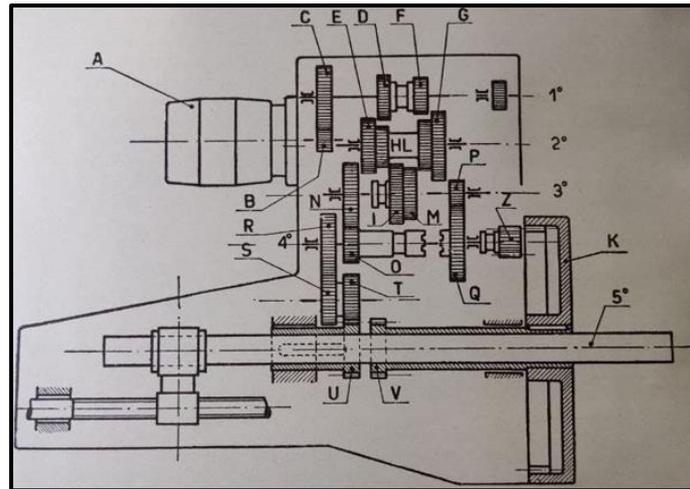


Ilustración 8: Esquema mecanismo de transmisión del cabezal. Fuente: [4]

- D. *Soporte:* Ejerce de apoyo al husillo principal. El soporte y el plato se mueven de forma independiente, por lo que pueden trabajar a la vez a distintas revoluciones.
- E. *Mesa:* Esta parte de la mandrinadora forma un papel muy importante, ya que se usa para fijar las piezas en las que se va a realizar el trabajo de mandrinado. Debe ser completamente plana y ranurada, ya que, si tiene algún defecto, sería imposible cumplir con los estándares de calidad y precisión. Algunos modelos de mandrinadora tienen una mesa circular, la cual puede hacerse girar por medio de un tornillo sin fin y rueda helicoidal definido por un plato divisor o a través de un motor eléctrico independiente en rotación continua.
- F. *Luneta:* En ella se colocan la barra de taladrar o los mandriles largos. Sus movimientos son de forma vertical sobre dos guías, el conjunto se desplaza sobre la bancada.
- G. *Cono Morse o Mandril:* Para entender las diferencias que podemos encontrar entre un cono morse o mandril hay que definir cada uno previamente.
 - El cono morse es un sistema estandarizado que sirve para unir con seguridad la herramienta que vamos a emplear para el mecanizado en la M-H. [18][19]
 - El mandril en cambio es el elemento de la M-H que se emplea para fijar la herramienta a la misma.

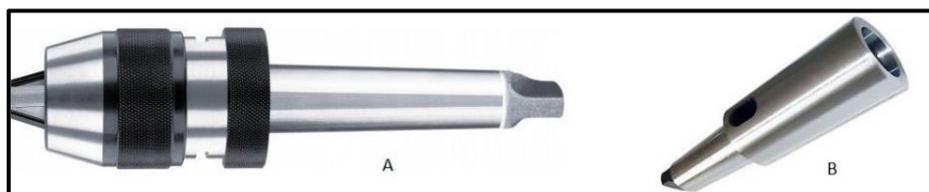


Ilustración 9: Mandril (A), Cono morse (B). Fuente: [20][21]

3.5. Movimientos de trabajos básicos de la mandrinadora.

Antes de hablar de la mandrinadora vamos a explicar dos conceptos que solemos oír y nos producen cierta confusión. Cuando nos referimos a las operaciones de mecanizado nos surgen ciertas dudas a la hora de diferenciar mandrilado o mandrinado y nos preguntamos cuál es la diferencia, y la realidad es que no existe ninguna, ya que son sinónimos. Por lo tanto, podríamos decirlo de las dos maneras. Y estos conceptos se definen como la operación de mecanizado que se realiza en agujeros para obtener mayor precisión y menor rugosidad. [1] [2]

Cuando hablamos de mandrinadora, nos estamos refiriendo a una M-H que emplea un movimiento de rotación, que puede tener avance o no, y se emplea para aumentar el diámetro interior de agujeros ya existentes en la pieza, esto quiere decir, que se usan para darle precisión a los agujeros.[3]

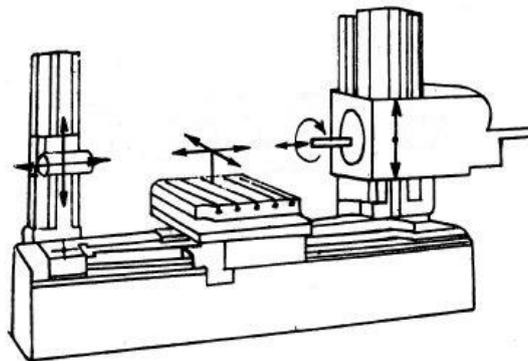


Ilustración 10: *Movimientos de la mandrinadora.* Fuente: [1]

La mandrinadora tiene unos movimientos de trabajo en los que se encuentran:

- *Movimiento de avance:* En este movimiento la pieza se desplaza de forma longitudinal o, en cambio también puede moverse la herramienta a través de un desplazamiento axial de la misma.
- *Movimiento de corte:* Es el movimiento realizado por la herramienta.
- *Movimiento de profundidad de pasada:* Es el movimiento de desplazamiento radial realizado por la herramienta.

Las mandrinadoras de la actualidad pueden tener más movimientos gracias al avance tecnológico, y ya realizan trabajos como refrentado, fresado, roscado, etc.

Como podemos observar en la ilustración 11 en la figura A se realiza el avance de la propia herramienta y en la figura B, la que realiza el avance es la pieza.

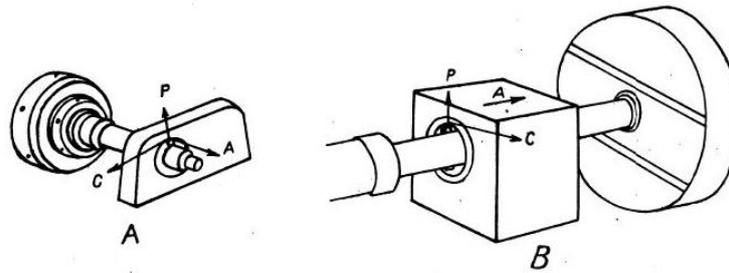


Ilustración 11: *Movimientos de trabajo de la mandrinadora.* Fuente: [1]

3.6. Sujeción de la pieza a mecanizar, explicación.

Las piezas que vayamos a mecanizar se sujetan por medio de bridas u otros accesorios. Una vez fijada la pieza, esta puede ser sometida a una serie de movimientos:[1][22][23][24]

- *Movimiento de rotación:* Por medio de un plato realizamos el movimiento a mano de la pieza o también lo podemos realizar de forma automática, de esta manera podemos realizar trabajos de fresado circulares.
- *Movimiento trasversal (MT):* Se desplaza el carro de forma trasversal a mano o automáticamente.
- *Movimiento longitudinal (ML):* Se puede realizar tanto de manera automática como manual, se realiza desplazando el carro longitudinal de la mesa.

Los desplazamientos automáticos en la mandrinadora los podemos realizar porque esta va provista de una caja de velocidades que contiene un embrague sobre una polea motriz, dicha polea esta accionada por el motor.

3.7. Tipos de Mandrinadora:

Existen varios tipos de mandrinadoras que son las siguientes: [1][3]

- *Mandrinadora de columna móvil:* Son máquinas concebidas normalmente para el mecanizado de piezas de mediano tamaño a gran envergadura. [3][4]
- *Mandrinadora horizontal universal:* Este tipo es el más usado, y en él se basan el resto de las mandrinadoras. El trabajo lo realiza de forma horizontal, independientemente que sea la mesa o la herramienta la que realiza el movimiento.
- *Mandrinadora vertical universal:* Son usadas para el mandrinado de piezas muy grandes en altura. Nos facilita el no estar cambiando la pieza de posición.

- *Mandrinadora vertical con repetidor automático:* Esta mandrinadora también se conoce como “Mandrinadora-Fresadora-Taladradora”. Se usan para trabajos en serie por la rapidez en la que realizan el trabajo, gracias al repetidor automático.
- *Mandrinadora de bancada en cruz:* Está formada por dos bancadas cruzadas. En la primera se encuentra la columna con el portacabezal y en su extremo opuesto la luneta, sobre las guías de la otra bancada se desliza la mesa. Este tipo de mandrinadora se emplea principalmente para el refrentado de piezas de gran tamaño.
- *Mandrinadora horizontal de precisión:* Realiza los trabajos con mejor acabado. La principal diferencia con la mandrinadora horizontal universal es que consigue un valor nominal de precisión entorno al 0,005 mm, en cambio la horizontal universal está entorno al 0,02mm.
- *Mandrinadora universal con posicionador numérico programado:* Es igual que la mandrinadora horizontal universal con la diferencia que puede trabajar de manera automática, semiautomática o manual, y esto gracias al posicionador numérico.
- *Mandrinadoras múltiples:* Son las empleadas para la realización de los trabajos en serie. Tienen la capacidad de realizar tanto trabajos de mandrinado vertical como horizontal.
- *Mandrinadora para ejecuciones transversales y axiales:* Se emplean para realizar los trabajos de mandrinado en piezas como pueden ser, superficies cónicas, escalones, gargantas interiores en agujeros, etc.
- *Mandrinadora de columna fija:* Este tipo se emplea para la producción de pieza a pieza y a pequeñas piezas en serie.

3.7.1. Mandrinadora de columna fija, explicación.

Esta mandrinadora tiene una columna principal donde se encuentra la herramienta de corte fija. La herramienta de corte se desplaza de forma horizontal como vertical gracias a unos husillos de precisión. Una de las ventajas de la mandrinadora de columna fija es que al ser rectangular es grande y pesada, por lo tanto, a la hora de realizar un trabajo estará libre de vibraciones.[2]

3.7.2. Mandrinadora de columna móvil, explicación.

La mandrinadora de columna móvil se diferencia de la mandrinadora de columna fija, en que el desplazamiento transversal lo realiza la columna y la luneta. La mesa es fija y se emplean para piezas muy pesadas, de mediana y gran envergadura. [4]

La estructura de este tipo de mandrinadora es en dos partes:

- Columna-cabezal con movimiento en los tres ejes.
- Mesa estática independiente. Esta mesa es capaz de soportar el peso de las piezas y dispone de sistemas de anclaje para inmovilizar dichas piezas. Este tipo de mesas tienen una cimentación especial independiente de la columna, estando nivelada en toda su superficie.

3.8. Clasificación de las herramientas de corte en la Mandrinadora.

A la hora de realizar cualquier trabajo con una mandrinadora debemos elegir un tipo específico de herramienta para poder realizar el trabajo de forma eficiente y precisa, para ello vamos a clasificar las herramientas más empleadas: [4][22][23][25]

- a) *Cuchillas cilíndricas*: Este tipo de cuchillas se obtienen de una barra calibrada de acero y tienen un extremo forjado a guisa de filo cortante. Son muy polivalentes ya que pueden construirse para diferentes tipos de ejecuciones, como mandrinado de desbaste, de acabado, para achaflanar, etc. Este tipo de cuchillas también se construyen con doble filo cortante, es decir, dos filos de corte opuestos.



Ilustración 12: Cuchilla cilíndrica. Fuente: [26]

- b) *Cuchillas*: Tienen este nombre particular debido a la forma plana y el filo de corte recto, que se asemeja al de los cuchillos. Estas cuchillas se obtienen de un paralelepípedo muy aplanado, a partir de uno de sus cantos se hace el filo de corte. Son muy recomendadas y utilizadas para el mandrinado circular a modo de corona alrededor de un agujero, en sentido perpendicular al mismo. También se pueden construir cuchillas de doble filo para trabajos de alisados. [4]

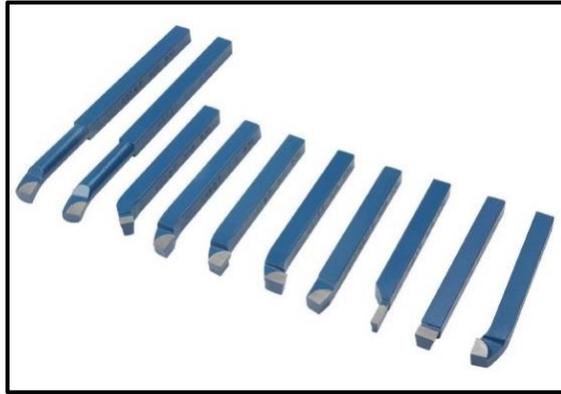


Ilustración 13: Cuchillas. Fuente: [27]

- c) *Barrenas o herramientas de penetrar helicoidales:* Son empleadas para ensanchar los agujeros de fundición o que han sido previamente desbastados, hasta un diámetro de 100 mm. La forma que tienen facilita la extracción de la viruta, así como una buena guía. Pueden tener el diámetro exterior nominal, o de medida inferior, para así preparar los agujeros para un mandrinado posterior de acabado. Este tipo de herramienta suele ser de tres labios, aunque se prefiere que sean de cuatro, ya que prestan mayor precisión y rendimiento.

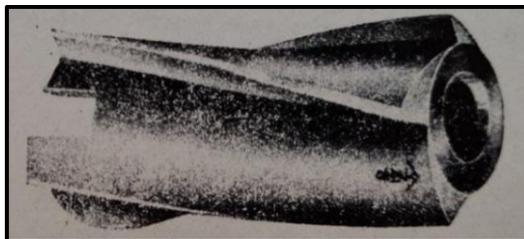


Ilustración 14: Barrena hueca de cuatro labios helicoidales. Fuente: [4]

- d) *Escariadores fijos:* Es una herramienta que se considera de penetrar con muchos filos de corte. Además de ensanchar agujeros, sirve para calibrar los agujeros. El número de dientes puede variar de 4 a 20, esto depende del diámetro y del tipo de escariador, por lo tanto, no existe una regla fija para definir el número de dientes. [4]



Ilustración 15: Escariador fijo. Fuente: [28]

- e) *Escariadores cilíndricos huecos*: Construidos en un diámetro 20 a 50 mm.



Ilustración 16: *Escariador cilíndrico hueco.* Fuente: [29]

- f) *Escariadores con cuchillas insertadas*: Este tipo de escariadores llevan unas cuchillas insertadas en huecos adecuados, que están fijadas con tornillos. Tienen un coste de fabricación más económico. Estos escariadores deben montarse sobre mandriles de acero templado y rectificado. Para evitar el problema de disminución de diámetro del escariador debido al desgaste, le podemos implementar una hoja metálica en el asentamiento de cada cuchilla.



Ilustración 17: *Escariador con cuchillas insertadas.* Fuente: [30]

- g) *Escariadores regulables o expansibles*: Son unos escariadores en los que podemos variar su diámetro exterior. La cuchilla de corte se desplaza por el escariador que es cónico, de esta manera podemos variar el diámetro del escariador. Para ello emplean dos principios:
- Aprovecha la elasticidad del material a mecanizar.*
 - Adopción de planos inclinados.*

Debido a las dificultades que presenta la construcción de este tipo de escariadores, los filos de corte deben ser rectos. También tenemos que saber que existen escariadores de este tipo a mano y a máquina. [4]



Ilustración 18: *Escariador regulable de mano. Fuente: [31]*

h) *Escariadores cónicos y avellanadores:* Se emplean para realizar interiores cónicos o cilíndricos escalonados. Existen dos tipos de escariadores cónicos:

- a. *De desbaste.*
- b. *De acabado.*

En un escariador de desbaste, sus filos de corte están cortados por una ranura helicoidal rompe viruta, esto facilita la expulsión del material. Sus dientes pueden ser helicoidales o rectos.

Para alisar los agujeros cónicos para clavijas se emplean escariadores helicoidales con dentado con sentido hacia la izquierda, esto es, para evitar que el escariador se quede trincado en el interior del agujero. Para ejecutar agujeros de mayor diámetro (cono Morse y métrico), hay que operar con tres escariadores, que tienen una función diferenciada: [4]

- a. *Esbozar.*
- b. *Desbastar.*
- c. *Alisar.*



Ilustración 19: Escariador cónico de desbaste (arriba) y escariador cónico de acabado (abajo). Fuente: [32]

- i) Brocas de centrar: Es una herramienta avellanadora a 60° . Se utilizan para realizar el agujero de centrado, para poder comenzar un taladro posterior. Hay de dos tipos, con chaflán de protección y sin él. Es una herramienta que, aunque se utiliza más en tornos y fresadoras, también se emplea en la mandrinadora.

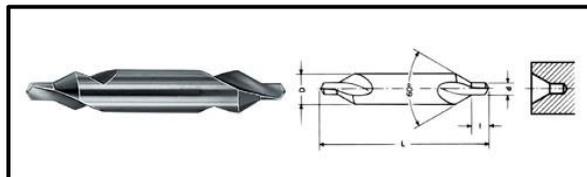


Ilustración 20: Broca de centrar. Fuente: [33]

3.9. Condiciones de trabajo y parámetros básicos de una Mandrinadora.

A la hora de realizar un trabajo con una mandrinadora hay que tener en cuenta el tipo de material que vamos a mecanizar, una vez sepamos el tipo de material podemos saber qué tipo de herramienta vamos a acoplar al mandril y el tipo de velocidad que necesitamos para realizar un buen trabajo.

Las velocidades en el mandrinado son inferiores a las empleadas en el torno, debido a que en la mandrinadora no puede refrigerarse el corte de manera eficiente. El motivo por el cual no puede refrigerarse bien es que es la herramienta la que realiza el giro no la pieza a mecanizar.

Material	Velocidad Corte m/min		Avances en mm/vta	
	Desbaste	Acabado	Desbaste	Acabado
Acero fundido: 50 Kg	15 a 18	20 a 30	0,4 a 0,6	0,2 a 0,3
Acero fundido: 65 Kg	12 a 15	18 a 25	0,4 a 0,6	0,2 a 0,3
Fundición semidura	12 a 15	18 a 25	0,5 a 0,7	0,2 a 0,3
Fundición dura	10 a 12	15 a 18	0,5 a 0,7	0,2 a 0,3
Bronce fundido	25 a 30	30 a 40	0,4 a 0,6	0,3 a 0,4

Tabla 1: Velocidades corte en diferentes materiales. Fuente: [1]

Otro punto para tener en cuenta a la hora de realizar los trabajos es la fuerza de corte y la potencia absorbida, para ello debemos emplear las mismas fórmulas que emplearíamos en el torno, fresadora, taladradora, dependiendo del tipo de trabajo que vayamos a realizar.

3.10. Mecanizados posibles y típicos de una Mandrinadora.

La mandrinadora realiza un cierto número de mecanizados, principalmente agujeros en piezas de formas irregulares como pueden ser, soportes de bielas de motores, cojinetes de cigüeñales y bielas, etc. A continuación, vamos a nombrar las operaciones posibles que podemos realizar con la mandrinadora:[1]

- *Mandrinado:* En mandrinados cortos, se usa la herramienta en voladizo, el mandril recomendado para este tipo de mecanizado es el mandril micrométrico, en cambio si se trata de mandrinados largos, se emplea la barra de mandrinar.
- *Taladrado:* No es un trabajo propio de la mandrinadora, pero se suelen realizar con brocas de mango cónico.
- *Escariado:* Es un tipo de mecanizado para repasar orificios, se emplean escariadores fijos o reglables.
- *Refrentado:* Mecanizado perpendicular a la pieza.
- *Roscado:* Para este mecanizado se emplea un portaútiles especial para este trabajo en la mandrinadora, pero solo en algunos tipos de mandrinadoras, ya que pueden dar avances del husillo igual a los pasos normalizados de las roscas.
- *Mandrinado cónico:* Con este tipo de mecanizado podemos realizar agujeros con un extremo más estrecho que el borde, es decir en forma de cono, suelen emplearse para ejes, de esta manera el eje estaría bien sujeto.
- *Fresado:* Es un mecanizado muy frecuente en la mandrinadora, las fresas se montan sobre el eje cuando son de pequeño diámetro o sobre el plato cuando

son fresas grandes. Si empleamos un portaherramientas orientable especial se puede fresar en cualquier ángulo.

- *Torneado*: Este mecanizado solo lo podemos realizar si la mandrinadora viene equipada con una mesa circular con movimiento de rotación independiente. [1]

IV. METODOLOGIA

IV. METODOLOGÍA

En este TFG la metodología que vamos a desarrollar está compuesta por tres apartados que nombraremos a continuación:

4.1 Documentación bibliográfica.

La documentación bibliográfica/Webgrafía empleada en este TFG será desarrollada a través de páginas web, informes, videos, libros, manuales, etc. Toda la documentación ha sido estudiada de forma muy meticulosa para poder expresar todo de forma clara y concisa, para facilitar la lectura y comprensión del lector.

4.2 Metodología del trabajo de campo.

En este apartado de este capítulo de metodología nos basaremos en la experiencia adquirida en la empresa de mecanizado descrita en el marco referencial. Apoyándonos en la máquina herramienta mandrinadora, en las explicaciones de los empleados del taller, que ha sido fundamental para adquirir la mayor experiencia posible, ya que es fundamental para este trabajo. Se añaden fotos hechas por el autor y cedidas por los propios empleados para explicar todos los procesos de forma más clara.

4.3 Marco Referencial

Para la realización de este TFG y para obtener la información necesaria para desarrollar el capítulo de resultados, hemos adquirido los conocimientos necesarios en ***“Talleres Quintana SL”***, empresa que realiza muchos trabajos del sector naval, sobre todo dedicada a mecanizados a nivel industrial, entre ellos las operaciones con la mandrinadora.

V. RESULTADOS

V. RESULTADOS

En este quinto capítulo de este TFG vamos a plasmar la experiencia adquirida en las prácticas realizadas en el taller del marco referencial.

5.1. Descripción de la empresa marco referencial de este TFG.

Talleres Quintana SL es una pequeña empresa familiar fundada en 1925 por Nicolás Quintana Pérez, situada en Santa Cruz de Tenerife y dedicada al mantenimiento y reparación de equipos móviles, fijos, industriales, navales, obras marítimas, equipamiento portuario, estructuras, cerrajería y energías renovables.

Plano, de elaboración propia, del taller.

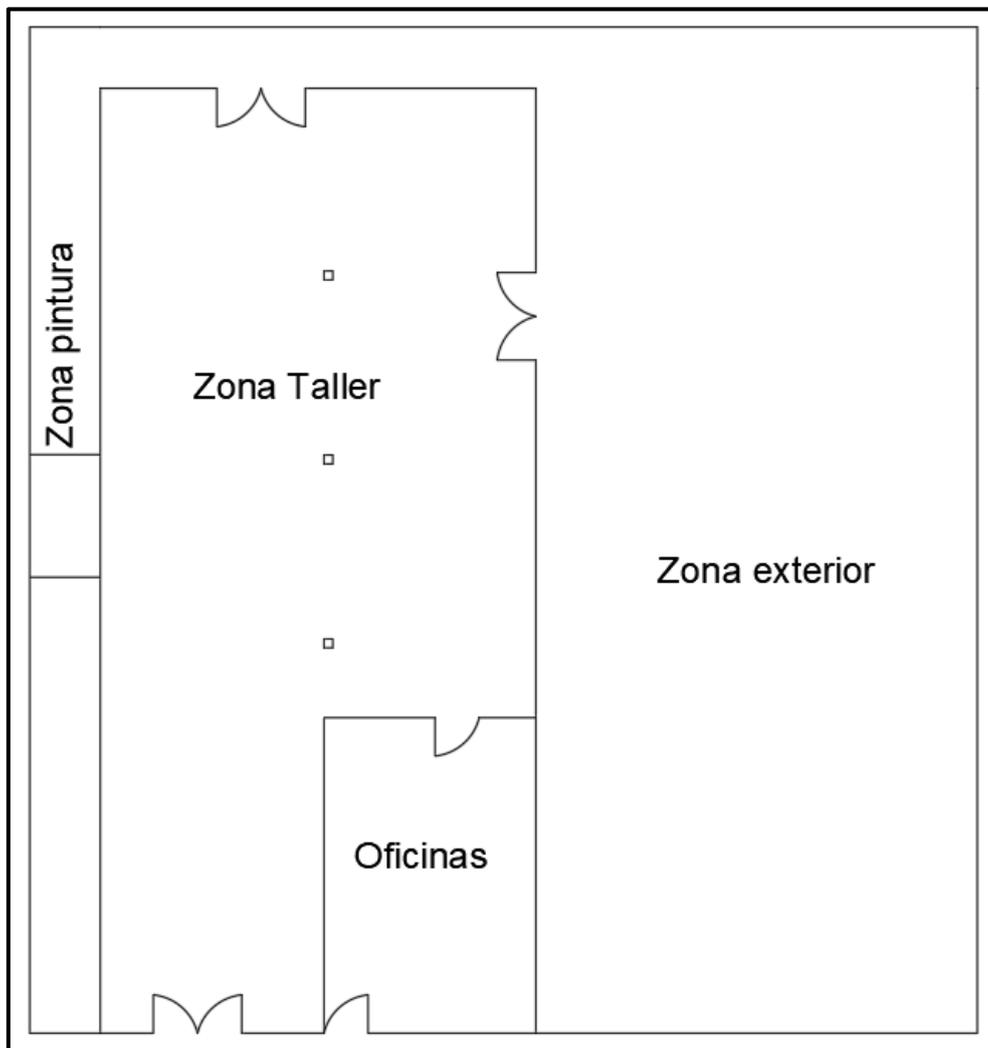


Ilustración 21: Plano Talleres Quintana S.L. Fuente: Trabajo de campo.

La nave tiene un área de 1362 m² aproximadamente, que abarcan la zona de taller y zona de oficinas, una zona exterior de 1,016 m² y una zona de pintura 80 m².

Como podemos observar en el plano, la nave está constituida por una zona de oficinas, una zona exterior donde se almacenan materiales y reciben trabajos de grandes dimensiones como pueden ser, defensas de los puertos marítimos. Luego tenemos una zona de pintura, en este espacio se realiza el acabado de los trabajos. Nos centraremos en la zona de taller, donde podemos encontrar una gran variedad de maquinaria industrial como tornos, taladros, plegadora... que mostraremos a continuación con ilustraciones.



Ilustración 22: Multifunción (Cizalla, punzonadora...). Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 23: Sierra de cinta. Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 24: Taladro columna. Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 25: Prensa hidráulica. Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 26: Cizalla hidráulica. Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 27: Plegadora hidráulica. Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 28: Curvadora manual e hidráulica de chapa. Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 29: Corte por láser. Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 30: *Fresadora.* Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 31: *Taladro columna.* Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 32: *Cepillo limadora para realizar chavetero.* Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 33: Roscadora hidráulica. Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 34: Torno. Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 35: Torno con indicador de posición. Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 36: Torno de grandes dimensiones con indicador de posición. Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 37: Zona para soldadura. Fuente: Trabajo de campo.

Como hemos podido observar en las ilustraciones que mostramos anteriormente, Talleres Quintana S.L está constituida por un gran número de maquinaria para poder realizar cualquier trabajo que se le presente.

5.2. Descripción de la mandrinadora existente. Características técnicas.

La mandrinadora que se encuentra en Talleres Quintana SL es una M-H que tiene aproximadamente 30 años de antigüedad. En ella podemos realizar cualquier tipo de trabajo, ya sea la reparación de bloques de motores, orificios donde se alojen bulones para unir dos piezas, cilindros, etc. Esta M-H es robusta y de grandes dimensiones. El plato portaherramientas tiene

un diámetro de 380 mm y este, está fijo a un eje de 1355 mm de largo y 60 mm de diámetro. A continuación, mostraremos unas ilustraciones de la máquina:



Ilustración 38: Mandrinadora. Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 39: Mandrinadora. Fuente: Trabajo de campo.

Para que se vea con más detalle las dimensiones de esta M-H les mostraremos unos planos realizados en AutoCAD, un plano alzado y otro de planta.

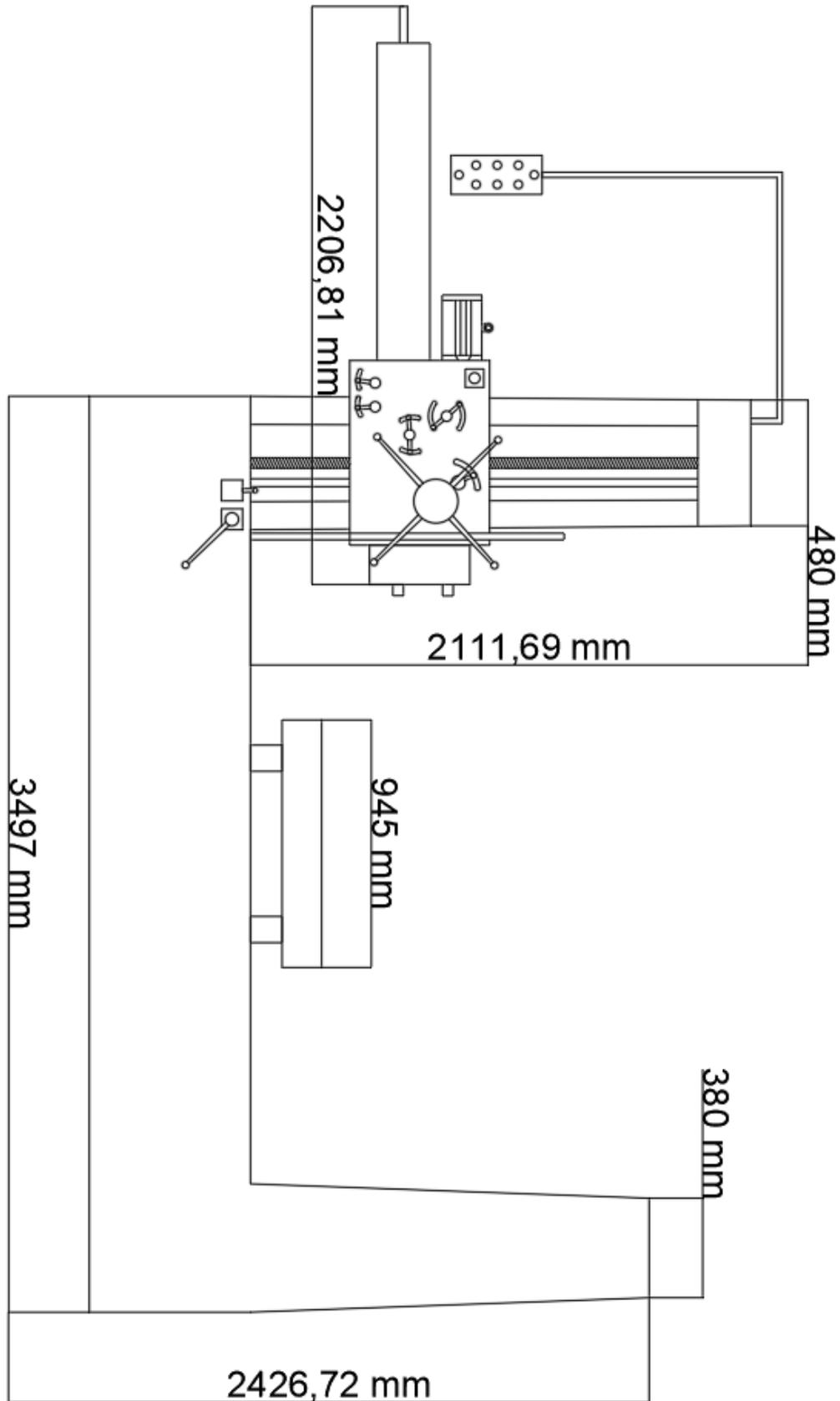


Ilustración 40: Plano alzado mandrinadora. Fuente: Trabajo de campo.

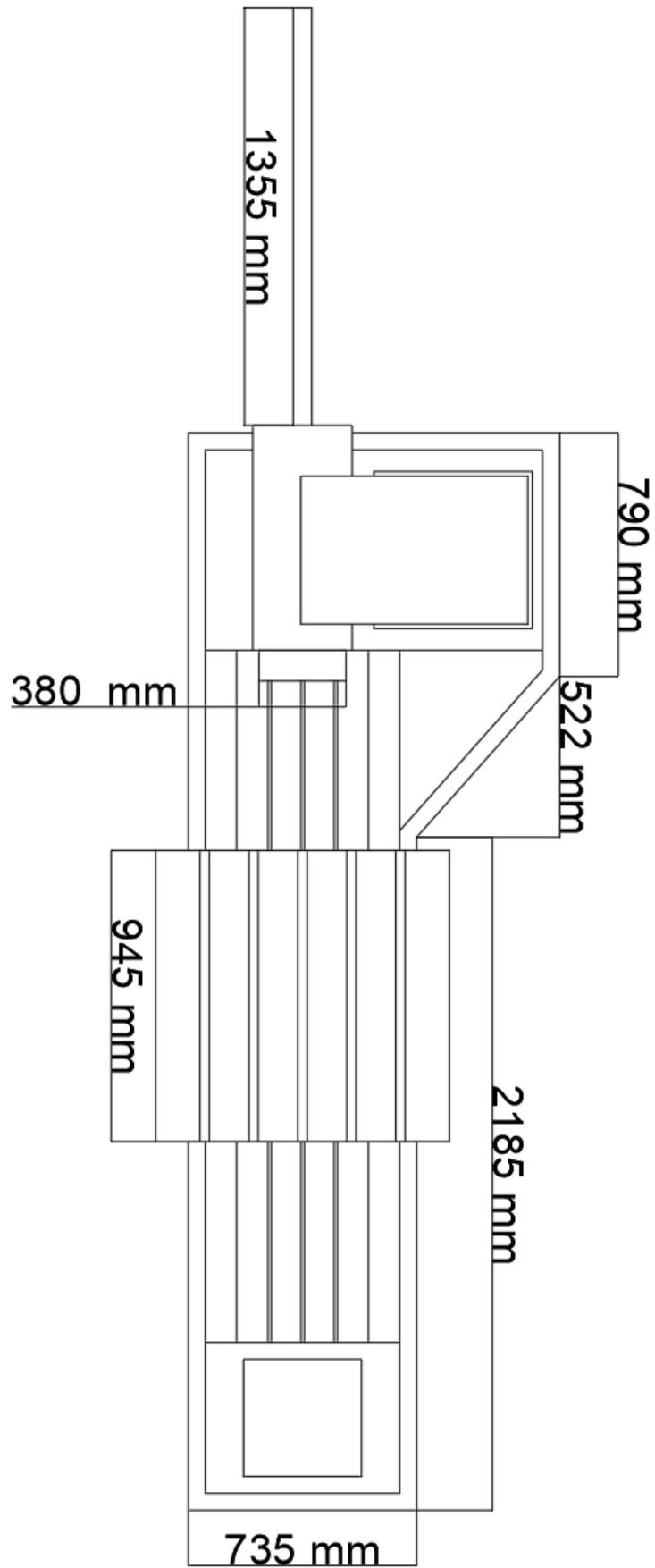


Ilustración 41: Plano planta mandrinadora. Fuente: Trabajo de campo.

La mesa de trabajo de la M-H está sobre una base giratoria, está la podemos girar los grados que necesitemos con gran exactitud, ya que tenemos marcados los grados en la propia mesa (ilustración 41), las dimensiones de trabajo son 945 mm x 945 mm.



Ilustración 42: *Detalle mesa trabajo giratoria. Fuente: Trabajo de campo.*

Esta máquina como cualquier otra máquina, tiene un sistema de paro de emergencia o también conocido como seta de emergencia (ilustración 43). Este interruptor protege tanto a la máquina como al operario.



Ilustración 43: *Interruptor paro de emergencia o seta de emergencia. Fuente: Trabajo de campo.*

5.2.1. Mandos de la mandrinadora.

La mandrinadora tiene diferentes mandos o controles, con estos podemos realizar ajustes de velocidad o desplazamientos.

En la ilustración 44 podemos observar el panel principal de la mandrinadora que se compone de:

- Selector de puesta en marcha de la mandrinadora
- Botones de desplazamiento de la mesa
- Botones del sentido de giro del eje del morse.



Ilustración 44: Control de mandrinadora. Fuente: Trabajo de campo.

En la ilustración 45 podemos observar los selectores de desplazamiento y tipo de control de la misma máquina. Los desplazamientos son:

- Vertical
- Longitudinal
- Transversal

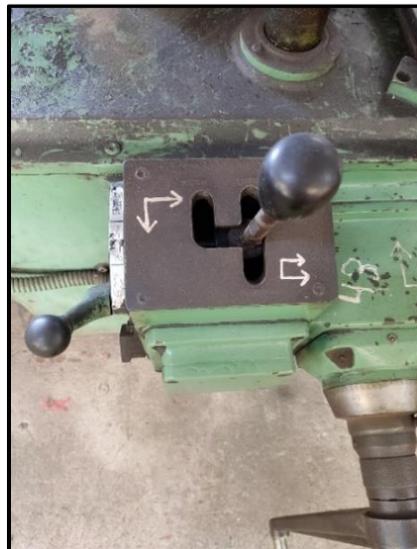


Ilustración 45: Mando de desplazamiento y velocidad. Fuente: Trabajo de campo.

Refiriéndonos a la ilustración 43 podemos distinguir los modos de desplazamiento de la mesa de trabajo que son:

- Manual – En este modo tenemos que realizar el desplazamiento de la máquina manualmente con la palanca.
- Desplazamiento rápido – En este modo el desplazamiento va a una velocidad elevada, se emplea para alejar o acercar la pieza a trabajar, para aproximarla de una forma más rápida.
- Desplazamiento lento – Este modo se emplea para realizar el arranque de viruta de forma automática.



Ilustración 46: Palanca de desplazamiento longitudinal. **Fuente:** Trabajo de campo.

En la ilustración 46 tenemos la palanca para realizar el desplazamiento longitudinal de la mesa de trabajo, donde tenemos sujeta la pieza a trabajar.



Ilustración 47: Palanca bloque eje. **Fuente:** Trabajo de campo.

En la ilustración 47 se muestra la palanca de bloqueo de desplazamiento del eje, con este bloqueo evitamos que el eje se mueva.

Con la palanca que mostramos en la ilustración 48 realizamos el bloqueo del eje vertical de la máquina.



Ilustración 48: Palanca Bloqueo. Fuente: Trabajo de campo.

En las siguientes palancas selectoras que se muestran en la ilustración 49 podemos ajustar el avance y las revoluciones. Para saber en qué posiciones debemos colocar las palancas selectoras tenemos las tablas con las posiciones, si nos observamos en la figura 49 en las palancas marcadas con la letra A, su respectiva tabla se encuentra en la ilustración 50 lado A y las marcadas con la letra B son las de la ilustración 50 lado B.

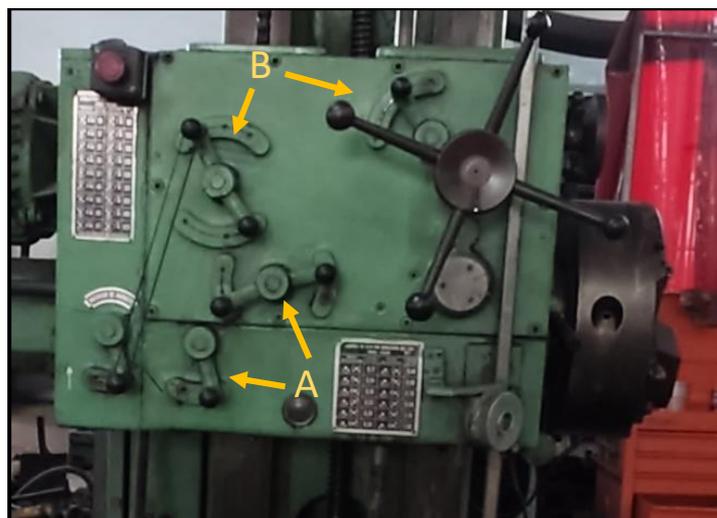


Ilustración 49: Control de avances y revoluciones. Fuente: Trabajo de campo.

A

B

AVANCES EN M M POR REVOLUCION DEL EJE PORTA - UTILES				REVOLUCIONES POR PORTA - UTILES			
Posición de las palancas	Avance en m/m	Posición de las palancas	Avance en m/m	Posiciones de las palancas	R. P. M.	Posiciones de las palancas	R. P. M.
	0,11		0,44		14		99
	0,14		0,56		17		126
	0,18		0,70		22		158
	0,23		0,90		28		205
	0,28		1,10		37		266
	0,36		1,38		46		331
					55		393
					69		495
					87		625

NO CAMBIAR EN MARCHA

Ilustración 50: Tablas de avances y revoluciones. Fuente: Trabajo de campo.

5.2.2. Formas de sujeción de la pieza a mecanizar.

El principal sistema de sujeción de la mandrinadora es la mordaza (ilustración 51), es donde se coloca el portacuchillas. Esta mordaza tiene la particularidad de que el portacuchillas lo podemos situar en el centro de la mordaza o ponerlo hacia un extremo u el otro. Cuando necesitamos realizar un agujero de grandes dimensiones colocamos el portacuchillas en el extremo de la mordaza o, todo lo contrario, si el agujero no es muy grande lo colocamos más hacia el centro, esto lo ajustaremos según el tipo de trabajo que queramos.



Ilustración 51: Mordaza. Fuente: Trabajo de campo.

El portacuchillas es un elemento en el cual podemos colocar las diferentes cuchillas, dependiendo de que trabajo tengamos que realizar. El orificio cuadrado (A) es donde colocamos las cuchillas y el orificio ovalado (B) es donde va insertado el pasador de seguridad.

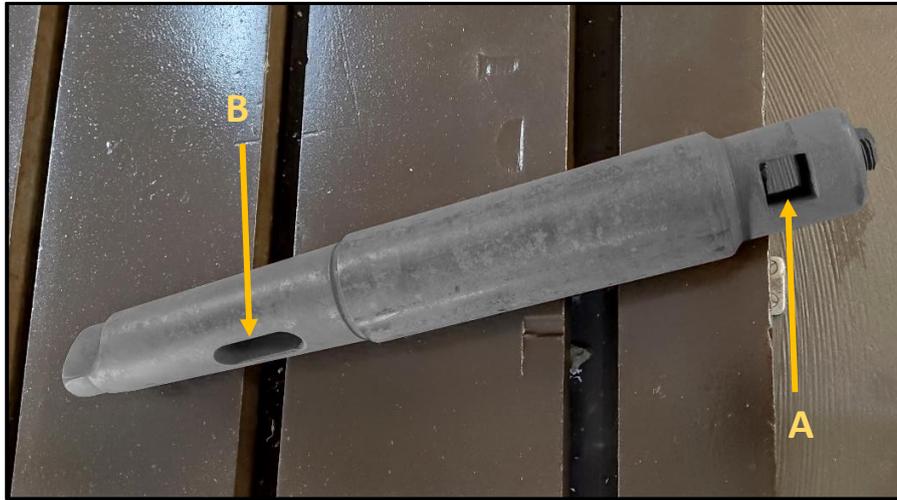


Ilustración 52: Portacuchillas. Fuente: Trabajo de campo.

En la ilustración 53 observamos el morse del portacuchillas, este morse dispone de una ranura en la cual introduciremos el seguro, para evitar que el portacuchillas se suelte en medio de un trabajo. Si nos fijamos en las ilustraciones 53 podemos observar la diferencia entre morse sin el pasador de seguridad (A) y el pasador puesto (B).

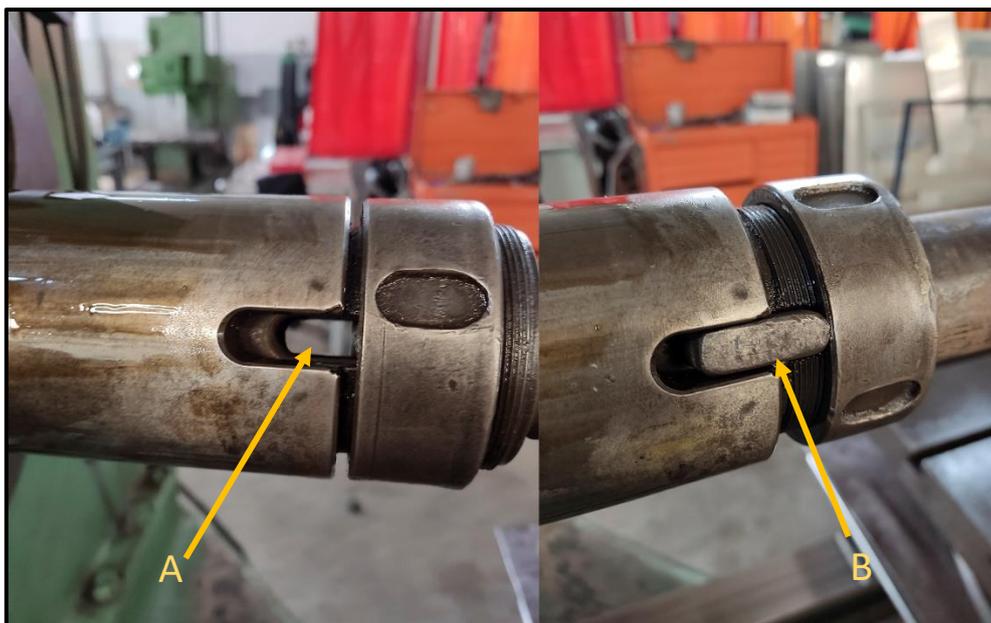


Ilustración 53: Detalle del pasador de seguridad del morse. Fuente: Trabajo de campo.

En la ilustración 54 vemos el morse colocado en la mordaza con el portacuchillas sin la cuchilla.



Ilustración 54: Portacuchillas montado en el portaherramientas. Fuente: Trabajo de campo.

Para sujetar la pieza a la mesa, la propia mesa tiene un ranurado donde podemos anclar los diferentes útiles de fijación. La manera en la que se aprietan los útiles es introduciendo en la ranura una tuerca, esta tuerca se aprieta a la ranura, de esta manera el útil se aprieta a la propia mesa.



Ilustración 55: Ranura fijación de la mesa. Fuente: Trabajo de campo.

Un ejemplo de útil para fijar una pieza a trabajar es el que mostramos en la ilustración 56, no mostramos más porque este tipo de útiles se suelen fabricar en el momento que tenemos la pieza a trabajar, porque incluso a veces es necesario soldarle orejetas, o ángulos a la propia pieza para poder dejarla alineada y bien firme sobre la mesa de trabajo.



Ilustración 56: Ejemplo de útil de fijación sobre la mesa. Fuente: Trabajo de campo.

En la ilustración 57 vemos con más detalle el útil para fijar la pieza a trabajar, como podemos observar la ranura es más ancha por la parte inferior, es por ahí por donde introducimos la tuerca (A) para enroscar el esparrago (B) y lo ajustamos a la distancia que necesitamos. Una vez en el sitio deseado, apretaremos la tuerca para dejarlo fijo.



Ilustración 57: útil de fijación. Fuente: Trabajo de campo.

5.2.3. Descripción de las herramientas de corte.

Las herramientas empleadas en esta máquina para realizar los trabajos por arranque de viruta no son específicas para la mandrinadora, en la ilustración 58 podemos observar una cuchilla insertada en un portacuchillas insertada en la mordaza de la mandrinadora.



Ilustración 58: *Detalle cuchilla en el portacuchilla. Fuente: Trabajo de campo.*

En la ilustración 59 podemos observar un escariador de cuchillas insertadas, podemos observar la cuchilla atornillada con un prisionero (A), este tipo de cuchillas se utilizan para acelerar el proceso de arranque de viruta, porque el arranque de viruta queda más fino con menos pasadas.



Ilustración 59: *Escariador de cuchillas insertadas. Fuente: Trabajo de campo.*

5.3. Operaciones de mecanizado a modo de ejemplo.

En este apartado vamos a ver la realización de dos operaciones de mecanizado realizadas con la mandrinadora, en las cuales la dividiremos en los apartados de avería, motivo de la avería, preparación del trabajo y realización del trabajo.

5.3.1. Operación A

En este ejemplo vamos a ver la operación de reparación del alojamiento del bulón de unión de una cuchara de una excavadora.



Ilustración 60: Cuchara de excavadora sobre mesa de trabajo. **Fuente:** Foto cedida al autor.

Como vemos en la ilustración 60 podemos ver las dimensiones que tiene la cuchara de la excavadora. Estas grandes dimensiones conllevan una gran labor de trabajo para sujetar y dejar bien alineado el alojamiento para su posterior mecanizado.

- Avería:

La cuchara de la excavadora presentaba desgaste en los orificios donde va el bulón de unión al brazo con la cuchara de la excavadora.

- Motivo de la avería:

Esta avería es muy común porque este tipo de maquinaria está constantemente trabajando con tierra, piedras, etc... Al estar constantemente en estas condiciones de trabajo se pierde el engrase de estos bulones produciendo que el bulón gripe y se arañe por completo.



Ilustración 61: Cuchara de excavadora. Fuente: Foto cedida al autor.

- Preparación del trabajo:

Antes de colocar la cuchara sobre la mesa de trabajo de la mandrinadora se realiza un trabajo de soldadura en los orificios, este trabajo se llama de relleno, el cual debe ser de buena calidad, sin poros en la soldadura, porque esto podría afectar al acabado final, con esto conseguimos disminuir el diámetro de los orificios.

En la ilustración 62 y 63 (A) podemos observar con detalle el sistema de fijación de la cuchara a la mesa de trabajo de la mandrinadora. Esta sujeción esta soldada a la propia cuchara

de la excavadora, de esta manera nos aseguramos de que no se mueva la cuchara a la hora de realizar el arranque por viruta.



Ilustración 62: *Detalle sujeción. Fuente: Foto cedida al autor.*



Ilustración 63: *Detalle sujeción a la mesa de trabajo. Fuente: Foto cedida al autor.*

En la ilustración 64 podemos ver el conjunto de fijación que hemos empleado para sujetar con firmeza y seguridad la cuchara sobre la mesa de trabajo de la mandrinadora.



Ilustración 64: Fijación de la cuchara. Fuente: Cédida al autor.

- Trabajo:

Una vez se ha realizado el trabajo de relleno por soldadura, se coloca la cuchara sobre la mesa de trabajo de la mandrinadora y se realiza el mecanizado del orificio, dejándolo a la medida deseada para que entre el bulón nuevo.



Ilustración 65: Cuchara de excavadora en mandrinadora. Fuente: Foto cedida al autor.

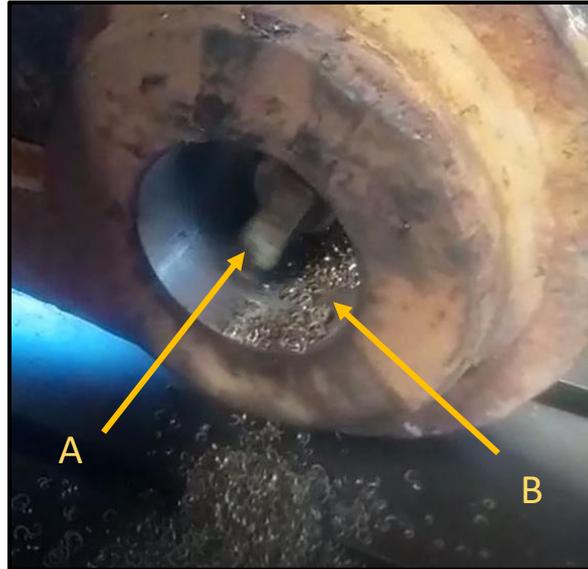


Ilustración 66: Cuchilla realizando el arranque de viruta. Fuente: Foto cedida al autor.

En la ilustración 66 podemos observar el arranque de viruta realizado por la cuchilla en el alojamiento de la cuchara de la excavadora. Vemos la cuchilla realizando el arranque de viruta (A) y la viruta desprendida (B).

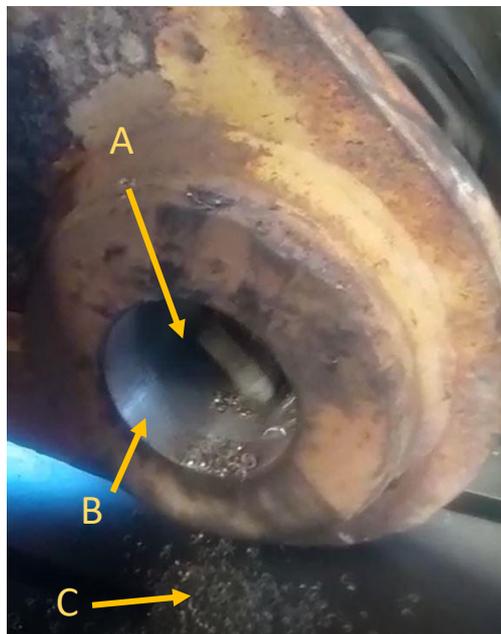


Ilustración 67: Detalle del arranque de viruta. Fuente: Foto cedida al autor.

En la ilustración 67 observamos la diferencia entre el material por donde ya ha pasado la cuchilla (A) y por donde todavía no ha realizado el arranque de viruta (B), también observamos toda la viruta que ha sido arrancada del material (C).

5.3.2. Operación B

En este ejemplo vamos a ver la operación de reparación del alojamiento del brazo principal de una grúa.



Ilustración 68: Alojamiento brazo principal grúa con los útiles ya instalados. **Fuente:** Foto cedida al autor.

- Avería:

Rotura alojamiento del brazo principal de una grúa.



Ilustración 69: Alojamiento del brazo principal de una grúa comprobando el centrado sobre la mandrinadora. A- Reloj comparador. **Fuente:** Foto cedida al autor.

- Motivo de la avería:

Por esfuerzos y tensiones producidos al levantar pesos con la grúa, el alojamiento sufre un aumento de temperatura, esto ocasiona que la pieza a la que está unida arañe o incluso arranque material del propio alojamiento.

- Preparación del trabajo:

Antes de comenzar a la reparación se realiza un relleno por soldadura en todo el alojamiento disminuyendo así el diámetro del alojamiento, en este proceso de relleno, la soldadura debe quedar sin ningún poro, para que el acabado después de realizar el mecanizado sea de gran calidad.

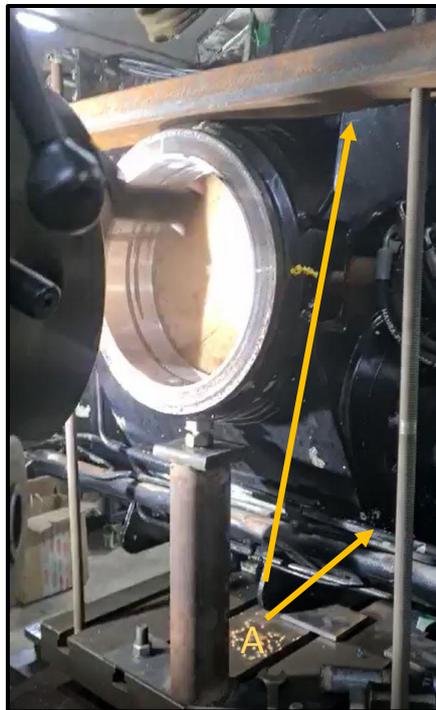


Ilustración 70: Sujeción a la mesa de trabajo. **Fuente:** Foto cedida al autor.

En la ilustración 70 podemos ver el sistema de sujeción que hemos instalado para poder sujetar con firmeza el alojamiento del brazo de la grúa a la mesa de trabajo. Hemos empleado unas varillas roscadas sujetas a la mesa y una viga (que podemos ver con más detalle en la ilustración 72) para presionar el alojamiento hacia la mesa (A) y para hacer un apoyo al alojamiento hemos colocado un tubo con dos tuercas para ajustar el apoyo que lo podemos observar en la ilustración 71.



Ilustración 71: Detalle del alojamiento. Fuente: Foto cedida al autor.

En la ilustración 71 tenemos el útil que empleamos de apoyo (A), el cual tiene unas tuercas para realizar el ajuste de apoyo sin apretar.

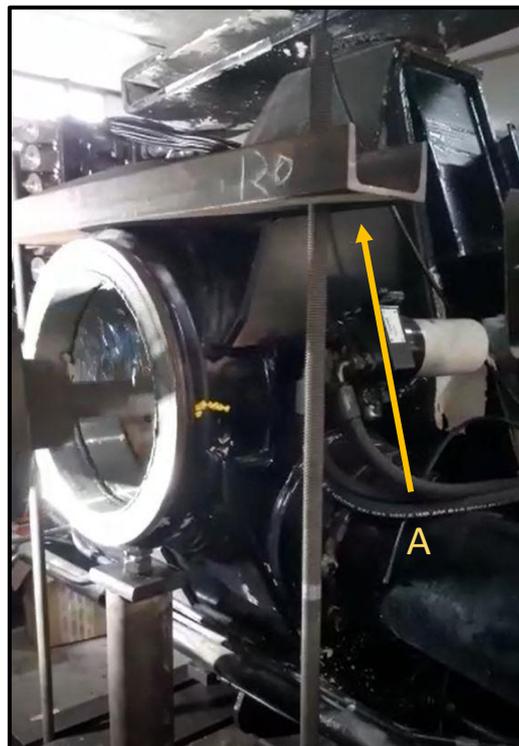


Ilustración 72: Detalle de viga de sujeción (A). Fuente: Foto cedida al autor.

- Trabajo:

Una vez se ha realizado el trabajo de relleno por soldadura, colocamos el brazo de la grúa sobre la mesa de trabajo de la mandrinadora, una vez bien sujeto realizamos las mediciones necesarias para centrar la pieza, con el reloj comparador como se observa en la ilustración 73 y de esta manera saber el espesor que hay que rebajar.



Ilustración 73: *Reloj comparador. Fuente: Foto cedida al autor.*

El reloj comparador lo empleamos para centrar la pieza respecto al eje de la mandrinadora.

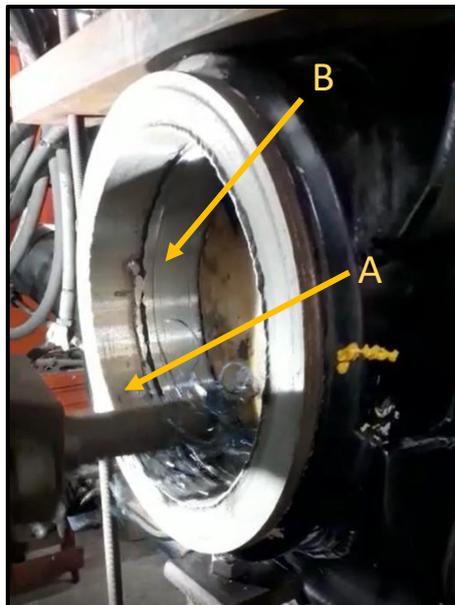


Ilustración 74: *Alojamiento brazo grúa siendo reparado. Fuente: Foto cedida al autor*

Como podemos comprobar en la ilustración 74 se ve la mitad del proceso ya realizado de arranque de viruta (A) y en la otra mitad observamos el trabajo de relleno por soldadura (B). Después de que la M-H finalice con el arranque de viruta, realizamos la medición del diámetro a ver si está correcto.

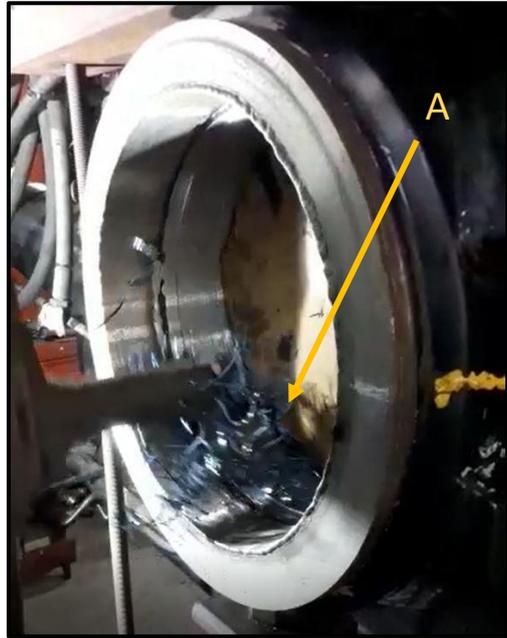


Ilustración 75: Viruta por el mecanizado. Fuente: Foto cedida al autor.

En la ilustración 75 vemos en detalle el material desprendido, producido por el arranque de viruta (A)

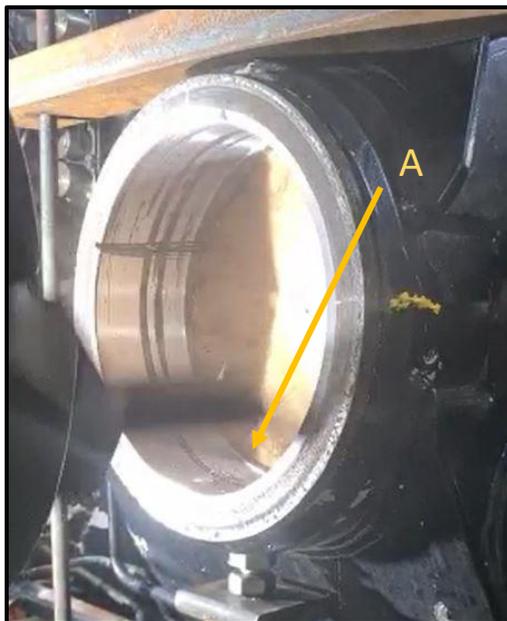


Ilustración 76: Mecanizado del alojamiento. Fuente: Foto cedida al autor.

Si comparamos la ilustración 75 con la 76, podemos observar las diferencias con respecto a la viruta. En la ilustración 75 vemos una cantidad de viruta mayor enrollada sobre la cuchilla (A), en cambio en la ilustración 76 no vemos esta cantidad de viruta (A), esto es, porque, en la ilustración 75 la velocidad de la cuchilla es baja y la profundidad es mayor, en cambio en la ilustración 76, la velocidad es alta y la profundidad es muy baja.

5.4. Interpretación de la información asociada al libro Casillas. Cálculo de taller. (explicación del uso del libro). (página 380, 381, 382).

El libro “máquinas cálculo de taller” de A.L Casillas, es un libro esencial a la hora de realizar trabajos por arranque de viruta en metales y como no, vamos a referir a las tablas de las páginas 380, 381 y 382. Estas tablas se utilizan para la elección de cuchillas, cono morse y acoplamiento en H o también llamado acoplamiento en paralelo para mandrinos. [34]

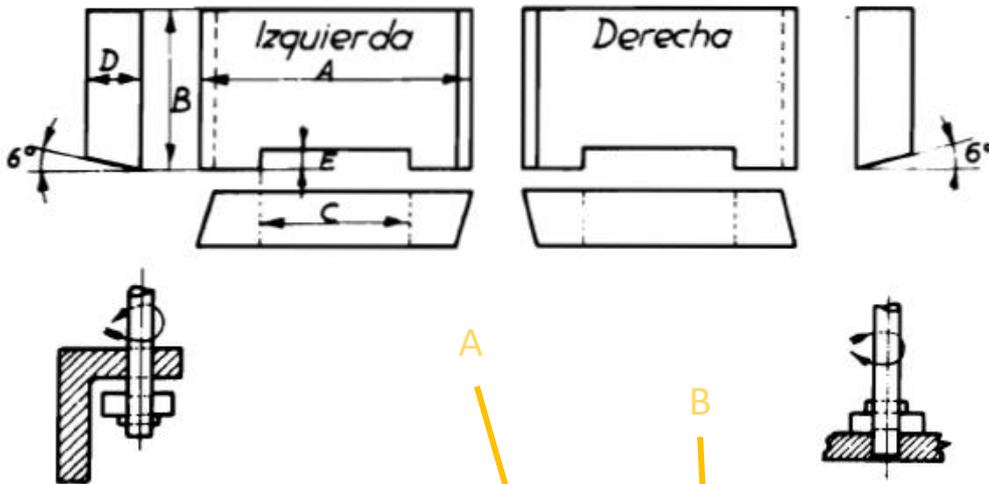
Para entender bien estás, como se realiza la interpretación de cuchillas o lamas para mandrinos de taladros (ilustración 77) tenemos que situarnos en la columna de la izquierda (A), donde se observa “Para tuerca de”, esto quiere decir que antes de ir a la tabla debemos saber que tuerca vamos a emplear, y luego la buscaremos en la tabla, por ejemplo (B): tenemos una tuerca 1 ½ obtenemos A-72 mm, B-34 mm, C-36 mm, D-8 mm, E-4 mm, estos datos son para un diámetro de mandrino de 38 mm. [34]

La tabla de la ilustración 78 trata sobre la elección del cono morse. Para saber qué tipo de cono morse necesitamos, primero medimos el mandrino que tenemos con un pie de rey. Por ejemplo, tenemos un mandrino de 13 mm de diámetro, esta medida la tenemos en la columna A marcada en la ilustración 66 (A), si continuamos en esa fila hacia la derecha (B) obtenemos un cono morse del número 2, esto quiere decir que para emplear con completa seguridad el mandrino de diámetro 13 mm necesitamos un cono morse del número 2. [34]

Por último, la tabla de la ilustración 79, se utiliza para la elección del acoplamiento H que necesitamos, dependiendo del mandrino que necesitemos, por ejemplo, si vamos a la ilustración 67 (A), al medir con el pie de rey el mandrino que tenemos, nos da 16 mm de diámetro, pues para ese mandrino necesitamos un acoplamiento de 25 mm.

CUCHILLAS O LAMAS PARA MANDRINOS DE TALADROS

Serie normal para refrentar asientos de tuercas «Whitworth»



Para tuercas de	A	B	C	D	E	Diámetro del mandrino para esta cuchilla	Para tuercas de	A	B	C	D	E	Diámetro del mandrino para esta cuchilla
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.		mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
1/8"	17	12,5	5,5	3	1,5	6,3	1 1/4"	56	24	26,5	6	3	28,5
5/16"	18	12,5	6,5	3	1,5	7,9	1 1/4"	62	24	29,5	6	3	31,7
3/8"	22	18	8	3	1,5	9,5	1 3/8"	67	29	33	6	3	34,9
7/16"	26	18	9,5	3	1,5	11	1 1/2"	72	34	36	8	4	38
1/2"	28	18	11	5	2,5	12,7	1 3/8"	77	39	39	8	4	41,2
9/16"	32	18	12	5	2,5	14,2	1 3/4"	83	39	42	8	4	44,4
5/8"	34	18	13,5	5	2,5	15,8	2"	94	48	48	8	4	50,7
11/16"	37	18	15,5	5	2,5	17,4	2 1/4"	106	48	54,5	8	4	57
3/4"	40	18	17	5	2,5	19	2 1/2"	116	48	61	10	5	63,4
13/16"	42	22	18,5	5	2,5	20,6	2 3/4"	125	48	67,5	10	5	69,8
7/8"	45	22	20	6	3	22,2	3"	135	48	73,5	10	5	76
1"	51	24	23,5	6	3	25,4							

Ilustración 77: Página 380 máquinas cálculo de taller. Fuente: [34]

MANDRINOS PARA TALADROS

DIMENSIONES NORMALES + MODELO CÓNICO



A	B	C	D	E	CONO MORSE NUM.	A	B	C	D	E	CONO MORSE NUM.
mm.	mm.	mm.	mm.	mm.		mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
10	150	20	3	9	2	31	250	35	10	30	3
11	150	20	3	9	2	32	250	35	10	30	3
12	150	20	3	9	2	33	250	35	10	30	3
13	150	20	3	9	2	34	250	35	10	30	3
14	150	20	5	15	2	35	250	35	10	30	4
15	150	20	5	15	2	36	250	40	10	30	4
16	150	20	5	15	2	37	250	40	10	30	4
17	150	20	5	15	2	38	250	40	10	30	4
18	150	20	5	15	2	39	250	40	10	30	4
19	150	20	5	15	2	40	250	45	12	36	4
20	250	25	6	18	3	41	250	45	12	36	4
21	250	25	6	18	3	42	250	45	12	36	4
22	250	25	6	18	3	43	250	45	12	36	4
23	250	25	6	18	3	44	250	45	12	36	4
24	250	25	6	18	3	45	250	50	12	36	4
25	250	30	8	24	3	46	250	50	12	36	4
26	250	30	8	24	3	47	250	50	12	36	4
27	250	30	8	24	3	48	250	50	12	36	4
28	250	30	8	24	3	49	250	50	12	36	4
29	250	30	8	24	3	50	250	55	12	36	4
30	250	35	10	30	3						

— 381 —

Ilustración 78: Página 381 máquinas cálculo de taller. Fuente: [34]

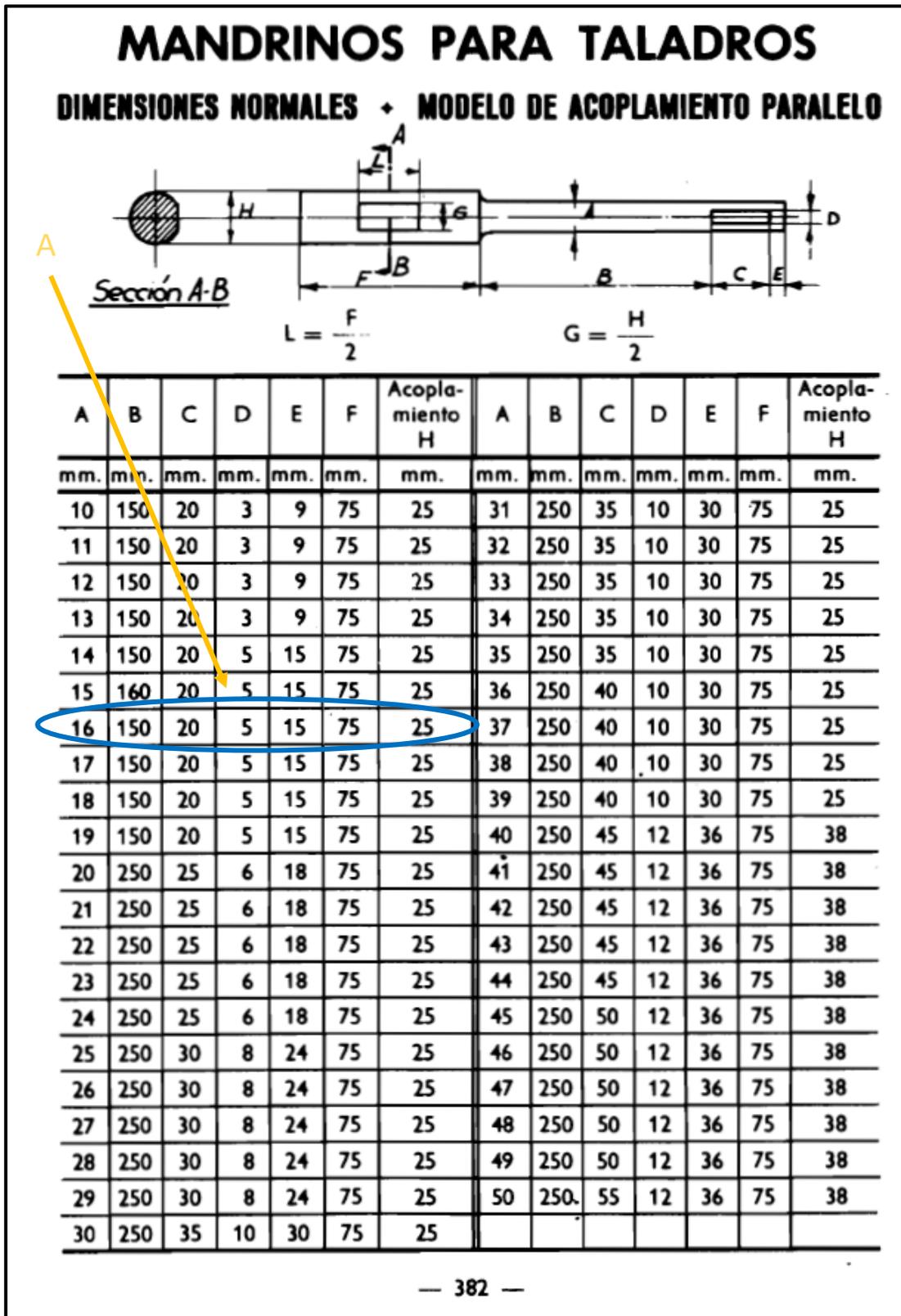


Ilustración 79: Página 382 máquinas cálculo de taller. Fuente: [34]

VI. CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

Una vez finalizado el Trabajo de Fin de Grado, vamos a realizar el desarrollo de este sexto apartado, en el cual desarrollaremos las conclusiones obtenidas tras desarrollar los capítulos anteriores.

- Hemos podido conocer la evolución histórica de la mandrinadora desarrollada en el apartado revisión y antecedentes, en el cual hemos observado la importancia que tuvo esta M-H en la revolución industrial.
- Se ha pretendido mostrar los diferentes tipos de mandrinadora que existen en la actualidad.
- Hemos realizado un estudio de las operaciones básicas a la hora de realizar un trabajo de mecanizado en esta M-H, así como los diferentes tipos de herramientas empleadas en la misma.
- En el capítulo de resultados podemos observar algunos ejemplos de trabajos realizados con la mandrinadora.

Como última conclusión de este TFG hemos podido descubrir que el trabajo de mecanizado por medio de la mandrinadora no es solo colocar la pieza y empezar a arrancar el material, tampoco es un trabajo automático, sino que requiere del esfuerzo de varios trabajadores. Es una tarea de precisión que requiere un gran trabajo previo, como hacer un trabajo previo de Metrotecnica, muchas medidas, fabricar y realizar útiles para poder fijar las piezas que no son planas, porque son muy complicadas de ubicar en la mesa de trabajo de la M-H o los trabajos de recargue por soldadura. Con esta última reflexión indicamos que la técnica de arranque por viruta empleando la mandrinadora no es solo el funcionamiento de una M-H, sino del conjunto de máquina, que sirve de apoyo a la operación de mandrinado y los operarios suficientes que hacen posible que el resultado final del producto fabricado por arranque de viruta por mandrinado sea de calidad.

VII. BIBLIOGRAFIA/WEBGRAFIA

VII. BIBLIOGRAFIA/WEBGRAFIA

Las referencias bibliográficas/webgraficas para la realización de este TFG son las siguientes:

- [1] Libro “Tecnología mecánica y Metrotecnica” Lasheras. Editorial Donostiarra.
- [2] Libro “Máquinas-Herramientas Modernas” Mario Rossi. Editorial DOSSAT, S.A
- [3] Libro “Tecnología mecánica y Metrotecnica” Pedro Coca Rebollero-Juan Rosique Jiménez. Editorial Pirámide.
- [4] Libro “Maquinas-Herramientas modernas.” Mario Rossi. Editorial Científico-Medica.
- [5] [MANDRINADO: definición de MANDRINADO y sinónimos de MANDRINADO \(español\) \(sensagent.com\)](#)
- [6] [Mandrilado - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)
- [7] <https://prezi.com/x8ntwdk544uk/maquinas-mandriladoras/?fallback=1> – Página 4
- [8] <https://prezi.com/x8ntwdk544uk/maquinas-mandriladoras/?fallback=1> – Página 8
- [9] <http://almadeherrero.blogspot.com/2011/04/maquinas-herramientas.html>
- [10] <https://ferrosplanes.com/que-es-mecanizado/>
- [11] <https://www.sutori.com/story/la-historia-de-la-revolucion-industrial--jKcF5y7j6UVND6H3enLsBAqe>
- [12] [John Wilkinson \(industrial\) - John Wilkinson \(industrialist\) - abcdef.wiki](#)
- [13] <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolucion-tecnica-de-la-maquina-herramienta-Resena-historica.html>
- [14] <https://sestao.wordpress.com/2012/02/29/taller-mecanico-mandrinadora-de-120-mm-de-husillo-refrentando-una-valvula-de-gran-tamano-aurrera-anos-50-cedida-por-begona-plaza/>
- [15] <https://juaristi.com/es/news/csic-una-mandrinadora-hidrostatica-para-la-fabricacion-de-grandes-barcos-en-china/>
- [16] <https://juaristi.com/es/empresa/historia/>

- [17] <https://www.afm.es/es/serie-mp-ram-mandrinadora-de-guiado-hidrostatico>
- [18] <https://www.netinbag.com/es/manufacturing/what-is-the-morse-taper.html>
- [19] <https://inoxform.eu/es/mandril-para-herramienta/#:~:text=Se%20puede%20definir%20al%20mandril,%2C%20generalmente%2C%20para%20los%20taladros.>
- [20] <https://www.4mepro.es/accesorios-y-recambios-para-herramientas-electricas/portabrocas-de-precision-autoajustable-para-maquina-herramienta-mt16mt3-33288.html>
- [21] <http://1.bp.blogspot.com/-41J4qkL7yTc/Vc2wcpBaTfl/AAAAAAAAOSk/UYdjxvABkJs/s1600/cono-morse-m2-mt2-mk2.JPG>
- [22] Libro “Ejecución de Procesos de Mecanizado, Conformado y Montaje.” Albert Ginjuame y Felipe Torre. Editorial Thomson Paraninfo.
- [23] Libro “Alrededor de las máquinas-herramienta” Heinrich Gerling. Editorial Reverté.
- [23] Libro “Teoría y práctica de las herramientas de corte.” Eduardo Blanpain. Editorial Gustavo Gili, S. A.
- [25] Libro “Maquinas herramienta para el trabajo de metales.” Gerolamo Membretti. Editorial Gustavo Gili, S. A.
- [26] [Cabezal de mandrinado de desbaste - 318 series - BIG KAISER - de precisión / para gran diámetro \(directindustry.es\)](http://directindustry.es)
- [27] <https://www.leroymerlin.fr/produits/outillage/outillage-a-main/cle/douille/ensemble-de-10-outils-de-tournage-en-carbure-pour-metal-plastique-bois-3401031-82777368.html>
- [28] <https://www.amazon.es/Escariador-velocidad-pulgadas-revestimiento-brillante/dp/B07CDDCP8R>
- [29] <https://www.simiranda.com/escariador-hsse-din219b-hueco-helicoidal-bc4/>
- [30] <https://www.metalmecanica.com/temas/Fresa-de-placa-giratoria+121211>
- [31] <https://ferreteriairigaray.com/comprar/tivoly-10400910910-escariador-mano-hss-regulable-09-10-mm/>
- [32] <https://www.amazon.com/-/es/CNCEST-MT3-escariadores-desbaste-acabado/dp/B0894F1W1K>
-

[33] <https://www.maymol.com/producto-6647-brocas-de-centrar>

[34] Libro "Máquinas cálculo de taller." A.L Casillas.