



República de Cuba
Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Departamento de Metalurgia Electromecánica

Trabajo de Diploma

**EN OPCIÓN AL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

**Título: Tecnología de fabricación de un tambor
rebabador para la limpieza de piezas**

Autor: Dennys Ortiz Real

**Tutores: Ing. Dayanis Alcántara Borges
Ing. Mario Sánchez Laguna**

Moa – 2012
“Año 54 de la Revolución”



Declaración de Autoridad:

Yo: Dennys Ortiz Real

Autor de este trabajo de diploma, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Dennys Ortiz Real

Ing. Dayanis Alcántara Borges

Ing. Mario Sánchez Laguna



Pensamiento

En el mismo hombre suelen ir unidos un corazón y un talento grande, pero todo hombre tiene el deber de cultivar su inteligencia, por respeto a sí mismo y al mundo.

José Martí Pérez.



Agradecimientos

A todos mis profesores por los conocimientos transmitidos durante el desempeño de mi carrera.

A mis tutores por confiar en mí en la realización de este trabajo, la Ing. Dayanis Alcántara Borges, el Ing. Mario Sánchez Laguna y al estudiante consultante de cuarto año de la carrera de Mecánica Gleydis Dueñas Rodríguez.

A mis familiares que me apoyaron en los momentos de mi vida en que más lo necesitaba.

A mis amigos que siempre creyeron en mí.

A los que de una forma u otra me apoyaron y ayudaron en la realización de este trabajo.

A la Revolución, por darme la oportunidad de convertirme en profesional.

***A todos
Muchas Gracias.***



Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a mis familiares.

A mis padres

A mis hijos por ser parte de mi existencia.

A mis amigos.

***A nuestra Revolución, por las posibilidades
que me ofrece.***



Resumen

Este trabajo tiene como objetivo realizar la tecnología de fabricación de un tambor rebabador para la limpieza de las piezas que se fabrican en la Unidad Empresarial de Base de Construcciones Metálicas de la Empresa Mecánica del Níquel "Gustavo Machín Hoed de Beche", la cual tiene como objeto social el procesado de disímiles estructuras metálicas, para ello se emplearon los procesos tecnológicos de maquinado y soldadura, los materiales fueron seleccionados de acuerdo a las exigencias técnicas y funcionamiento de cada elemento mecánico. Las máquinas herramientas utilizadas, se escogieron a partir de las dimensiones espaciales de los semiproductos y tipo de mecanizado; en favor de este último y de las propiedades físico-mecánicas de las aleaciones; se seleccionaron las herramientas de corte, el proceso de soldadura se realizó con electrodos del tipo E 7018 recomendado por la AWS en una máquina de CA/PD del tipo Miller. En los anexos del trabajo; a través de las cartas tecnológicas de fabricación se especifica los regímenes de maquinado de todas las piezas que conforman el tambor rebabador. Se realiza la valoración técnico económico, así como las incidencias de los procesos tecnológicos en el medio ambiente.



Abstract

It is paper has as objective to carry out the technology of production of a drum indorsing for the cleaning of the pieces that you/they are manufactured in the Managerial Unit of Base of Metallic Constructions of the Mechanical Company of the Nickel Gustavo Machín Hoed of Beche", which has like social object the one processed of dissimilar metallic structures, for they were used it the technological processes of having schemed and welding, the materials were selected according to the technical demands and operation of each mechanical element. The machines used tools, were chosen starting from the space dimensions of the semi products and type of automated; in favour of this last one and of the physical-mechanical properties of the alloys; the court tools were selected, the welding process was carried out with electrodes of the type E 7018 recommended by the AWS in a machine of CA/PD of the type Miller. In the annexes of the work; through the technological letters of production the regimens is specified of having schemed of all the pieces that conform the drum indorsing. He is carried out the valuation economic technician, as well as the incidences of the technological processes in the environment.



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	Pág
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	
1.1. Introducción	4
1.2. Clasificación de los tambores rebabadores	4
1.3. Mecanizado de piezas	7
1.4. Soldadura con arco y metal protegido	8
1.4.1. Establecimiento de la tecnología de soldadura	9
1.4.2. Llenado de la documentación tecnológica	10
1.5. Ensamble	10
1.5.1. Clasificación de las uniones	11
1.5.2. Fijación con elementos mecánicos. Situación y tamaño de los agujeros	12
1.6. Aceros para la fabricación de estructuras	13
1.7. Pliego de prescripciones técnicas	15
1.7.1. Planos de taller	16
1.7.1.1. Contenido	16
1.7.2. Conformación	16
1.7.3. Ensamblado previo en taller	17
1.8. Conclusiones del capítulo 1	17
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1. Introducción	18
2.2. Caracterización de los materiales del tambor	18
2.2.1. Análisis químico de los materiales objetos de estudio	18
2.2.2. Elementos componentes del tambor rebanador	19
2.3. Máquinas y equipos empleados en la fabricación del tambor	20
2.3.1. Caracterización del torno 16 K 20	21
2.3.2. Máquina para soldar	21
2.3.3. Selección del electrodo	22
2.3.4. Propiedades mecánicas según AWS	23



2.4. Selección de los regímenes de elaboración	24
2.4.1. Velocidad de corte	24
2.4.2. Profundidad de corte	25
2.4.3. Tiempo de maquinado	25
2.5. Proceso de soldadura	26
2.5.1. Cantidad de electrodos	26
2.5.2. Cálculo de consumos en la unión soldadura	27
2.6. Clasificación de los gastos de tiempo de trabajo	28
2.7. Conclusiones del capítulo 2	30
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
3.1. Introducción	31
3.2. Análisis de la tecnología de fabricación	31
3.2.1. Nómina de materiales	31
3.2.2. Listado de materiales	31
3.2.3. Ficha de precio	31
3.2.4. Normas de tiempo	32
3.2.5. Pauta de inspección	32
3.2.6. Registro de inspección dimensional	32
3.3. Instrucción tecnológica	33
3.4. Análisis de la tecnología de fabricación del tambor rebanador	33
3.5. Análisis de la tecnología de fabricación del eje largo	36
3.5.1. Análisis de la tecnología de fabricación de las tapas del tambor	37
3.6. Análisis de la soldadura a emplear en la fabricación del tambor	39
3.6.1. Resultado del proceso de soldadura	40
3.7. Valoración económica	41
3.8. Impacto medio ambiental	45
3.8.1. Calentamiento en los procesos de soldadura	46
3.8.2. Afectaciones de los procesos de soldadura	47
3.8.3. Afectaciones de los procesos de maquinado	49
3.9. Conclusiones del capítulo 3	50

CONCLUSIONES



RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS



INTRODUCCIÓN

En la época actual que el mundo está viviendo, el desarrollo de todo tipo de industria es de vital importancia para el crecimiento económico de cada país. Para ello, se llevan a cabo una serie de inversiones y continuas investigaciones. Cuba no está exento de lo antes dicho, pues diariamente se realizan investigaciones e innovaciones para así alcanzar el perfeccionamiento que impulse nuestra economía. Específicamente en nuestro municipio, existen varias industrias destinadas a la producción de níquel; y entre ellas se destaca la Empresa Mecánica del Níquel “ Gustavo Machín Hoed de Beche ”.

En esta empresa se llevan a cabo trabajos destinados al perfeccionamiento empresarial para lo cual sería mucho más productivo si estos elementos de calidad van acompañados de una tecnología avanzada en cuanto a máquinas herramientas se refiere.

El problema fundamental del Diseño en la Construcción de Maquinarias reside en construir un equipo que responda a las necesidades de un determinado cliente, que dé el mayor efecto económico, así como altos índices de explotación y facilidades en el mantenimiento.

Estructuralmente, cada tipo de molino consiste de un casco cilíndrico, con revestimientos renovables y una carga de medios de molienda. El tambor es soportado en muñones huecos fijos a las paredes laterales de modo que puede girar en torno a su eje. El diámetro del molino, determina la presión que puede ejercer el medio en las partículas de mena y, en general, mientras mayor es el tamaño de la alimentación mayor necesita ser el diámetro. La longitud del molino, junto con el diámetro, determina el volumen y por consiguiente la capacidad del molino.

Para la elección concreta de los materiales a estudiar, se han tenido en cuenta dos aspectos. El primero de ellos ha sido el estudio teórico de los materiales con la información que se ha recopilado sobre los distintos tipos de materiales (Estado del Conocimiento), mientras que el segundo ha consistido en contrastar la información



obtenida teóricamente, con la práctica mediante la experiencia de los obreros fabricantes de piezas manufacturadas.

La **Situación Problemática** de la investigación consiste que en el taller de Estructuras Metálicas de la Empresa Mecánica del Níquel se obtienen, piezas, agregados y ensambles a partir de laminados, estructuras metálicas de varios tipos, perfiles.

En las fabricaciones de nuestro taller intervienen procesos de corte de varios tipos, entre ellos tenemos:

1. Corte a oxicorte
2. Corte con plasma
3. Corte con cizalla
4. Corte con máquina de discos abrasivos

Como resultado de estos cortes se producen escorias, rebabas y salpicaduras que se deben retirar por varias vías para que las piezas cortadas tengan la calidad que se necesita de ellas.

En ocasiones nos hemos enfrentado a cortes de un gran número de piezas, por ejemplo, arandelas, pletinas y otras piezas de configuración pequeña en las que la limpieza de estos constituye un verdadero problema debido a que contamos con métodos de limpieza mecánicos (manuales) o con disco abrasivo. Estos procedimientos son lentos, no productivos y engorrosos para los operarios que lo realizan.

El **Problema** a investigar lo constituye: Inexistencia de un tambor rebabador que permita realizar la limpieza de los semiproductos cortados por diferentes procesos y que incrementan la productividad, el esfuerzo físico y el costo de producción.

Como **Objeto** de la investigación se establece: Tambor rebabador para la limpieza de piezas después del corte de las mismas.



Campo de acción

Establecimiento de la tecnología de fabricación de un tambor rebabador para la limpieza de piezas pequeñas obtenidas por diferentes procesos de corte.

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente **hipótesis**

Es posible a través de la elaboración de una tecnología de fabricación, construir un cilindro rebabador en la UEB de Construcciones Metálicas de la Empresa Mecánica del Níquel, que permita la limpieza de diferentes piezas pequeñas con diferente construcción geométrica y evitar el esfuerzo físico por parte de los operarios.

A partir de la hipótesis planteada, se define como **Objetivo del trabajo**: Desarrollar la tecnología de fabricación de un tambor rebabador para la UEB de Construcciones Metálicas.

Por lo que se definen los siguientes **Objetivos Específicos**:

1. Caracterizar las operaciones por las cuales transita la fabricación de un tambor rebabador para la limpieza de piezas.
2. Realizar la tecnología de fabricación del tambor rebabador, caracterizando los materiales empleados en dicho proceso de fabricación.
3. Establecer la metodología propuesta y validación de los resultados obtenidos durante el proceso de fabricación del tambor rebabador.

Para lograr el cumplimiento del objetivo propuesto, se plantean las siguientes **tareas de trabajo**:

1. Establecimiento del estado del arte y sistematización de los conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio.
2. Elaboración de la tecnología de fabricación del tambor rebabador.
3. Observación de la ejecución experimental del proceso para validar los tiempos calculados.
4. Análisis de los resultados y fundamentación de la tecnología de fabricación del tambor rebabador.

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1. Introducción

Las características finales de los materiales varían en función del proceso adoptado para su elaboración y de las múltiples combinaciones, tanto en tipo como en proporciones, de los materiales usados para su constitución (Ginjaume y Torres, 2005)

Para la elección concreta de los materiales a estudiar como, se han tenido en cuenta dos aspectos. El primero de ellos ha sido el estudio teórico de los materiales con la información que se ha recopilado sobre los distintos tipos de materiales, mientras que el segundo ha consistido en contrastar la información obtenida teóricamente con la práctica mediante la experiencia de los obreros fabricantes de piezas manufacturadas.

En el presente capítulo se establece como **objetivo**.

- Realizar un análisis de la bibliografía existente que permita definir el estado del arte en la temática abordada y sustentar los resultados alcanzados en la investigación.

1.2. Clasificación de los tambores rebabadores

En la industria metalúrgica se realizan diversos procesos en los cuales en las materias primas, como resultado de la interacción química, dan lugar a profundas transformaciones acompañadas con el cambio de estado de agregación, de su estructura interna y de la composición de los materiales a lo que forman parte de estos últimos toda una serie de operaciones en dependencia de las leyes básicas que definen la velocidad del proceso. Existen una variedad de tambores en función del proceso que se esté realizando, entre los cuales se distinguen la industria del cemento, la industria siderúrgica y de manera principal la metalurgia no ferrosa.

Los tambores rebabadores se fabrican en consideración con el funcionamiento de un molino de bola, y sobre la productividad de un molino de bolas, influyen un conjunto de factores tecnológicos como son: el grado de llenado del molino, su

velocidad de rotación, su revestimiento interno (Gasparini *et al*, 2009; Cardona y Clos, 2000).

También influye un conjunto grande de factores propios de las características del material como son: tipo, el grado de dureza (Buraya, 2001). Debido a la complejidad del proceso, la información sobre la relación existente entre la productividad y la eficiencia energética de una unidad, debe ser obtenida mediante un estudio de la misma en sus condiciones concretas de explotación, con la aplicación de técnicas estadísticas que permitan valorar no sólo la influencia de aquellos factores fundamentales conocidos, sino también de aquéllos de carácter secundario y de naturaleza casual.

Los tambores están constituidos por un tambor con dos tapas laterales (ver anexo 1), en el centro donde se encuentran los gorriones, las cuales descansan en cojinetes de rodillos o fricción, según el tipo constructivo; el segundo es más común que el primero.

El tambor se llena aproximadamente hasta la mitad del volumen interior con los elementos. Durante la rotación del tambor, las piezas a limpiar se elevan hasta la altura que corresponde al equilibrio dinámico y o bien caen en forma de parábola, o se deslizan hacia abajo en forma de capas. Por uno de los laterales se alimenta el equipo, el cual realiza la limpieza en el interior del tambor por los métodos de compresión, golpe y fricción, para luego descargarse por la descarga. Durante el movimiento del tambor, el material se desplaza por el interior del molino desde a boca de carga hasta el gorrón de descarga.

Los molinos se caracterizan por las dimensiones del diámetro interior y el largo del tambor. El tambor se recubre con planchas de acero Hard Ni, acero al carbono, al manganeso o cromo - molibdeno. De todos ellos los más resistentes a la abrasividad son los de acero de cromo – molibdeno y los de Hard níquel. Los recubrimientos internos de los molinos representan el mayor peso específico en el costo de los molinos.

Existen múltiples tipos de recubrimiento: lisos, ondulados, de paso. El grupo franco - belga Magoteaux produce un tipo de recubrimiento conocido por el

nombre de Dorr – lift cuya evaluación debe ser contemplada, pues reducen considerablemente los gastos energéticos de los molinos.

En los últimos años han aparecido los recubrimientos sintéticos, los cuales no solo reducen los costos energéticos, sino también el nivel de ruido, los costos de mantenimiento por su fácil instalación y larga vida.

Al igual que en las cribas rotatorias, en los molinos la frecuencia de rotación es de suma importancia, no sólo por que define el régimen de trabajo del molino y por tanto, las características del producto molido, sino también porque define en gran medida el consumo de energía del mismo. Al mismo tiempo, el aumento desmedido de la velocidad de rotación puede conllevar al fenómeno de centrifugación de bolas, fenómeno muy poco deseado por los tecnólogos beneficiadores, a esta velocidad con la cual las bolas comienzan a girar conjuntamente con el tambor, pegadas a la superficie del tambor se le denomina velocidad crítica.

El alto consumo de energía en las máquinas de trituración y molienda se considera como uno de los elementos fundamentales dentro del proceso de beneficio. El equipamiento disponible para la trituración y molienda de minerales carece de un principio organizativo que le permita suministrar al máximo la energía suministrada en el rompimiento de las partículas minerales (Coello y Tijonov, 2001).

En el proceso de limpieza, la energía ocurre de forma desmedida, el grado de liberación necesario se alcanza a costa de una alta remolienda, de ahí su baja eficiencia.

Andreiev *et al.* (1980), establecieron que la energía útil en el trabajo con molinos no supera el 3 % de toda la energía consumida por el equipo Beke (1964) determinó que el consumo de energía en el rompimiento de la inercia no supera el 0,6 %. Independientemente de la diferencia en los resultados de ambos investigadores, la energía que se consume propiamente en el rompimiento es sumamente pequeña. En la dinámica de la rotación del tambor existen muchos

trabajos que relacionan la carga del tambor con su consumo energético y el comportamiento de su eficiencia.

1.3. Mecanizado de piezas

Mecanizado es el término usado para designar los procesos de manufactura con arranque de viruta (Kalpakjian *et al.*, 2002). Consiste en la fabricación de un producto por medio de la eliminación de material sobrante sobre una forma preconcebida hasta alcanzar la especificaciones requeridas por el diseño.

El mecanizado es uno de los procesos de fabricación más utilizado en la actualidad, especialmente en campos como el automovilístico o el aeronáutico. Por este motivo el estudio sobre estos procesos de eliminación de materiales está en auge en la industria actual (Kalpakjian *et al.*, 2002).

Dada la naturaleza amplia de la ciencia del corte de los metales, un estudio sobre este tema puede ser abordado desde muchas perspectivas, como el material de la pieza a fabricar, las características de la herramienta, la temperatura y la fuerza en la zona de corte, la velocidad de corte, la cantidad y el tipo de viruta generada, la rugosidad obtenida, o bien la combinación de todos ellos (Bäker, 2002).

Entre las abundantes ventajas de los procesos de mecanizado con arranque de viruta cabe destacar la precisión dimensional así como la complicada geometría que se puede conseguir. Además, las piezas mecanizadas obtienen un acabado superficial muy superior al conseguido mediante otros métodos de fabricación como la fundición.

Por otro lado, el tiempo empleado generalmente en el mecanizado de una pieza es mayor que el que se necesitaría para otro proceso de fabricación, por lo que para una gran producción puede resultar un proceso demasiado largo.

En el aspecto económico, el mecanizado resulta ventajoso cuando se requieren características especiales de superficie, especialmente si se trata de una pequeña producción (Kalpakjian *et al.*, 2002; Quiza, 2004). No obstante, el desperdicio de material que se produce durante el mecanizado hace que las ventajas económicas disminuyan.

La maquinabilidad describe la facilidad con que un material puede ser maquinado, y está relacionada con las propiedades mecánicas de los mismos. Además de esto, esa maquinabilidad está igualmente relacionada con la composición química del material, su microestructura, resistencia y los parámetros de corte utilizados como: avance, velocidad de corte, profundidad de corte y fluido de corte (Oxley, 1989; Trent, 2000).

Los procesos de mecanizado constituyen en la actualidad el conjunto de procesos de fabricación más ampliamente difundidos en la industria. Esto se debe, entre otras razones, a su gran versatilidad en la obtención de geometrías y al nivel de precisión dimensional obtenido en comparación con otros procesos (Coromant Sandvik, 2003).

La realización de un proceso de mecanizado, requiere la intervención de tres elementos:

1. Pieza: el término genérico "pieza" representa el elemento material objeto de la transformación durante la ejecución del proceso. En su estado inicial o preforma, a geometría de la pieza presenta unas creces, que suponen una sobredimensión respecto a las dimensiones finales a obtener.

2. Herramienta: una herramienta consta, en general, de una o varias aristas o filos. La cara de incidencia, enfrentada a la superficie mecanizada de la pieza y la cara de desprendimiento, aquella por la que se desprende el material eliminado o viruta. Las aristas se denominan también filos de corte.

3. Máquina - Herramienta: puede considerarse constituida por el conjunto de dispositivos que permiten el desplazamiento relativo entre la pieza y la herramienta y la eliminación del material sobrante de la preforma.

1.4. Soldadura con arco y metal protegido

La soldadura con arco y metal protegido (SMAW) es uno de los procesos de unión más antiguos, sencillos y versátiles. Hoy en día, un cincuenta por ciento de toda la soldadura en la industria y el mantenimiento se hace mediante este proceso. El arco eléctrico se genera tocando la pieza con la punta de un electrodo recubierto y retirándola con rapidez a la distancia suficiente para mantener el arco. Los

electrodos tienen la forma de una varilla delgada y larga, por lo que este proceso se denomina también soldadura con varilla (Burgos, 1987)

Easterling (1992), el proceso de arco y metal protegidos se usa con frecuencia en la construcción en general, en astilleros, oleoductos y en trabajos de mantenimiento, porque el equipo es portátil y se puede reparar con facilidad. Es muy útil en zonas remotas, donde puede llevar un generador con motor de combustión como fuente de electricidad. El proceso se adapta bien para espesores de pieza de 3 a 19 mm, aunque se puede ampliar con facilidad este intervalo si los operadores son hábiles y usan técnicas de múltiples pasos. En consecuencia, los costos de mano de obra y material son altos.

1.4.1. Establecimiento de la tecnología de soldadura

El establecimiento de la tecnología de soldadura de un conjunto o ensamble soldado es una tarea de bastante complejidad que debe resolver el ingeniero mecánico. Es importante destacar que el establecimiento de una tecnología de soldadura no sigue una secuencia lineal de pasos, ya que el ingeniero debe hacer un análisis complejo, en el que una gran cantidad de las decisiones que va tomando depende de otras y viceversa.

La tecnología correcta será aquella que permita fabricar el ensamble soldado de la forma más rápida, sencilla, económica y que a la vez permita obtener un producto con la calidad necesaria.

La correcta elaboración de una tecnología de soldadura transcurre por una serie de etapas que se resumen a continuación siguiendo un orden lo más lógico posible. El ingeniero debe tener claro que este no constituye en modo alguno un algoritmo lineal rígido, sino que solo representa una ayuda para la organización del trabajo, lo que es importante sobre todo para personas que comienzan en este tipo de tarea.

Se deberá disponer de un plan de soldadura aplicable a los aceros definidos que incluirá precauciones adecuadas frente al riesgo de desgarro laminar en caso de que se transmitan tensiones de tracción en el sentido perpendicular al espesor del material (Meyer, 1968)

El plan de soldadura incluirá los aspectos siguientes que sean pertinentes:

- a) Detalle de la unión.
- b) Tamaño y tipo de la unión.
- c) Especificaciones tales como tipo de electrodo y precalentamiento.
- d) Secuencia de soldeo limitaciones a la soldadura discontinua o comprobaciones intermedias.
- e) Cualquier giro o volteo de la pieza necesarias para el soldeo.
- f) Detalle de fijaciones provisionales.
- g) Disposiciones frente a desgarro laminar.
- h) Referencia al Plan de Inspección y Ensayos.
- i) Todos los requisitos para identificación de soldaduras

1.4.2. Llenado de la documentación tecnológica

Finalmente el ingeniero debe llenar la Documentación Tecnológica que se envía al taller para ejecutar la fabricación del conjunto. Esta documentación incluye todos los procedimientos de soldeo que se deben emplear, así como la descripción de todos los pasos para el ensamble, soldadura, tratamiento postsoldadura y control de la calidad de dicho conjunto. Para esto se empleará el modelo que la empresa tenga establecido.

1.5. Ensamble

Se llama ensamble a la conexión o unión de dos o más piezas, habitualmente de madera, pero también plástico, metacrilato o cualquier otro material capaz de ser cortado y tallado, de forma que unas piezas encajen rígidamente en otras. En muchas ocasiones, además del encastre entre piezas, se refuerza la unión mediante adhesivos, puntas, tornillos. Una de las piezas tiene forma de lengüeta, espiga, y se introduce o incrusta en la otra.

Los tipos de ensamblaje más habituales son los siguientes: ensamblaje a tope, que en realidad es el simple contacto entre piezas reforzado mediante adhesivo o puntas; ensamblaje de caja y espiga; de cola de milano; ensamblaje recto de media madera caracterizado por tener espigas más finas y numerosas que el de caja y espiga; machihembrado ensamblaje en el que una lengüeta tallada en la

dimensión mayor de una tabla se inserta en la ranura o hembra labrada en la adyacente.

1.5.1. Clasificación de las uniones

Atendiendo a los métodos de unión, hay cuatro grandes familias de técnicas de unión: mediante dispositivos o accesorios ligaduras, juntas, grapas, clavado, atornillado, roblonado; mediante adhesivos; aprovechando procesos físicos, procesos de soldadura y difusión, con o sin aporte de material externo; mediante ensamblajes, se configuran las partes de modo que encajen y puedan permanecer solidarias (Taylor, 1975)

Atendiendo a su duración, se puede hablar de uniones provisionales, temporales, las cuales deben ser eficaces, pero a la vez, deben permitir su eliminación para operaciones de mantenimiento o revisión y permanentes.

Al hablar de técnicas de unión, finalmente, se debe tener en cuenta el material al que van a aplicarse dichas técnicas. Es diferente unir materiales isotrópicos, tales como los metales; materiales resistentes a la compresión (cementos, cerámicos y maderas y, por último, materiales porosos o no porosos), puesto que las peculiaridades resistentes de cada uno de ellos determinan los tipos de unión que mejor soportan (Callister, 1999).

La unión realizada mediante tornillos (Micheletti, 1986) adolece de falta de rigidez y, además, el material tiende a envejecer, relajando la presión que ejerce sobre la punta, por lo que el conjunto unido mediante puntas se colapsa o separa. Un resalte en hélice, llamado fileteado, permite superar estos déficit. Si además la tija, en lugar de cilíndrica, se hace cónica, ejerce el efecto adicional de incrementar la presión sobre el material según avanza a través de él.

Los tornillos pueden clasificarse según el tipo de cabeza, al igual que las puntas, o más específica y comúnmente por el tipo de fileteado. Por lo que respecta a las tuercas, es de destacar la almenada que dispone de ranura que permiten alojar un pasador de seguridad y la ciega que termina en un casquete esférico que protege la rosca y asegura su estanqueidad (Budynas *et al*, 2008).

El remachado de puntas empleado como método de seguridad y afianzamiento de uniones, por su parte, se sustituye por el tornillo pasante: mediante un taladro efectuado en el material, el tornillo lo atraviesa, enroscándose su fileteado mediante una tuerca, elemento metálico cuya superficie interior está fileteada de forma compatible con el tornillo. Al conjunto se le denomina perno. (Martínez, 2003).

Un elemento adicional de fijación es la arandela (Groover, 1997), que permite roscar la tuerca sin dañar el material base, ya que la tuerca gira sobre la arandela. Cuando la arandela colabora en la fijación y no sólo favorece el roscado adopta diversas formas: helicoidal arandela Grover o troncocónica arandela Beleville. Además de aumentar la superficie de contacto sobre el material unido las arandelas impiden que se afloje la tuerca, ya sea por su geometría o porque mantienen una tensión constante entre la tuerca y la base.

Existe una gran variedad de dispositivos que permiten unir partes en un todo. Los más habituales son las abrazaderas y los racores. Las abrazaderas son dispositivos que constan de una pletina y un tornillo que permite fijarlas sobre las piezas a unir, generalmente tubulares. Los racores son dispositivos, fileteados interiormente, que unen tubos roscados en sus extremos, pudiendo ser rígidos o flexibles, de acuerdo con la finalidad que posean (John, 1995).

1.5.2. Fijación con elementos mecánicos. Situación y tamaño de los agujeros

El método más común de sujeción mecánica es el uso de tornillos, tuercas, roscas, pernos y una diversidad de sujetadores. Estos procesos también se llaman ensamblado mecánico. En general, la sujeción mecánica requiere que los componentes posean orificios a través de los cuales se inserten los sujetadores. Esas uniones pueden someterse a esfuerzos cortantes y de tensión, y deben estar diseñadas para resistirlos.

El diámetro de los agujeros en relación con el de los tornillos debe ser apropiado a los principios indicados en el apartado anterior.

Las holguras nominales, que sumadas al diámetro del tornillo proporcionan el del agujero son:



a) Agujeros redondos normales.

1 mm para tornillos M12 y M14

2 mm para tornillos M16 a M24

3 mm para tornillos M27 y mayores.

b) Agujeros redondos sobredimensionados en uniones resistentes por rozamiento.

3 mm para tornillos M 12

4 mm para tornillos M 14 a M 22

6 mm para tornillos M 24

8 mm para tornillos M 27 y mayores.

c) Agujeros rasgados cortos, sentido longitudinal en uniones resistentes al deslizamiento.

4 mm para tornillos M 12 y M 14

6 mm para tornillos M16 a M 22

8 mm para tornillos M 24

10 mm para tornillos M 27 y mayores.

Para los agujeros rasgados, en el sentido corto, las holguras serán idénticas a las de agujero redondo.

Los tornillos calibrados se colocarán en agujeros con una holgura de 0,3 mm.

En las uniones resistentes al deslizamiento pueden disponerse holguras superiores a las indicadas en el sentido longitudinal siempre que no se supere en dos veces y medio el diámetro nominal del tornillo. En uniones al exterior los agujeros rasgados deberán quedar cubiertos por tapajuntas o arandelas de dimensiones adecuadas cuyos agujeros serán de holgura normal. Las distancias entre ejes de tornillos y de éstos a los bordes deberán cumplir con los valores mínimos establecidos en el Proyecto y también con los máximos, especialmente si la unión ha sido concebida para permitir redistribución plástica de esfuerzos en tornillos y su capacidad está determinada por la resistencia a aplastamiento.

1.6. Aceros para la fabricación de estructuras

En el continente americano la forma más popular de especificar un acero es por su número ASTM (American Society for Testing of Materials). Actualmente la mayoría

de los Códigos de fabricación de recipientes a presión, estructuras, hacen referencia a las especificaciones ASTM de acero.

Ej. Acero A 36, donde la A indica que se trata de un material ferroso.

Otra forma popular de especificar aceros es a través del Sistema AISI/SAE (American Iron and Steel Institute / Society of Automotive Engineers).

Ej. Acero 4140

- donde los dos primeros dígitos indican el contenido de aleación fundamental, en este caso 41 significa aleados al cromo - molibdeno.
- los dos últimos dígitos indican el contenido medio de carbono, en este caso de 0,40 %.

Para conocer las propiedades mecánicas, composición química, de los aceros es necesario consultar normas, especificaciones, bases de datos.

Los aceros al carbono representan el grupo más importante de materiales metálicos para ingeniería. La característica más sobresaliente del acero es su versatilidad, ya que sus propiedades pueden ser controladas y modificadas con el fin de satisfacer los requerimientos de servicio. En estos aceros, los principales factores que afectan a sus propiedades mecánicas son el contenido en carbono y la microestructura (Guliaev, 1983)

Estos aceros en general presentan buena soldabilidad con cualquiera de los procesos de soldadura estudiados y no requieren el empleo de precalentamiento; aunque espesores gruesos de más de 50 mm y ciertas uniones pueden requerir algún precalentamiento.

Cuando el contenido de carbono se aproxima a 0,30 % y el de manganeso a 1,40 % puede aparecer tendencia al agrietamiento en frío, por lo que se recomienda la soldadura con proceso de bajo hidrógeno y el empleo de precalentamiento, cuando el espesor es mayor de 25 mm.

Básicamente, la resistencia a la tensión, a la cadencia y la dureza, se incrementan al aumentar el contenido de carbono; por el contrario, la elongación, la reducción de área y la tenacidad disminuyen notablemente con dicho incremento. Otro atributo del acero, el cual es seguramente de mayor importancia, es su capacidad

para endurecer, cualidad que comúnmente se denomina templabilidad. Esta característica también se ve afectada con el aumento en el contenido de carbono.

Dentro de este tipo de aceros se encuentran los denominados endurecibles por temple para los cuales el contenido en carbono debe ser al menos de un 0,25 %.

Aceros con un contenido de carbono entorno a un 0,4 - 0,5 % son usados ampliamente para la construcción de estructuras y diversas partes de maquinaria, como pernos, tornillos, ejes, engranajes, debido a su alta resistencia mecánica, a su resistencia al desgaste a su elevada dureza y a sus favorables condiciones económicas como son su bajo costo y la garantía de abastecimiento.

Para la unión de este tipo de aceros se han empleado tradicionalmente los procesos convencionales de soldadura por fusión; estos tipos de soldadura presentan diversos tipos de problemas característicos del proceso:

- Gran cantidad de calor generado por el arco.
- Necesidad de empleo de fundentes.
- Uso de electrodos de materiales reactivos.
- Incompatibilidad (en ocasiones) de las propiedades mecánicas del metal de aporte y el metal base.

Estos problemas conducen a la aparición de diferentes tipos de defectos tales como:

- Elevadas distorsiones de los elementos soldados.
- Inclusión de escorias en la unión soldada.
- Excesivas salpicaduras durante el proceso.
- Excesiva porosidad.

Y todo lo anterior conlleva unas pobres propiedades mecánicas de la unión soldada.

1.7. Pliego de prescripciones técnicas

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares incluirá todos los requisitos de fabricación, montaje y materiales necesarios para garantizar el nivel de seguridad del proyecto, pudiendo contener indicaciones complementarias sin reducir las

exigencias tecnológicas ni invalidando los valores mínimos de calidad establecidos.

1.7.1. Planos de taller

El operador basándose en el plano del Proyecto, realizará los planos de taller para definir las etapas de la elaboración del tambor rebabador, debiendo comprobar en obra las cotas de replanteo y la compatibilidad con el resto de la construcción.

1.7.1.1. Contenido

Los planos de taller contendrán en forma completa:

- a) Las dimensiones necesarias para definir inequívocamente todos los elementos de la estructura.
- b) La disposición de las uniones, incluso las provisionales.
- c) El diámetro de los agujeros de los tornillos, con indicación de la forma de mecanizado. Clase y diámetro de los tornillos.
- d) La forma y dimensiones de las uniones soldadas, preparación de bordes, procedimiento y posición de soldeo, material de aportación y orden de ejecución si es este necesario.
- e) Las indicaciones sobre mecanizado o tratamiento de los elementos que lo precisen.

Todo plano de taller llevará indicados los perfiles, clase de acero, pesos y marcas de cada uno de los elementos de la estructura representados en él.

1.7.2. Conformación

Esta operación puede realizarse por doblado o plegado hasta que se obtenga la forma requerida tanto en frío como en caliente, siempre que las características del material no queden por debajo de las especificadas en el proyecto.

Cuando se realice el plegado o curvado en frío se respetarán los radios mínimos recomendados en la norma UNE-EN 10025). Caso de no cumplirse las tablas de dicha norma y siempre que no se supere en la fibra más traccionada un alargamiento igual a la cuarta parte del de rotura del material se deberá redactar un procedimiento específico en el que se indique el tratamiento térmico a aplicar y las medidas de control oportunas.

Para la conformación en caliente se deberán seguir las indicaciones del suministrador, especialmente en el caso de aceros de grano fino (UNE-EN 10113). La duración y velocidad tanto del trabajo mecánico como del enfriamiento deben ser adecuadas para evitar el deterioro de la tenacidad y resistencia del acero. En particular se prohíbe cualquier manipulación en el intervalo de color azul (de 250 °C a 380 °C). La operación de plegado o curvado se llevará a cabo a temperatura de rojo cereza claro (de 950 °C a 1 050 °C) y se interrumpirá si baja a rojo sombra (alrededor de 700 °C) La determinación de la temperatura de trabajo deberá ser constatada de forma eficaz.

1.7.3. Ensamblado previo en taller

Esta operación consiste en presentar las piezas elaboradas en taller y proceder a su ensamblado previo al montaje en obra. Se deberá obtener una coincidencia de uniones dentro de las tolerancias aplicables, sin forzar o dañar las piezas.

Se deberá comprobar el ajuste de las superficies de apoyo por contacto en cuanto a dimensiones, ortogonalidad y planitud.

En todas las uniones o piezas provisionales utilizadas en el armado en taller se adoptarán las adecuadas medidas de seguridad y se aplicarán los criterios de esta norma como si se tratasen de elementos definitivos a instalar en obra.

1.8. Conclusiones del capítulo 1

- ✓ Los aceros de bajo y medio contenido de carbono, se han usado desde hace más de tiempo que los demás materiales. Se siguen usando para operaciones de maquinado de baja velocidad y para la fabricación de diferentes tipos de estructuras ya que presentan buena maquinabilidad y soldabilidad.
- ✓ Los procesos de conformado por eliminación de material, denominados procesos de mecanizado, se caracterizan por la obtención de la geometría final de la pieza mediante la eliminación del material sobrante de una preforma de partida.

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Introducción

El objetivo de los procesos de desprendimiento de escorias, rebaba duras y partes sobrantes de piezas soldadas, hasta el punto de conseguir la liberación de la parte de interés. Esta etapa de gran importancia en el taller de construcciones metálica con el objetivo de tener una pieza de mejor acabado, dado que suele ser de vital importancia para el aumento de la productividad y la humanización del trabajo.

En este capítulo se plantea como objetivo relacionar los elementos que se emplean para la fabricación del tambor rebabador, así como las máquinas empleadas en el proceso y fundamentar las propiedades a investigar donde se explican los métodos, procedimientos y condiciones en la que se realizarán los experimentos.

2.2. Caracterización de los materiales del tambor

Con frecuencia la resistencia de los elemento en un sistema es un asunto muy importante para determinar la configuración geométrica y las dimensiones que tendrá dicho elemento. En tal caso se dice que la resistencia es un factor importante de diseño. Cuando se usa la expresión considerada de diseño se está refiriendo a una característica que influye en el diseño de un elemento o, quizá, en todo el sistema. Generalmente se tienen que tomar en cuentas varias de estos factores en un caso de diseño determinado.

2.2.1. Análisis químico de los materiales objetos de estudio

El análisis químico se realizó empleando un espectrómetro de Masa ESPECTROLAB 230 con electrodo de carbón bajo arco sumergido en la atmósfera de argón en el Laboratorio del Taller de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel, Comandante Gustavo Machín de Beche", Moa. En las tablas 2.1, 2.2; 2.3 y 2.4 donde aparecen la composición química de los mismos.

Tabla 2.1. Composición química estándar del acero AISI 1045

C	Mn	Cu	Si	Ni	Cr	Mo	Fe
0,46 %	0,65 %	0,16 %	0,25 %	0,40 %	0,40 %	0,10 %	Balance

Tabla. 2.2. Composición química del acero AISI 1020

C	Si	Mn	Cr	Ni	Fe
0,20 %	0,48 %	0,60 %	0,05 %	0,02 %	Balance

Tabla 2.3. Composición química del acero A 515

C %	Si %	Mn%	P%	S %	Cr %	Mo %
0.20	0.40	0,90	0.035	0.015	0.05	0.02

Tabla 2.4. Propiedades mecánicas

C %	Resist a la tracción (KSI)	Resist a la tracción (MPa)	Fluencia (KSI)	Fluencia (MPa)	Elongación en 200 mm (%)	Elongación en 50 mm (%)
A 515 Grado 60	60-80	415-550	32	220	21	25
A 515 Grado 65	65-85	450-585	35	240	19	23
A 515 Grado 70	70-90	485-620	38	260	17	21

La selección de los materiales está definida por criterio de semejanza, se han seleccionados los mismos teniendo en cuenta las características de los materiales analizados para este tipo de trabajo.

2.2.2. Elementos componentes del tambor rebabador

La selección se realizó atendiendo las características funcionales de los mismos, el acero AISI 1020 se empleó en la fabricación de los siguientes elementos:

- Cilindro o cuerpo.
- Apoyos.
- Platos para cuerpo del cilindro
- Tapa
- Bidas
- Mecanismo de Transmisión de movimiento (comprende motor eléctrico, Reductor, acoplamiento elástico y par de engranes).
- Base y cimentación
- Sistema de Extracción de Polvos.
- Accionamiento Eléctrico y otros controles.

Debido a la envergadura de este trabajo solamente nos limitaremos a describir la tecnología de fabricación del cuerpo o cilindro.

Otros elementos, de los cuales se requiere de mayor resistencia mecánica fueron fabricados de acero AISI 1045, los cuales relacionamos a continuación:

- Árbol soporte del tambor rebabador.
- Tornillos y tuercas que conforman las uniones mecánicas con distintos diámetros y longitudes.
- Tuerca cilíndrica de seguridad.
- Tuerca de los soportes.
- Tuerca del árbol central.
- Tuerca del rodamiento.

El acero AISI 515 es empleado en la fabricación de:

- Las arandelas de presión
- Bridas interiores del tambor
- Pasadores de cierre de tambor.

2.3. Máquinas y equipos empleados en la fabricación del tambor

Es habitual que en los procesos de fabricación se emplean diferentes equipos e instrumentos, con el objetivo de convertir la materia prima en producto final dentro de los mismos se encuentran.

Instrumentos.

- Cinta métrica, pie de rey, compás, punta de trazar, granete, martillo.

Equipos

- Equipo de soldadura oxiacetilénica.

Máquinas

- Máquina de corte con plasma (Challenger)
- Cilindro de 4 masa
- Transformador de CD (Miller)
- Mandriladora horizontal
- Taladro vertical
- Torno 16k20

2.3.1. Caracterización del torno 16 K 20

El torno (figura 2.1) es la máquina más utilizada en las pequeñas industrias mecánicas y talleres de reparaciones, además permite un cambio rápido de las herramientas de corte.

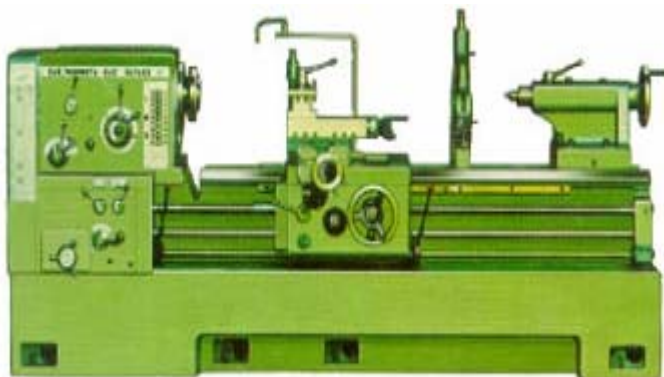


Figura 2.1. Torno paralelo 16 K 20.

Los trabajos de torneado se realizaron en el torno 16K20, en el cual se puede realizar todas las operaciones que se requieren para la fabricación de los elementos relacionados anteriormente, dentro de las principales características que presenta la máquina son las siguientes:

Algunas de las características más notables del mismo son:

- Potencia del motor eléctrico. 10 (kW)
- Tensión. 400 (V)
- Frecuencia de rotación del husillo. 12,5 – 1 600n (rev/min)
- Avance:
 - Longitudinal. 0,05... 2,8 (mm/rev)
 - Transversal. 0,025...1,4 (mm/rev)
- Fuerza máxima laborable sobre el mecanismo de avance. . . 400 (kgf)

2.3.2. Máquina para soldar

La máquina soldadora tipo transformador produce corriente alterna. La potencia es tomada directamente de una línea de fuerza eléctrica y transformada en un voltaje requerido para soldar. El tamaño de la máquina soldadora por utilizar depende de la clase y cantidad de soldadura por hacer.

Las características de la máquina del tipo Miller aparecen en la tabla 2.6

Tabla 2.6. Características de la máquina empleada del tipo Miller

Alimentación primaria		230 V monofásica - 60/60 Hz
Consumo primario de intensidad máxima		19A (TIG) - 29A (ARCO)
Voltaje en vacío		82 V
Gama de ajuste		5A a 150 A
Factor de Marcha (a 40° C)	a 100%	100 A
	a 60%	120 A
	a 35%	150 A
Diámetro de electrodo máximo		4 mm / 5/32pulg
Índice de Protección		IP23
Normas		EN 60974-1
Dimensiones (L x a x A)		420 x 175 x 300 mm
Masa		10 kg

2.3.3. Selección del electrodo

La selección de material aporte requerido se hace conforme al proceso o procesos de soldadura seleccionado, especificaciones de la AWS para materiales de aporte, designación por proceso y material, almacenamiento y cuidados especiales y por último recomendaciones técnicas del fabricante y/o proveedor a través de sus asesores o catálogos.

El electrodo empleado en la unión de las piezas es el E 7018, según AWS se clasifica en:

INFRA 7018, Básico (Bajo hidrógeno)

Otras denominaciones

ASME SFA 5,1 E 7018

AWS A 5,1 E 7018

Aplicaciones

Electrodo para propósitos generales. Fabricación de tuberías y líneas de tuberías de alta presión, calderas, recipientes a presión, fundiciones de aceros, aceros templados y revenidos, construcción de embarcaciones.

Descripción

Nuevo electrodo bajo hidrógeno con polvo de hierro en su revestimiento, para soldar en todas posiciones. Tiene excelentes propiedades mecánicas a temperaturas bajo cero, es recomendable para fabricación de tanques, tuberías.

Características de la soldadura

Sueldan bien en todas las posiciones, tienen un arco estable. El depósito es a prueba de grietas, resistente al envejecimiento y no se ve afectado por las impurezas de los aceros. Puede utilizarse corriente alterna siempre y cuando la tensión de vacío de la fuente de poder sea lo suficientemente alta para un rendimiento de 120 %. Calidad radiográfica excelente tenacidad a probetas Charpa V-Notch, electrodo de muy fácil operación con CA o CD-PI, no hay chisporroteo ni salpicaduras, arco sereno y aprobado por su fácil manipulación. Muy utilizado para relleno rápido en obras de gran magnitud.

Instrucción para soldar

Limpiar la zona para soldar, mantener el arco corto. Utilizar solo electrodo húmedo si estos estuvieran húmedos, deberán secarse de 2 - 3 horas a temperaturas de 250 - 300 °C.

2.3.4. Propiedades mecánicas según AWS

La penetración tiende a ser escasa y hay poca pérdida. Las velocidades de deposición son buenas. Los depósitos son limpios y tienen la consistencia deseable de una imagen radiográfica. Los electrodos de la clase E-7018 están utilizándose considerablemente en la soldadura de recipientes a presión y tuberías, donde la corrosión y el calor hacen que el uso de las aleaciones de acero sea más práctico. Las propiedades mecánicas aparecen en la tabla 2.7.

Tabla 2.7. Propiedades mecánicas según AWS.

Resist a la tensión	Límite elástico	Elongación en 2"
4950 kgf/cm ² 70 000 Psi	4100 kg/cm ² 58 000 Psi	22% min

Para evaluar la resistencia mínima a la tracción del electrodo en el SI:

$$\frac{70000 \text{ Psi} \cdot 0,7}{1000} = 490 [\text{Mpa}]$$

Composición química del depósito

Electrodos de bajo hidrógeno o básicos que están compuestos por carbonato de calcio principalmente, el que genera la atmósfera protectora y una escoria bastante

gruesa y densa, que asciende con gran facilidad en el baño metálico. En la tabla 2.8, se refleja la composición química del depósito del electrodo E - 7018

Tabla 2.8. Composición química del depósito del electrodo E - 7018.

C	Mn	Si	S	P
0,05	1,03	0,60	0,020	0,020

Estos electrodos se aplican en trabajos de alta responsabilidad y en materiales que requieren elevada ductilidad y tenacidad, ya que depositan un contenido ínfimo de hidrógeno y otras impurezas (si el revestimiento está correctamente seco). Depositán un metal con gran resistencia al agrietamiento en frío y en caliente.

2.4. Selección de los regímenes de elaboración

Para garantizar el buen acabado superficial de los elementos a maquinar en el proceso de torneado, se cilindrarán al aire con los siguientes datos de corte: $n = 250 \text{ rev/min}$, $s = 0,2 \text{ mm/rev}$.

2.4.1. Velocidad de corte

La elección de la velocidad de corte viene determinada por el material de la herramienta, el tipo de material a mecanizar y las características de la máquina. Una alta velocidad de corte permite realizar el mecanizado en menos tiempo, pero acelera el desgaste de la herramienta.

La velocidad de corte se expresa en m/min. La velocidad adecuada de corte depende de varios factores y en ningún caso se debe superar la que aconsejan los fabricantes de las herramientas (Casillas, 1987).

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.1)$$

Donde:

V_c - velocidad de corte; m/min.

D - diámetro de la pieza; mm .

n - número de revolución por minutos de la herramienta; rev/min.

1 000 - factor de conversión de metro a milímetro.

2.4.2. Profundidad de corte

Es la dimensión de la capa de metal que arranca la cuchilla de una pasada. Si una pieza cilíndrica de diámetro D se tornea de una pasada de la cuchilla hasta el diámetro d , entonces la profundidad de corte es igual a la mitad de la diferencia entre los diámetros.

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (2.2)$$

Donde:

t - profundidad de corte; mm.

d - diámetro de la pieza después de la elaboración; mm.

2.4.3. Tiempo de maquinado

Es el tiempo invertido por el operario en la ejecución del trabajo, también conocido por tiempo básico o tiempo total de maquinado (Fernández, 2007).

$$T_m = \frac{L}{n \cdot s} \cdot i \quad (2.3)$$

Donde:

T_m - tiempo de maquinado; min.

L - longitud a maquinar; mm.

i - números de pasadas.

s - avance de la herramienta; mm/rev

El refrentado consistió en la limpieza del frente de las caras de la pieza, el tiempo básico o de maquinado para esta operación se calcula por la siguiente ecuación.

$$T_b = \frac{\frac{D}{2} + Y + \Delta}{n \cdot s} i; (\text{min}) \quad (2.4)$$

$$Y = t \cos \varphi \quad (2.5)$$

Donde:

D - diámetro de la pieza a elaborar; mm

Y - longitud de entrada de la cuchilla; mm

Δ - coeficiente, que se encuentra de 1... 3.

i - números de pasadas.

2.5. Proceso de soldadura

Es posible con información de carácter general, calcular costos y consumos para un trabajo efectuado con cualquier proceso de soldadura por arco, pudiendo de esta manera evaluar alternativas de diseño, de procedimiento o proceso y presupuestar el trabajo correspondiente. La dificultad de estos cálculos está en determinar, con la precisión que requiera el caso, la sección de la junta a rellenar, que será la que permita establecer la cantidad de material de aporte necesario. En la ecuación 2.10 aparece el cálculo de costo del proceso de soldadura.

$$CT = \frac{M}{J} + \frac{C}{D.B} + \frac{E.U.I}{1000.D} + \frac{A}{D.B} \quad (2.10)$$

Donde:

CT -	costo total; \$/kg
M -	costo del material de aporte; \$/kg
C -	costo de la MO directa; \$/h
A -	costos indirectos (MO indirecta, seguro, flete mecanizado); \$
E -	costo de la energía eléctrica; \$/kWh
D -	velocidad de deposición; kg/h
J -	rendimiento del material o eficiencia del proceso; %
B -	factor de marcha u operatividad; %
U -	tensión; V
I -	comente; A

2.5.1. Cantidad de electrodos

Es habitual que quien tiene que efectuar o presupuestar un trabajo de soldadura de unión de un recipiente, una estructura o una construcción en particular, se vea en el problema de calcular cuanto material de aporte (varillas, alambres, fundentes, electrodos) necesita y muchas veces también el costo total de dicho trabajo.

$$Ce = \frac{S.Lc}{10^6} \delta (1,2) \quad (2.11)$$

Donde:

- C_e - cantidad de electrodos; kg
 S - sección de la junta; cm^2
 L_c - longitud a soldar; mm
 10^6 - factor de conversión.
 δ - peso específico del material; kg/dm^3
1,2 - coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas por salpicaduras, el calentamiento y el aprovechamiento del electrodo.

2.5.2. Cálculo de consumos en la unión soldadura

La base de cálculo del material necesario para llenar la junta es la determinación de la sección transversal de dicha junta. El valor de la sección S , dependerá, del tipo de junta y chaflán a utilizar.

El cálculo del tiempo principal de soldadura se determina según Fernández (2007) como:

$$t_o = \frac{\delta(F)L}{Kh.I} \quad (2.12)$$

Donde:

- t_o - tiempo de soldadura; min
 δ - peso específico del material; kg/dm^3
 F - área de la sección transversal del cordón; cm^2
 F_1 - (6 - 8) d_{elect} para la primera pasada.
 F_2 - (8 -12) d_{elect} , para las demás pasadas.
 L - longitud a soldar; mm.
 Kh - coeficiente de depósito; ($Kh \dots 8,9$ y $9,5$)

El tiempo de servicio al puesto de trabajo será igual del 3 – 5 % del tiempo operativo.

El tiempo de descanso del obrero se tomará entre un 5 – 15 % del tiempo operativo. Para gasto de MOI se toma aproximadamente a un 30 % del tiempo operativo, excepto para el TT.

2.6. Clasificación de los gastos de tiempo de trabajo

El tiempo de trabajo como regla debe ser tiempo útil completamente normado. Al obrero hay que crearles las mejores condiciones de trabajo que permitan en el transcurso de la jornada utilizar el tiempo económico racional (Feschenkov, 1989).

En el tiempo total entran todas las categorías de gastos de tiempo de trabajo.

$$T_{pu} = T_b + T_a + T_{pt} + T_{org} + T_{dnp} + T_{dnp} \quad (2.13)$$

Donde:

T_{pu} - tiempo por unidad de producción y la suma de todos los tiempos de las diferentes categorías.

T_b - tiempo básico o principal de máquina.

T_a - tiempo auxiliar.

T_{pt} - tiempo de procesos tecnológicos.

T_{org} - tiempo organizativo.

T_{dnp} - tiempo de descanso y necesidades personales.

El tiempo por unidad de producción de las normas técnicamente fundamentadas es el tiempo necesario para ejecutar la operación tecnológica dada al aplicar los métodos modernos de maquinado, experiencias de los trabajadores de avanzadas con innovadores.

El tiempo básico es el tiempo que se gasta en cambiar las dimensiones, la forma y rugosidad de la pieza y puede ser manual o de máquina

El tiempo auxiliar es el tiempo que se gasta para el cuidado del puesto de trabajo y otros gastos como buscar herramientas, limpieza de la máquina, llamado también T_{spt} (tiempo de servicio al puesto de trabajo).

$$T_{spt} (0,04...0,08)T_b \quad (2.14)$$

El tiempo auxiliar es el que se gasta en la colocación de piezas, arranque y parada de la máquina, conexión y desconexión del avance, medición de la pieza.

$$T_a = (0,18...0,25)T_b \quad (2.15)$$



El tiempo organizativo es aquel en el cual se realiza un trabajo productivo dirigido al concepto de una tarea (operación).

$$T_{org} = T_b + T_a \quad (2.16)$$

El tiempo de descanso y necesidades personales es donde se consideran las pausas y descanso físico. Este tiempo suele descontarse de la jornada laboral.

$$T_{dnp} = (0,17 \dots 0,25) , \text{ para una jornada de trabajo de (4 horas)} \quad (2.17)$$

En el tiempo por causas organizativas se considera:

$$T_{pco} = (2 \%) T_b \quad (2.18)$$

En el tiempo por causas técnicas:

$$T_{pct} = (1,6 \%) T_b \quad (2.19)$$

El tiempo total del proceso tecnológico

$$\sum T_{total} = T_{pu} + T_o + T_{pet} + T_{ct} \quad (2.20)$$

En la tabla 2.9 aparecen las tarifas y las normas de tiempo según los operarios que intervienen en el proceso.

Tabla 2.9. Tarifas y normas de tiempo según los operarios

No tecn: _____					R - 04 / ST - P - 001		
O/T:		Denominación			No plano		
Preparac.	0,00	Ensamble	0,00	Soldadura	0,00	Sand y Pint	0,00
Pail. VIII	2,71	Pail. VIII	2,71	Sold. VII	3,27	Pulidor III	2,46
Pail. VI	2,53	Pail. VI	2,53	Sold. V	2,74	Pintor IV	2,64
OMCC. IV	2,47	Sold. IV	2,47	Pulidor II	2,40	Aydte II	2,40
OMH VI	2,53	OMCC. IV	2,53	Grúa IV	2,47	Grúa III	2,47
Sold. IV	2,74	OMH IV	2,74	J" Brig. X	2,96	J" Brig. VII	3,26
Pulidor II	2,40	Pulidor II	2,40				
Grúa IV	2,47	Grúa IV	2,47				
OMCCP IV	2,47	J" Brig. XI	3,26				
J" Brig. XI	3,26						

2.7. Conclusiones del capítulo 2

- ✓ Se caracterizaron a través del análisis espectral la composición química de cada uno de los materiales para la fabricación del tabor rebabador, los mismos reúnen las condiciones para efectuar los procesos de soldadura y maquinado.
- ✓ Quedó establecida la metodología de cálculo para determinar los diferentes procesos que permitirán realizar la tecnología de maquinado y soldadura para la fabricación del tambor rebabador.
- ✓ Al precisar la clasificación de los gastos de tiempo de trabajo en lo que incurren los procesos de soldadura y maquinado, se podrá fundamentar en cada carta tecnológica el tiempo completo destinado a cada operación.

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1. Introducción

En el mundo competitivo es frecuente la exigencia del profesionalismo en la ingeniería que sea capaz de encontrar la mejor solución a un problema planteado. Esto le exige tener que escoger una tecnología en particular frente al amplio abanico de soluciones posibles. El concepto de mejor, suele ir asociado a la capacidad de definir una forma estructural, materiales y secciones con un comportamiento adecuado.

El objetivo del capítulo es exponer los principales resultados derivados del trabajo y a partir de los mismos, el establecimiento de las tecnologías de soldadura y maquinado para la construcción del tambor rebabador a partir de los materiales seleccionados.

3.2. Análisis de la tecnología de fabricación

Para la realización de las tecnologías de fabricación utilizaremos la documentación tecnológica vigente en el taller de Estructura Metálica de la EMNI.

Esta documentación comprende los siguientes documentos:

3.2.1. Nómina de materiales

En este documento se indican las piezas o partes que componen un equipo a realizar, se indican las masas netas de cada pieza, el material que se va a utilizar, así como las dimensiones del semiproducto y el peso a contemplar para el listado de materiales y para la ficha de precio. Además se indica la ruta en la elaboración de cada pieza (ver anexo 2).

3.2.2. Listado de materiales

Es el documento que se realiza para que los compañeros del grupo de servicio del taller localicen los materiales y las cantidades que se necesitan de éstos para ejecutar el trabajo (ver anexo 3).

3.2.3. Ficha de precio

Es el documento a partir del cual se realiza la ficha de costo y donde se establece además el precio de venta de la pieza o conjunto. En este se indican las

operaciones, el equipo o maquina que se utiliza y los tiempos de cada una de estas operaciones. También se detallan los materiales que intervienen en el proceso, con las cantidades y el código de estos materiales para definir el valor de los mismos por unidad de medidas, estos valores existen en un sistema computarizado de la contabilidad de la empresa. Según el plano general del cuerpo TR-01-00-00 se establecen dos unidades de ensamble:

1. Bisagra TR-01-01-00
2. Mecanismo de cierre TR-01-02-00

El resto son piezas generales y los artículos normalizados. Realizamos la nómina de materiales a partir del plano general y los planos de piezas (ver nómina). (Según el procedimiento R-14/ ST-P-001), (ver anexo 4).

3.2.4. Normas de tiempo

En el capítulo 2 se encuentra la tabla 2.9 donde aparecen las tarifas y las normas de tiempo según los operarios que intervienen en el proceso.

3.2.5. Pauta de inspección

En la pauta de inspección se describe un proceso productivo donde se traza el objetivo a inspeccionar teniendo en cuenta el estado físico de los materiales (ver anexo 5)

3.2.6. Registro de inspección dimensional

En el registro de inspección dimensional es tomado en cuenta las dimensiones reales del objetivo en cada una de las posiciones con su respectiva denominación nominal (ver anexo 6).

Debemos señalar que las piezas que forman el cuerpo del tambor, se obtienen por diferentes procesos.

- ✓ Proceso de fundición
- ✓ Proceso de maquinado
- ✓ Proceso de conformado en frío (palería)

Utilización del tratamiento térmico para el mejoramiento de la estructura de las piezas fundidas.

3.3. Instrucción tecnológica

Se establece una metodología o proceso de fabricación, se descubren las instrucciones a seguir en los distintos procesos para obtener una pieza o un conjunto. También se describen los distintos niveles de responsabilidad en la ejecución de las operaciones, los equipos a emplear. No se indican tiempos, ni categoría ocupacionales de los operarios que ejecutan el trabajo.

En este documento se indican las piezas o partes que componen un equipo a realizar, se indican las masas netas de cada pieza, el material que se va a utilizar, así como las dimensiones del semiproducto y el peso a contemplar para el listado de materiales y para la ficha de precio. Además se indica la ruta en la elaboración de cada pieza.

En la instrucción tecnológica del cuerpo del tambor se hace referencia a:

1. Carta de ruta del cuerpo Pos. 15
2. Carta de proceso tecnológico de la tapa del tambor, plano TL-00-001
3. Carta de ruta de maquinado del cuerpo Pos. 15
4. Carta de ruta de maquinado del eje principal
5. Carta de ruta de maquinado de la tapa del tambor, plano TL-00-001
6. Carta tecnológica de tratamiento térmico

3.4. Análisis de la tecnología de fabricación del tambor rebabador

El proceso productivo del tambor comienza en la selección de la material ideal para la conformación de este, dado a las condiciones de régimen trabajo en que se encuentra sometido durante su explotación. Tomando en cuenta este elemento se seleccionó el acero de bajo contenido en carbono y no aleado A 515, en la tabla 3.1 se muestra la composición química del mismo y en el anexo 7 la tecnología de fabricación.

Tabla. 3.1. Composición química en masa del acero A 515

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Sn	Fe
0,20	0,48	1,26	0,026	0,025	0,05	0,02	0,01	97,69

1. Después de haber seleccionado un semiproducto de 25 x 2 000 x 6000 se procede a la máquina de corte con plasma Challenger de control numérico figura 3.1 quedando una plancha de 25 x 1 650 x 3 380 longitud del desarrollo del cilindro.



Figura 3.1 Máquina de corte con plasma Challenger.

2. Limpiar de rebabas y salpicaduras producto del corte.
3. Marcar y granetear la longitud de 2 880 a partir del centro de la plancha de 3 380.
4. Situar la plancha en el cilindro de cuatro masas modelo Mod. NB-2424 figura 3.2 y emplantar



Figura 3.2 Cilindro de cuatro masas modelo Mod. NB - 2424.

Nota: El trazado realizado anteriormente debe quedar en la parte convexa del cilindro.

5. Comenzar el proceso de rolado hasta unir los extremos de las planchas.
6. Sacar del cilindro y cortar con oxicorte por los trazos realizados. Aquí mismo realizar el bisel, también a oxicorte. Limpiar con disco (ver CR-T06-1031).
7. Introducir de nuevo en el cilindro y terminar de rolar (calibrado).
8. Extraer el rolo y efectuar la soldadura utilizando el electrodo AWS E 7018 $\varnothing 3,2$ para realizar el cordón de raíz (Proceso SMAW) y luego se utilizará para el relleno el alambre ER70S-6 $\varnothing 1,14$ como muestra la figura 3.7. Estando conformado el cilindro se procede a las operaciones tecnológicas de maquinado (ver anexo 8).

1. Instalar y fijar en mesa el rolo con los dispositivos de fijación, alinear y centrar por interior (compartir en caso de estar ovalado), refrentar cara a limpiar, mandrinar $\varnothing 904 \times 90$ mm de longitud, la máquina herramienta empleada se muestra en la figura 3.3.



Figura 3.3 Mandriladora horizontal.

2. Girar la mesa 180° , alinear y centrar por interior (compartir en caso de estar ovalado), refrentar hasta lograr una longitud total de 1 640, mandrinar $\varnothing 904 \times 90$.

3. Instalar y fijar el rolo en mesa de la taladradora vertical con los dispositivos de fijación, alinear y centrar por interior compartiendo 6 agujeros con un $\varnothing$ 24 mm de diámetro a una longitud de 354,82 mm en un perímetro mínimo de 2 838,56 mm como muestra al plano de ensamble.

3.5. Análisis de la tecnología de fabricación del eje principal

En la elaboración del eje principal figura 3.5, se toma un semiproducto de acero AISI 1045, la composición química del material se muestra en la tabla 3.2; con una dimensión de $\varnothing$ 500 y L= 615 siguiendo un orden operacional (ver anexo 9).

Tabla 3.2. Composición química en masa del acero AISI 1045

C	Si	Mn	Cr	Cu	Fe
0,46 %	0,24 %	0,98 %	0,19 %	0,16 %	Balance

1. Instalar entre plato y punto, centrar taladrar con tres brocas empezando por un diámetro de $\varnothing$ 25 mm, seguido con 50 mm y terminar con $\varnothing$ 75 mm posterior se mandrila hasta $\varnothing$ 90 mm.
2. Cilindrado pasante de $\varnothing$ 490 hasta próximo al plato.
3. Cilindrado pasante de $\varnothing$ 320 x 36. Hacer biseles 1 x 45°
4. Mandrilar $\varnothing$ 105 x 80.
5. Hacer cono de 42°5'20" garantizando $\varnothing$ 260 y R 20 mm.
6. Invertir: instalar por $\varnothing$ 490 y centrar por interior con indicador de carátula a cero.
7. Refrentar cara garantizando largo total 601,4mm.
8. Taladrar hasta $\varnothing$ 75 a empalmar y mandrilar $\varnothing$ 105 pasante y hacer R 10.
9. Instalar entre plato y punto campana (colocar en el plato $\varnothing$ 490), centrar con indicador de carátula.
10. Cilindrar $\varnothing$ 194 x 527,7.
11. Cilindrar $\varnothing$ 190 x 502,4.
12. Cilindrar $\varnothing$ 170,5 x 372,4.
13. Cilindrar $\varnothing$ 160 x 257,4.
14. Cilindrar $\varnothing$ 152 x 219,4.
15. Cilindrar $\varnothing$ 150 x 130.
16. Elaborar ranuras según detalles A y B.

17. Tallar rosca M160 x 3.

0

18. Instalar entre plato y punto campana, rectificar $\varnothing 170 -0,025$

19. Instalar en mármol: Trazar dos agujeros $\varnothing 14$ mm, así como 6 agujeros $\varnothing 21$ mm con circulo $\varnothing 410$ mm.

20. Instalar en mesa de la máquina taladradora vertical figura 3.4, sujetar con bridas.



Figura 3.4 Taladradora Vertical.

21. Taladrar los agujeros antes mencionados en el eje mostrado figura 3.5.



Figura 3.5. Eje principal.

3.5.1. Análisis de la tecnología de fabricación de las tapas del tambor

Las tapas se obtienen por un proceso de fundición lo que es necesario un posterior tratamiento térmico nominado recocido a una temperatura de $820 - 840^{\circ} \text{C}$ y un tiempo de permanencia de 10 h y exposición en el horno de 5 h quedando con una dureza ≤ 30 liberando tensiones internas y una pérdida de dureza con el objetivo de

facilitar el mecanizado posterior de ésta; siguiendo las operaciones tecnológicas (ver anexos 10 y 11).

1. Dar recocido al semiproducto fundido
2. En plato de sujeción de cuatro garras por $\varnothing 900$ en bruto, centrar, refrentar cara con limpieza al mínimo. Mandrinar $\varnothing 310$ (ver figura 3.6).



Figura 3.6 Torno 165.

3. Mandrilar $\varnothing 505 \times 40$.
4. Cilindrar $\varnothing 930$.
5. Invertir: instalar por $\varnothing 505$, centrar.
6. Refrentar a dar largo total 108.
7. Mandrilar $\varnothing 320^{+0,20}_{0,09}$.
8. Cilindrar $\varnothing 900^{+2}_{+1} \times 97$.
9. Cilindrar $\varnothing 894 \times 28$. Hacer cono $16 \times 45^\circ$.
10. Hacer bisel $4 \times 45^\circ$.
11. Trazar 6 agujeros $\varnothing 21$ mm.
12. Trazar 2 agujeros $\varnothing 14$ mm.
13. Trazar 8 agujeros $\varnothing 20,4$ mm.
14. Taladrar agujeros según trazo.
15. Ensamblaje del tambor rebabador.

3.6. Análisis de la soldadura a emplear en la fabricación del tambor

En esta fase se define que normas y códigos de soldadura aplican para el diseño y fabricación del producto soldado con el fin de garantizar la confiabilidad y calidad del producto soldado acorde con unas necesidades específicas.

Para el diseño de los tipos y disposición de las juntas a soldar se tienen en cuenta una serie de reglas y principios, desarrollados en Niebles (2005) y los cuales son organizados y orientados a la reducción de concentradores de esfuerzos y en condiciones de fatiga, al control de las distorsiones, a la facilidad de soldado y a aspectos generales. Todas estas reglas y principios fueron aplicados metodológicamente como se muestra a continuación:

- ✓ Las configuraciones fueron transferidas a las cargas a las piezas y no a los cordones de soldadura.
- ✓ Las juntas a tope se diseñaron para que solo soporten cargas de tensión o preferible compresión.
- ✓ En la mayoría del proceso de soldadura fueron uniones a tope y no a solape, esto es por la transmisión de cargas.

Para determinar el consumo de electrodos empleados en el cilindro, se tuvo en cuenta la deposición de los cordones según el tipo de junta. Las juntas seleccionadas corresponden con el código API 650 y Normativa NBE EA-95, para las juntas horizontales y verticales se tomaron las juntas a tope con preparación de bordes con soldadura de refuerzo.

3.6.1. Resultado del proceso de soldadura

Costo del proceso de soldadura.

$$CT = \$ 0,1232$$

Cantidad de electrodo

$$Ce = 2,545 \text{ kg}$$

Tiempo principal de soldadura (Tiempo operativo)

$$Tb = 140 \text{ min}$$

Tiempo por unidad de producción

$T_{pu} = 405 \text{ min}$

Tiempo de servicio al puesto de trabajo

$T_{spt} = 7 \text{ min}$

Tiempo auxiliar

$T_{aux} = 6 \text{ min}$

Tiempo organizativo

$T_{org} = 175 \text{ min}$

Tiempo por causas organizativas

$T_{pco} = 3 \text{ min}$

Tiempo por causas técnicas

$T_{pct} = 3 \text{ min}$

Tiempo total del proceso tecnológico

$T_{\text{total}} = 411 \text{ min}$

La soldadura fue elaborada a tope con una previa preparación de los bordes con un ángulo de 30° como muestra la figura 3.7.

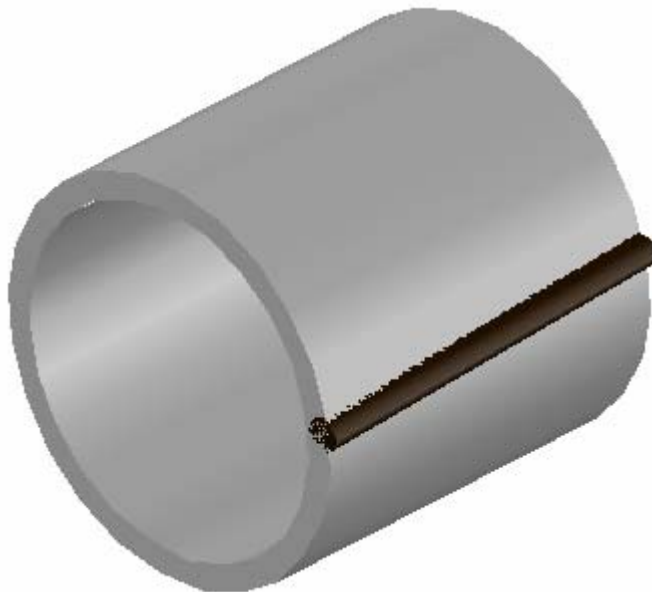


Figura 3.7. Unión soldada.

3.7. Valoración económica

Al abordar la parte económica se tuvo en cuenta los gastos por conceptos de mano de obra, materiales, normas de tiempo planificadas y máquinas herramienta que intervienen en proceso, y a partir de estos se analiza el costo en que se incurrió en todo el proceso de fabricación, el cual es de \$ 4 921, 29, el efecto económico está asociado a la utilidad del tambor rebabador, el cual es capaz de generar ingresos \$ 10 237,58 por mes, lo que lo hace ser indispensable en el proceso productivo de la UEB de Construcciones Metálicas.

En las siguientes tablas de costos se exponen los resultados del costo de fabricación de las diferentes secciones que componen el tambor rebabador.

Tabla 3.3. Costo de fabricación del cilindro del tambor

Material	Costo del material	Masa del semiproducto	Precio
AISI 1020	\$ 4,32	1 094,48 kg.	\$ 4 728,18
Operario	Tarifas (\$/h)	Tiempo efectivo (h\(\$)	Costo
Tornero A	0,59	1,91705	\$ 1,110595
Pailero A	2,71	2,14	\$ 5,799
Taladrador A	3,87	0,87	\$ 2,358
Salario Básico (S_b) = Suma de los costos = \$ 9,258			
Aporte a la seguridad social			
$S_s = 0,09 (S_b + S_c) = \$ 0,91$			
Salario complementario(S_c) = $0,1 * S_b = \$ 0,9258$			
Máquinas	Tiempo de trabajo (hr)	Potencia de la máquina	Energía consumida
Torno	1,91705	10	19,1705
Cilindro	2	60	120
Taladradora	0,0034	2,8	0,00952
Torno $C_{\text{torno}} = 0,06 * E_c = 1,15023$		Costo de la Energía eléctrica $C_e = C_{\text{torno}} + C_{\text{tal}} + C_{\text{cilindro}}$ $C_e = \$ 8,35$	
Taladradora--- $C_{\text{tal}} = 0,06 * E_c = 0,000057$			
Cilindro----- $C_{\text{cilindro}} = 0,06 * E_c = 7,2$			
Costo Total $C_T = C_m + S_b + S_c + S_s + C_e + G_i$		$C_T = \$ 4 750,42$	

Tabla 3.4. Costo de soldadura

Tipo de material	Costo del material \$	Peso del semiproducto	Precio \$
UTP 7018 -1	3,4 \$/kg	5 kg	\$ 17
Operario	Tarifas \$	Tiempo efectivo (h\ \$)	Costo \$
Soldador A	\$ 3,17	3,78	\$ 11,98
Salario Básico (S_b) = suma de los costos = \$ 11,98			
Salario complementario (S_c) = $0,1 \cdot S_b$ = \$ 1,198			
Aporte a la seguridad social		Gastos indirectos	
$S_s = 0,09(S_b + S_c)$ = \$ 1,186		\$ 3,0	
Máquinas	Tiempo de trabajo (h)	Potencia de la máquina	Energía consumida
Maquina de soldar	12	10	120
$C_{Mq\ sold} = 0,06 \cdot E_c = 7,2$			
Costo de la energía eléctrica		Costo total	
$C_e = (C_{maq\ sol})$		$C_T = C_m + S_b + S_c + S_s + C_e + G_i$	
$C_e = \$ 120$		$C_T = \$ 140$	

Tabla 3.5. Costo de fabricación del eje principal

Tipo de material	Costo del material	Peso del semiproducto	Precio \$
AISI 1045	\$ 0,70	2,3 kg.	\$ 1,6
Operario	Tarifas \$	Tiempo efectivo (h\ \$)	Costo \$
Tornero A	\$ 0,59	1,91705 h	\$ 1,1105
Salario Básico (S_b) = suma de los costos = \$ 1,8468			
Aporte a la seguridad social			
$S_s = 0,09 (S_b + S_c)$ = \$ 1,828332			
Salario complementario (S_c) = $0,1 \cdot S_b$ = \$ 0,18468			
Máquinas	Tiempo de trabajo (hr)	Potencia de la máquina	Energía consumida
Torno	1,91705	10	19,1705
Torno---- $C_{torno} = 0,06 \cdot E_c = \$ 11,5023$		Costo de la Energía eléctrica	
		$C_e = C_{torno}$	
		$C_e = \$ 11,5023$	
Costo total			
$C_T = C_m + S_b + S_c + S_s + C_e + G_i$		$C_T = \$ 15,17$	

Tabla 3.6. Costo de fabricación del eje secundario

Tipo de material	Costo del material	Peso del semiproducto	Precio \$
AISI 1045	\$ 0,70	2,0 kg	\$ 1,4
Operario	Tarifas \$	Tiempo efectivo (h\(\$)	Costo \$
Tornero A	\$ 0,59	1,91705 h	\$ 1,110595
Salario Básico (S _b) = suma de los costos = \$ 1,8468			
Aporte a la seguridad social			
S _s =0.09(S _b +S _c)= \$ 1,828332			
Salario complementario(S _c)=0.1*S _b = \$ 0,18468			
Máquinas	Tiempo de trabajo (hr)	Potencia de la máquina	Energía consumida
Torno	1,91705	10	19,1705
Torno----C _{torno} =0,06*E _c =11,5023		Costo de la Energía eléctrica C _e = C _{torno} C _e = \$ 11,5023	
Costo Total C _T =C _m +S _b +S _c +S _s +C _e +G _i C _T = \$ 15,17			

3.8. Impacto medio ambiental

El interés por salvaguardar el medio ambiente donde nos movemos, trabajamos, alimentamos y vivimos es cada vez de mayor intensidad, aún más si conocemos que su contaminación podría traer como consecuencia nuestra propia destrucción. El conocimiento de la salud del medio ambiente es un factor esencial para la protección que cada hombre debe establecer sobre su entorno. El desarrollo impetuoso de las fuerzas productivas ha implicado el incremento de los riesgos de contaminación atmosférica, de la misma manera el desarrollo vertiginoso de la industria ha creado desechos, que durante un tiempo se pensó que se podrían depositar en basureros, bien en tierra o en mar sin causar ningún perjuicio. En la actualidad comprendemos que estas acumulaciones no son más que el legado que preparamos para el futuro, que no tienen culpa alguna de la inmadurez del hombre para prever lo que podría pasar si continuáramos contaminando el entorno.

El término "contaminación atmosférica" hace referencia a fenómenos en la atmósfera que ocasionan daños, directa o indirectamente, a la salud humana, a los animales, a las plantas o a los materiales. Dado que el aire es el recurso natural que necesitamos de una manera más inmediata, los fenómenos de contaminación

atmosférica tienen una enorme trascendencia. La peligrosidad de estos fenómenos explica la necesidad de un control estricto de las emisiones de sustancias que puedan ser responsables de los mismos, de sus niveles en el medio ambiente atmosférico, y de la vigilancia de su evolución en el entorno.

3.8.1. Calentamiento en los procesos de soldadura

Las altas temperaturas de calentamiento durante los procesos de soldadura son potencialmente perjudiciales para el proceso y para el medio ambiente, ya que aceleran rápidamente los procesos de fusión del metal de aporte, metal base, revestimiento y fundentes, teniendo lugar durante este proceso la evaporación, salpicaduras, y oxidación de los materiales y elementos que participan en las reacciones químicas de la zona fundida. Que unidos a la acción del alto grado de salitre en el municipio y el monóxido de carbono, óxidos de azufre, amoníaco, entre muchas otras sustancias emitidas al medio producto de la actividad industrial, ya sea por escapes o emisión, son las responsables del deterioro del medio ambiente en el municipio y afectaciones a la salud del hombre.

A estas altas temperaturas las moléculas de oxígeno, nitrógeno e hidrógeno se descomponen parcialmente en átomos, alcanzando una actividad química mayor que en estado molecular y ocasionan la oxidación de los elementos, la saturación del metal con nitrógeno y la absorción de hidrógeno con más intensidad. La cantidad de oxígeno en el metal de la costura depende de la influencia de la atmósfera de gas protector, la escoria y los elementos químicos de mayor afinidad que el hierro.

3.8.2. Afectaciones de los procesos de soldadura

Los trabajos de soldadura son bastante perjudiciales al medio ambiente, debido a la incidencia de las radiaciones, gases y altas temperaturas generados por el proceso. Los efectos contaminantes derivados de los procesos de soldadura son mucho más agresivos a la salud cuando las piezas a soldar están recubiertas de sustancias como: aceites, pinturas y otras; que se evaporan durante el proceso e inciden en el hombre junto a los gases de la soldadura y los del local, si en el mismo se realiza cualquier otra actividad que emita sustancias al medio.

Las temperaturas extremas que pueden alcanzarse en los procesos de soldadura de acuerdo a las temperaturas de fusión de los metales, entre 260 ° C (500 ° F) y más de 2 760 ° C (5 000 ° F), con:

1. La llama de gas puede alcanzar los 3 037 °C (5 500 ° F)
2. La llama del arco del plasma puede alcanzar 30 537 ° C (55 000 ° F).

3.8.3. Afectaciones de los procesos de maquinado

Durante el proceso de maquinado se produce gran cantidad de desechos sólidos, estos desechos en forma de virutas al ser depositados en un lugar específico alteran el equilibrio de ese pequeño ecosistema, ya que en su composición poseen elementos que pueden ser lixiviables, bajo la acción de las temperaturas altas y las lluvias, pasan a las aguas subterráneas contaminándolas. Además en el taller se consume una gran cantidad de energía eléctrica, la cual se toma de la red nacional convirtiéndose en gasto de combustible y contaminación atmosférica debido al proceso de combustión para generar energía.

3.9. Conclusiones del capítulo 3

- Quedó establecida la tecnología de fabricación del tambor rebabador de la Empresa Mecánica del Níquel, donde se especificaron las máquinas y regímenes de elaboración de cada una de las piezas a fabricar.
- Se realizó la tecnología de fabricación de acuerdo a las funciones de los materiales seleccionados, los cuales se corresponden con sus propiedades mecánicas y así lograr mayor durabilidad en la construcción del tambor rebabador.
- Los procesos de soldadura y maquinado afectan en gran medida a la salud del hombre y el medio ambiente ya que este genera residuos perjudiciales.
- Al realizar la valoración económica donde se tuvo en cuenta los materiales, la mano de obra y las máquinas herramienta empleadas, se determina que durante el proceso tecnológico de fabricación se incurre en un costo total de \$ 4 921,29.



Conclusiones Generales

- ✓ Los Procesos de conformado por eliminación de material, denominados procesos de mecanizado, se caracterizan por la obtención de la geometría final de la pieza mediante la eliminación del material sobrante de una preforma de partida.
- ✓ En la fabricación del tambor rebabador de la UEB de Construcciones Metálicas se emplearon disímiles materiales, los cuales se seleccionaron según sus propiedades mecánicas y en carácter de la función del tambor.
- ✓ Quedó establecida la metodología de cálculo para determinar los diferentes procesos que permitirán realizar la tecnología de maquinado y soldadura para la fabricación del tambor rebabador.
- ✓ La construcción del tambor rebabador para la Empresa Mecánica del Níquel donde se consideró la mano de obra, materiales, máquinas y herramientas, incurre en un costo de \$ 4 921,29, valor que es amortizado en un corto período de tiempo por los ingresos que genera el mismo dentro del plan de producción mensual de la Unidad Empresarial de Base.



Recomendaciones

- ✓ Realizar un estudio de la aspereza superficial e irregularidades presentes en los elementos mecánicos que son sometidos al proceso tecnológico de rebabado.
- ✓ Determinar las variables: productividad, consumo energético y rendimiento a partir de la nueva variante de fabricación.
- ✓ Determinar por el Método de los Elementos Finitos (MEF) el comportamiento de las tensiones de Von Mises en la superficie de trabajo bajo la acción de cargas dinámicas.

BIBLIOGRAFÍAS



Bibliografías

1. Andreiev, S., Perov, A., *Trituración, desmenuzamiento y cribado de minerales*. C. Habana. Editorial Pueblo y Educación, 1980.
2. Bäker, M. "An investigation of the chip segmentation process using finite elements" *Technische Mechanik*, Vol. 23 (1), pp.1-9, 2002.
3. Beke, B., *Principles of comminution*, Maclaren, 1964.
4. Budynas, R.; Nisbett, K., *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México: McGraw- Hill, 8ª edición. 2008.
5. Buraya, D., *Crystal Structure Analysis*. Department of metallurgical and materials engineering. *Materials science and engineering*. 4 (3) 12 – 20, 2001. Disponible en la World Wide Web. <http://euclid.ii.metu.edu.tr/~mete222/index.htm>.
6. Burgos Solas, J. *Tecnología de soldadura*. Ed. Pueblo y Educación, 1987.
7. Callister, W., *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, 1999.
8. Cardona, S., CLOS, D., "Teoría de máquinas" Barcelona, edición UPC, 2000.
9. Casillas, A., *Manual de Cálculos de Taller*, 1987.
10. Coello, F.; Tijonov, A., *Análisis del consumo de equipos para la molienda de arcillas*, 2001.
11. Coromant Korokey. *Guía de aplicación de herramientas*. P 38-43, 2009.
12. Easterling K. *Introducción a la física metalúrgica de la soldadura*. Heinemann, pp. 18-19. 1992.
13. Fernández, T., *Cálculo de los regímenes de corte en operaciones de maquinado*, 2007.
14. Feschenkov, V., *El torneado*. Editorial Mir. Moscú. Pág 152-163. 1989.
15. Gasparini, G.; Mariani, U.; Gorla, C.; Filippini, M., *Influence of Material, Design and Manufacturing Parameters in Geartechnology*, 2009.
16. Guliaev, A. *Metalografía*. Tomo II. Moscú. Editorial MIR. p 17 – 22, 1983.
17. Ginjaume, A.; Torre, F. "Ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje" Cengage Learning Editores, 2005.



18. Groover, M. "Fundamentos de manufactura moderna, materiales, procesos y sistemas" Editorial Prentice Hall, 1997.
19. John, H., Introducción al diseño y comportamiento de las uniones atornilladas, 3ª edición, 1995.
20. Kalpakjian, S.; Schmid, S. "Manufactura, ingeniería y tecnología" Pearson Educación. ISBN: 970-26-0137-1 Versión en español de la obra Manufacturing Engineering and Technology, Fourth Edition", 2002.
21. Martínez, V. "Comportamiento mecánico de las juntas tipo T-bolt en materiales compuestos gruesos" Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, 2003.
22. Meyer, H. J. Grietas Laminares en Construcciones Soldadas. II Conf. On Significance of Defect in Welds, Welding Inst. London. 1968.
23. Micheletti, G. Tecnología mecánica. Mecanizado por arranque de virutas. Editorial Blume, 1986.
24. Niebles, E., Procedimientos de Soldadura y Calificación de Soldadores: una Propuesta de Enseñanza y Guía de Aplicación para la Industria, 2005.
25. Oxley, P. "Mechanics of machining—an analytical approach to assessing machinability" Ellis Horwood Limited, London, 1989.
26. Taylor, L. G. Aspectos Metalúrgicos de las propiedades mecánicas de metales soldados. Weld and Metal const. Nro 5. 1975.
27. Trent, E. Wright, P. "Metal Cutting" Butterworth-Heinemann, 225 Wildwood Avenue, Woburn, 2000.
28. Quiza, R. "Optimización multi-objetivos del proceso de torneado" Tesis doctoral. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Facultad de Ingenierías Química y Mecánica. Departamento de Ingeniería Mecánica. 2004.

ANEXOS

ANEXO 1



Tambor rebabador



ANEXO 2

Empresa Mecánica del Níquel				NOMINA DE MATERIALES							OT: 000-A203		
"Cmdte Gustavo Machín Hoed de B"													
Departamento de Ingeniería													
No	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	Cant.	U/M	Masa de la pieza	Marca del Material	PIEZA EN BRUTO PRIMARIO				Norma Constr.		Ruta por los talleres
							Perfil	Dimensiones	Cant.	Masa	Por Artic.	Por Artic.	
											F.P	L.M	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	TR-01-00-00	Cuerpo del	1	kg	1895,0								6
3		Tambor											
4													
5	Unidades de Ensamble												
6													
7	TR-01-01-00	Bisagra	2	kg	3,60								6
8	Piezas												
9	Pos.1	Soporte	2	kg	2,24	A-515	S=20	87x245	1	3,35	7,77	7,77	6
10	Pos.2	Base	4	kg	0,41	A-515	S=20	62x80	1	0,78	4,07	4,07	6
11	Pos.3	Pasador	2	kg	0,55	AISI 1045	Ø42	L=100	1	1,09	2,28	2,28	76
12													
13	Artículos Normalizados												
14	Pos.4	Arandela nom.30	2	U									6
15		S=4											
16	Pos.5	Pasador Hendido	2	U									6
17		Ø4 x 50											
18													
19	TR-01-02-00	Mecanismo de	2	kg	3,80								6
20		Cierre											
21	Piezas												
22	Pos.6	Soporte	2	kg	3,00	A-515	S=50	80x198	1	6,22	14,69	14,69	676
23	Pos.7	Espárrago	2	kg	0,36	AISI 1030	Ø32	L=80	1	0,51	1,07	1,07	76
24	Pos.8	Dado	2	kg	0,28	AISI 1020	Ø60	L=83(2)	1	1,84	1,95	1,95	76
25	Pos.9	Palanca	4	kg	0,08	AISI 1020	Ø15	L=60	1	0,08	0,36	0,36	76
26													
27													
No de Tecn:									Firma	Fecha	Cant. Hoja	HojaNo	
		Elaboró:	Dennis Ortiz Real										
		Aprobó	Mario Sánchez Laguna										



ANEXO 2 (Cont.)

Empresa Mecánica del Níquel "Cmde Gustavo Machin Hoed de B" Departamento de Ingeniería				NOMINA DE MATERIALES							OT:			
No	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	Cant.	U/M	Masa de la pieza	Marca del Material	PIEZA EN BRUTO PRIMARIO				Norma Constr.		Ruta por los talleres	
							Perfil	Dimensiones	Cant.	Masa	Por Artic. F.P	Por Artic. L.M		
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
2	Piezas Generales													
3	Pos.10	Refuerzo 1	2	kg	5,90	A-515	S=16	50x940	1	5,90	14,32	14,32	6	
4	Pos.11	Refuerzo 2	2	kg	3,59	A-515	S=16	50x577	1	3,59	8,79	8,79	6	
5	Pos.12	Refuerzo 3	2	kg	3,13	A-515	S=16	40x623	1	3,13	7,95	7,95	6	
6	Pos.13	Refuerzo 4	2	kg	4,57	A-515	S=16	40x910	1	4,57	11,55	11,55	6	
7	Pos.14	Levantadores	8	kg	3,61	A-515	S=16	20x1436	1	3,61	43,59	43,59	6	
8	Pos.15(CR-T06-1030)	Cuerpo	1	kg	903,29	A-515	S=25	870x600	1	1094,48	1104,37	1104,37	6	
9	Pos.16	Tapa	1	kg		A-515	S=25	870x600	1	Se obtiene de la Pos.15			6	
10	Pos.17	Refuerzo 5	2	kg	51,39	A-515	S=20	1142x571	1	51,39	101,24	101,24	6	
11	Pos.18	Refuerzo 6	1	kg	38,48	A-515	S=20	1142x571	1	51,39	101,24	101,24	6	
12	Pos.19	Tapa Interior	1	kg	48,33	A-515	S=10	Ø888	1	48,62	63,3	63,3	6	
13	Pos.20	Tapa Interior	1	kg	47,21	A-515	S=10	Ø888	1	48,62	63,3	63,3	6	
14		Perforada												
15	Pos.21(TL-00-001)	Tapa del Tambor	2	kg	260,00	HG C4-18				Semiproducto Fundido			876	
16	Pos.22(CR-T06-1032)	Eje Largo	1	kg	82,80	AISI 4340	Ø500	L=615	1	947,93	963,34	963,34	76	
17	Pos.23(CR-T06-1033)	Eje Corto	1	kg	73,60	AISI 4340	Ø500	L=486	1	749,09	764,51	764,51	76	
18														
19	Artículos Normalizados													
20	Pos.25	Tornillo M24x80	8	U									6	
21	Pos.26	Tuerca M24	8	U									6	
22	Pos.27	Arandela Ø24	8	U									6	
23	Pos.28	Tornillo M20x60	8	U									6	
24	Pos.29	Tuerca M20	8	U									6	
25	Pos.30	Arandela Ø20	8	U									6	
26	Pos.31	Tornillo M20x50	6	U									6	
27	Pos.32	Tuerca M20	6	U									6	
28	Pos.33	Arandela Ø20	6	U									6	
No de Tecn:									Firma		Fecha		Cant. Hoja	HojaNo
		Elaboró:		Dennis Ortiz Real									3	2
		Aprobó		Mario Sánchez Laguna										



ANEXO 2 (Cont.)

Empresa Mecánica del Níquel "Cmdte Gustavo Machín Hoed de B" Departamento de Ingeniería				NOMINA DE MATERIALES							OT: 000-A-203		
No	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	Cant.	U/M	Masa de la pieza	Marca del Material	PIEZA EN BRUTO PRIMARIO				Norma Constr.		Ruta por los talleres
							Perfil	Dimensiones	Cant.	Masa	Por Artic.	Por Artic.	
											F.P	L.M	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	Materiales												
3	Electrodo AWS E7018 Ø3,2		3,0	kg									
4	Alambre ER70S-6 Ø1,14		25,0	kg									
5		CO2	21,3	kg									
6		Oxígeno	31	M3									
7		Acetileno	7	M3									
8	Disco Abrasivo Ø180x6		6	U									
28													
No de Tecn:										Firma	Fecha	Cant. Hoja	HojaNo
		Elaboró:		Dennis Ortiz Real							3	3	
		Aprobó		Mario Sánchez Laguna									



ANEXO 3

LISTADO DE MATERIALES					R-09/ST-P-001	
					Cant:	
000-A203		Denominación: Cuerpo del Tambor	No. Plano TR-01-00-00		Tecn. No.	
No	Denominación	Material	Perfil	U/M	Norma de Consumo	
1	Plancha	A-515	S=10	kg	126,6	
2	Plancha	A-515	S=16	kg	86,20	
3	Plancha	A-515	S=20	kg	214,32	
4	Plancha	A-515	S=25	kg	1104,37	
5	Plancha	A-515	S=50	kg	14,69	
6	Barra	AISI 1020	Ø15	kg	0,36	
7	Barra	AISI 1030	Ø32	kg	1,07	
8	Barra	AISI 1045	Ø42	kg	2,28	
9	Barra	AISI 1020	Ø60	kg	1,95	
10	Barra	AISI 4340	Ø500	kg	1727,85	
11	Tornillo		M24x80	U	8	
12	Tuerca		M24	U	8	
13	Arandela		Ø24	U	8	
14	Tornillo		M20x50	U	6	
15	Tornillo		M20x60	U	8	
16	Tuerca		M20	U	14	
17	Arandela		Ø20	U	14	
18	Electrodo	AWS E 7018	Ø3,2	kg	3	
19	Alambre	E R 70 S - 6	Ø1,14	kg	25	
20	C02			kg	21,25	
21	Oxígeno			m ³	31	
22	Acetileno			m ³	7	
23	Disco Abrasivo		Ø180x6	U	6	
Elaborado por: Dennys Ortiz Real			Firma	Fecha 25/11/2011	Cant. Hojas 1	Hoja No. 1
Aprobado por: Mario Sánchez Laguna			Firma	Fecha 26/11/2011		



ANEXO 4

FICHA DE PRECIO							R - 13 / ST - P - 001
Fecha:	Plan (X) Extra()	Denominación:		Dimensiones:		Destino:	
00/01/1900		Cuerpo del Tambor		L=		ECG	
Cantidad: 1	Ruta: 06	Orden de Trabajo		No de Plano:		Empresa Solicitante:	
		000-A203		TR-01-00-00		ECG	
Material utilizado:			Peso Mat. Kg	Peso neto Kg	Material predominante:		No de tecnología
A-515			0,00	1895	A-515		
No.	Operación	Equipo Tecnológ.	Espec. Trab	Tiempo Hrs	Tar. Horaria	Importe	OBSERVACIONES
1	Trazo		Pail. VIII	8,0	2,71	21,68	
2	Corte Cizalla		OMCCP VI	2,0	2,53	5,06	
3	Cepillado		OMCCP VI	0,0	2,47	0	
4	Oxicorte		Sold. IV	2,0	2,74	5,48	
5	Limpieza		Pulidor II	2,0	2,40	4,8	
6	Grúa		Grúa IV	2,0	2,47	4,94	
7	Corte Pantógrafo		OMCCP IV	2,0	2,47	4,94	
8	Supervisor		J Brigada XI	1,0	3,26	3,26	
9	Ensamble		Pail. VIII	4,0	2,71	10,84	
10	Ensamble		Sold. IV	2,0	2,74	5,48	
11	Conformado		OMCC IV	2,0	2,54	5,08	
12	Taladro		OMCCT IV	1,0	2,54	2,54	
13	Soldadura		Sold. VII	4,0	2,69	10,76	
14	Supervisor		J Brigada X	1,0	3,26	3,26	
15	Sandblasting		Pulidor III	2,0	2,40	4,8	
16	Pintura		Pint. IV	2,0	2,60	5,2	
17	Supervisor		J Brigada X	1,0	3,26	3,26	



ANEXO 5

Pauta de Inspección. No _____						R-01/AC-P-002			
Orden de Trabajo:		0	Denominación:	kg					
Número de plano:		000-A203	Fecha:	03/03/1900	Hoja 1 de 1				
No. Cons. del Objeto de la Insp.	Objeto de la inspección	Punto de inspección	Documento	Informe/Registro	Pto de P/A	Certifica			Observación
						Produc	Cliente	Calidad	
1	Trazabilidad del material	PREPAR.	N/M, Plano, C.P.T y 06-P-010	R-02/AC-P-002	4	J' Brig.		T/O	
2	Estado físico y/o # de colada	PREPAR.	C.P.T y 06-P-010	R-02/AC-P-002	4	J' Brig.		T/O	
3	Dimensiones de preparación	PREPAR.	N/M, Plano, C.P.T y 06-P-004, NEIB-1	R-02/AC-P-002	4	J' Brig.		T/O	
4	Limpieza	PREPAR.	C.P.T y 06-P-004	R-02/AC-P-002	4	J' Brig.		T/O	
Elaborado Por:		48.33	Firma:	Aprobado Por:		47.21	Firma: _____		
		Tecnólogo				J' Tecnología			



ANEXO 6

REGISTRO DE INSPECCIÓN DIMENSIONAL (RID)										No de Tecn:			
Denominación:					Fabricante Local: UEB Const. Met.					Fecha:		00/01/1900	
Cuerpo del Tambor					No de Plano:					Orden de trabajo:			
					TR-01-00-00					000-A203			
Marca	Pos.	Cant.	Denominación Nominal	Desviación	Real	Ejecutó Chapa	Marca	Pos.	Cant.	Denominación Nominal	Desviación	Real	Ejecutó Chapa
Preparación													
	Pos.1	2	Soporte		L-20 87x245								
	Pos.2	4	Base		L-20 62x80								
	Pos.3	2	Pasador		Ø42 L- 100								
	pos.6	2	Soporte		L-20 80x198								
	pos.7		Esparrago		Ø32 L- 80								
	pos.8		Dado		Ø60 L- 83								
	Pos.9		Palanca		Ø15 L- 60								
	Pos.10		Refuerzo		L-16 50x940								
	Pos.11		Refuerzo		L-16 50x577								
	pos.12		Refuerzo		L-16 40x623								
	pos.13		Refuerzo		L-16 40x910								
	pos.14		Levantadora		L-16 20x1436								
	Pos.15		Cuerpo		L-25 870x600								
	Pos.16		Tapa		L-25 870x600								
	Pos.17		Refuerzo		L-20 1142x571								
	pos.18		Refuerzo		L-20 114x571								
	pos.19		Tapa interior		Ø888 L- 10								
	pos.20		Tapa interior		Ø888 L- 10								
	Pos.21		Tapa laterales		semiproducto								
	Pos.22		Eje largo		Ø500 L- 615								
	Pos.23		Eje corto		Ø500 L- 486								
Preparación revisado por:					Inspeccionado por:					Revisado por:			
Ensamble revisado por:					Inspeccionado por:					Revisado por:			



ANEXO 7

ISMMM		CARTA DEL PROCESO TECNOLÓGICO PAILERIA – SOLDADURA	
No. de plano: CR-T06-1030		Denominación: Cuerpo	
Orden de fabricación: 000-A203		Destino: Cuerpo del Tambor	Solicitada por: EMNi
Masa: 903.29		Fecha: 25/11/2011	
Operación	A partir de un semiproducto de 25x2000x6000 procedemos de la siguiente forma.		
Corte. Operador IV Grúa. Grueso IV	1. Cortar en Challenger (Máquina de corte con plasma de control numérico CNC) una plancha de 25x1650x3380. La longitud del desarrollo del cilindro es: $L = D_{med} \times \pi = 917 \times 3.1416 = 2880$. Debido a que en el proceso de roleado la distancia entre el rodillo inferior y los rodillos laterales es de aprox. 180 mm en los extremos de la plancha no ocurre el doblado por eso se adiciona un tramo superior a los 180 mm para absorber la diferencia en el roleado y obtener un extremo curvado, a esto se le llama Sobremedida para emplantar.		
Operación	Vamos a adicionar 500 mm a la longitud del desarrollo lo que nos da una medida de 3380.		
Trazo. Pailero VI Limpieza. Pulidor II Conformado. Pailero VII Conformado.Op. IV Grúa. Grueso IV	2. Limpiar la pieza de rebabas y salpicaduras producto del corte. 3. Marcar y granetear la longitud de 2880 a partir del centro de la plancha de 3380. 4. Situar la plancha en el cilindro de 4 masas Mod. NB-2424 y emplantar. Nota: El trazado realizado anteriormente debe quedar en la parte convexa del cilindro.		
Operación	5. Comenzar el proceso de roleado hasta unir los extremos de las planchas.		
Conformado. Pail.VII Oxicorte. Soldador IV Limpieza. Pulidor II Soldadura. Sold. VII	6. Sacar del cilindro y cortar con oxicorte por los trazos realizados. Aquí mismo realizar el bisel, también a oxicorte. Limpiar con disco. (Ver CR-T06-1031). 7. Introducir de nuevo en el cilindro y terminar de rolear. 8. Extraer el rolo del cilindro y soldar el empate. Se utilizará electrodo AWS E7018 Ø3.2 para realizar el cordón de raíz (Proceso SMAW) y luego se utilizara para el relleno el alambre ER70S-6 Ø1.14.		
Operación	Cantidad de Electrodo AWS E7018 Ø3.2.....2,16 Kg.		
Trazo. Pail.VII Oxicorte. Sold. IV Limpieza. Pul. II	Cantidad de Alambre ER70S-6 Ø1.14.....8.62 kg. Ver en la Instrucción Tecnológica el cálculo de la soldadura. 9. Trazar el agujero de 880x610. 10. Realizar el corte a oxicorte de la ventana trazada, (por el interior del trazo). 11. Limpiar y rectificar el corte con disco abrasivo.		
Operación	12. Enviar a Taller de Maquinado para refrentar y cilindrar interiormente según el croquis CR-T06-1030. Ver Carta de Ruta de Maquinado.		
Confeccionado por: Dennys Ortiz Real.		Revisado por: Mario Sánchez Laguna	Tecnología No. Hoja No. <u> 1 </u> de: <u> 1 </u>



ANEXO 8

ISMMM		Carta de ruta para maquinado					
No. de Plano: CR-T06-1030	DENOMINACION: Cuerpo	Material: A - 515	Hoja: 1	No. Hojas: 1			
Orden de Trabajo		SEMIPRODUCTO:		MASA:			
Fecha: 29/11/11	OPERACIÓN TECNOLÓGICA	HERRAMIENTAS:		N	S		
G. HOMOGÉNEO: 2E656P	Instalar y fijar en mesa el rolo con los dispositivos de fijación, alinear y centrar por interior (compartir en caso de estar ovalado), refrentar cara a limpiar, mandrilar $\Phi 904 \times 90$.	PTG NR-27 GC-4025		10	0,8		
CAT. SAL.: VIII				16	0,56		
TPC: 2,0							
T. EFECTIVO: 6,5							
G. HOMOGÉNEO: ---	Girar la mesa 180°, alinear y centrar por interior (compartir en caso de estar ovalado), refrentar hasta lograr una longitud total de 1640, mandrilar $\Phi 904 \times 90$.	PTG NR-27 GC-4025		10	0,8		
CAT. SAL.: --				16	0,56		
TPC: ---							
T. EFECTIVO: 7,0							
G. HOMOGÉNEO: --	Instalar y fijar el rolo en mesa de la taladradora vertical con los dispositivos de fijación, alinear y centrar por interior compartiendo 6 agujeros con un $\Phi 24$ mm de diámetro a una longitud de	Broca helicoidal HSS $\Phi 24$		450	M		
CAT. SAL.: --							
TPC: --							
T. EFECTIVO: 0,3							
G. HOMOGÉNEO:	354,82 mm en un perímetro mínimo de 2838,56 mm.						
CAT. SAL.:							
TPC:							
T. EFECTIVO:							
G. HOMOGÉNEO:							
CAT. SAL.:							
TPC:							
T. EFECTIVO:							
G. HOMOGÉNEO:							
CAT. SAL.:							
TPC:							
T. EFECTIVO:							
G. HOMOGÉNEO:							
CAT. SAL.:							
TPC:							
T. EFECTIVO:							
Elaboro: Dennys	Firma:	Fecha: 29/11/2011	Aprobó: Mario	Firma:	Fecha: 29/11/2011	Tecnología No: 538	
Observaciones: Las dimensiones a las que se hace referencia en esta tecnología se medirán con instrumentos de precisión no menor que 0.02 mm. Las cintas métricas y las reglas utilizadas deben estar calibradas por un órgano competente.							



ANEXO 9

ISMMM		Carta de ruta para maquinado					
No. de Plano:	DENOMINACION: Eje principal	Material:	Hoja: 1	No. Hojas: 1			
Croquis		AISI 4340					
Orden de Trabajo		SEMIPRODUCTO: Ø500 ; L = 615		MASA: 971 kg			
Fecha: 29/11/11	OPERACIÓN TECNOLÓGICA	HERRAMIENTAS:		N	S		
G. HOMOGÉNEO: 8 A 683	Tronzar semiproducto: Ø500 ; L = 615	Sierra de disco de diente segmentado Ø1430		--	--		
CAT. SAL.: IV							
TPC: 0,3							
T. EFECTIVO: 4,0							
G. HOMOGÉNEO: 165	Instalar en plato de 4M, centrar, taladrar hasta Ø75 al largo de la broca. Mandrinar hasta Ø90. Cilindrar Ø490 hasta próximo al plato. Cilindrar Ø320x36. Hacer biseles 1x45°. Mandrinar Ø105x80. Hacer cono de 42°5'20" garantizando Ø260 y R20 mm.	PSSNR-19 GC-4025 Broca Mango cónico HSS Ø25 Ø50 Ø75		22 18 40 22 12	0,3 0,5 M M M		
CAT. SAL.: VII							
TPC: 0,3							
T. EFECTIVO: 6,8							
G. HOMOGÉNEO: --	Invertir: instalar por Ø490 y centrar por interior con indicador de carátula a cero. Refrentar cara garantizando largo total 601,4mm. Taladrar hasta Ø75 a empalmar y mandrinar Ø105 pasante y hacer R10.	S32U-PDNR-11 GC-4025		22	0,2		
CAT. SAL.: --							
TPC: --							
T. EFECTIVO: 5,95							
G. HOMOGÉNEO:	Instalar entre plato y punto campana (colocar en el plato Ø490), centrar con indicador de carátula. Cilindrar Ø194x527,7 Cilindrar Ø190x502,4 Cilindrar Ø170,5x372,4						
CAT. SAL.: --							
TPC: --							
T. EFECTIVO: --							
G. HOMOGÉNEO: 7,3	Cilindrar Ø160x257,4 Cilindrar Ø152x219,4 Cilindrar Ø150x130 Hacer ranuras según los detalles A y B. Hacer rosca M160X3.						
CAT. SAL.: VIII							
TPC: 0,1							
T. EFECTIVO: 0,18							
G. HOMOGÉNEO:							
CAT. SAL.:							
TPC:							
T. EFECTIVO:							
G. HOMOGÉNEO:							
CAT. SAL.:							
TPC:							
T. EFECTIVO:							
Elaboro: Dennys	Firma:	Fecha: 29/11/2011	Aprobó: Mario	Firma:	Fecha: 29/11/2011	Tecnología No: 538	
Observaciones: Las dimensiones a las que se hace referencia en esta tecnología se medirán con instrumentos de precisión no menor que 0.02 mm. Las cintas métricas y las reglas utilizadas deben estar calibradas por un órgano competente.							



ANEXO 10

ISMMM	Carta de ruta para maquinado					
No. de Plano: TL-00-001	DENOMINACION: Tapa del Tambor			Material: C4 – 18	Hoja: 1	No. Hojas: 1
Orden de Trabajo				SEMIPRODUCTO: Fundido		MASA: 260 kg
Fecha: 29/11/11	OPERACIÓN TECNOLÓGICA			HERRAMIENTAS:	N	S
G. HOMOGÉNEO: T. T	Dar recocido al semiproducto.			Horno	--	--
CAT. SAL.: V						
TPC: --						
T. EFECTIVO: --						
G. HOMOGÉNEO: 165	En plato de 4M por Ø900 en bruto, centrar, refrentar cara a limpiar al mínimo. Mandrinar Ø310. Mandrinar Ø505x40. Cilindrar Ø930			PSSNR-19 GC-4025 PSSNR-19 GC-4025	22 30 30	0,3 0,5 0,2
CAT. SAL.: VII						
TPC: 0,3						
T. EFECTIVO: 4,0						
G. HOMOGÉNEO: --	Invertir: instalar por Ø505, centrar. Refrentar a dar largo total 108. Mandrinar Ø320 + 0,20. 0,09 Cilindrar Ø900 + 2 x 97 +1					
CAT. SAL.: --						
TPC: --						
T. EFECTIVO: --						
G. HOMOGÉNEO: --	Cilindrar Ø894x28. Hacer cono 16x45° Hacer bisel 4x45°.					
CAT. SAL.: --						
TPC: --						
T. EFECTIVO: 5,5						
G. HOMOGÉNEO: Trazo	Trazar 6 agujeros Ø21 Trazar 2 agujeros Ø14 Trazar 8 agujeros Ø20,4			Instrumentos de trazado	--	--
CAT. SAL.: VIII						
TPC: 0,2						
T. EFECTIVO: 0,8						
G. HOMOGÉNEO:	Taladrar agujeros según trazo.			Broca helicoidal HSS Ø14 Ø20,4 Ø21	315 250 250	0,2
CAT. SAL.: VIII						
TPC: 0,5						
T. EFECTIVO: 3,0						
G. HOMOGÉNEO:						
CAT. SAL.:						
TPC:						
T. EFECTIVO:						
Elaboro: Dennys	Firma:	Fecha: 29/11/2011	Aprobó: Mario	Firma:	Fecha: 29/11/2011	Tecnología No: 538
Observaciones: Las dimensiones a las que se hace referencia en esta tecnología se medirán con instrumentos de precisión no menor que 0.02 mm. Las cintas métricas y las reglas utilizadas deben estar calibradas por un órgano competente.						



ANEXO 11

CARTA TECNOLÓGICA DE TRATAMIENTO TÉRMICO 07 – R – 59															
ISMMM						Denominación de la pieza:		Orden de trabajo:							
						Tapa del tambor									
						Nº de Plano: TL - 00 - 001		No. Tecnología: 500							
						Denominación y grado del material: C4 - 18						Masa (kg) 260			
No.	Operac. Tecnológ	Equipo	Utillaje	Medio ambiente	Dureza HRC	Penet rac	Régimen de trabajo			Cantidad		Norma rendimiento		Volumen	TPC: 0,5 h
							T (oC)	Exp.	V (oC/h)	Pzas Disp.	Prof	Cant	T. Efectivo: 10,5 h		
1.	Recocido	CW4	Disp							1	1	Tta	V	1	T. Total: 6,1h
	Calentamiento						820								10 h
	Permanencia							5 h	120						
	Enfriamiento			H											
	Comp dureza	DP			30										
Observaciones:												Firma	Fecha		
Cant pzas por eventos		1	Cant	No. Notif	Firma	Fecha: 5/6/2012	Elaboró	Dennys					29/11/2011		
Cant de eventos		1					Revisó	Mario				29/11/2011			
Tiempo Supervisor		0,79h					Aprobó	Mario				29/11/2011			
Tiempo Ayudante		0,53h													
Tiempo Gruero		0,77h												Cantidad	1