



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE DIPLOMA

Diseño de la tecnología de recuperación del conjunto orejeta-casquillo y pasador de la ballesta delantera del MAZ 500

AUTOR: Osmar Manuel Vaillant Quezada

SANTIAGO DE CUBA

Junio de 2014



Trabajo de diploma

Diseño de la tecnología de recuperación del conjunto orejeta-casquillo y pasador de la ballesta delantera del MAZ 500

Autor: Osmar Manuel Vaillant Quezada

Tutores: MSc. Inés Elisa Aguirre Herrera
MSc. Juan Alfredo Prado Barroso

2014
“Año 56 de la Revolución”

Pensamiento

...Dios nos hizo perfecto y no escoge a los capacitados, sino que capacita a los escogidos; hacer o no hacer algo, solo depende de nuestra voluntad y perseverancia.

Albert Einstein

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi hija, esposa y madre, que son lo más importante en mí vida, a mi familia, amistades y personas que me quieren, que aportaron su comprensión y apoyo incondicional para que este sueño se resumiera en una gran realidad.

Agradecimientos

Agradezco a:

- *A Dios por su inmenso amor y su compasión en toda mi vida.*
- *A mi esposa Annia Vega Borrero y a su madre por el apoyo brindado en todo lo largo de mis estudios.*
- *A mis padres y a mi hermano por el apoyo emocional que me han sabido suministrar a lo largo de mi carrera.*
- *A mi tutora, MSc. Inés Elisa Aguirre Herrera una persona inmensa que se llenó de sensibilidad y me tendió sus manos cuando parecía que todas las puertas se cerraban para mi.*
- *A mis amigos que me brindaron su ayuda cuando la necesité.*
- *A todas aquellas personas que de una forma u otra han contribuido con el desempeño de mi carrera, que con su apoyo, informaciones, colaboraciones y participación me han permitido hoy exponer mi trabajo de diploma.*

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la tecnología de fabricación y recuperación del conjunto orejeta – casquillo y pasador de la ballesta delantera del MAZ 500, a partir de los defectos presentes en dicho conjunto, se realizó la documentación tecnológica de los procesos de soldadura y maquinado necesarias para llevar a cabo la recuperación y fabricación de los componentes del conjunto. Se tuvo en cuenta la disponibilidad del equipamiento tecnológico y materiales presentes en la EMI: “Desembarco del Granma”. Se realizó la valoración económica de las tecnologías de fabricación y recuperación de los elementos del conjunto, cuyo costo ascendió a 458,74 CUP, además se hizo una valoración medioambiental del impacto de los procesos de empleados en el medio ambiente.

ABSTRACT

The manufacturing and recovery technology of the suspension system join of front spring of the MAZ 500 track were done. Taking account the defects presents in this set, the technological papers of the needed processes of welding and machining for the recovery and manufacturing of this components were made. The technological equipment and materials of the “Desembarco del Granma” Military Enterprise disposal was taking account. The economic evaluation of the different ways of manufacturing and recovering for the suspension system was done; the cost amounted to 458.74 CUP. Besides, an environmental impact evaluation of the used processes was made.

ÍNDICE

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE	III
LISTADO DE FIGURAS	V
LISTADO DE TABLAS	VI
NOMENCLATURA	VII
INTRODUCCIÓN	VIII
CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE	1
1. 1 Sistema de suspensión.....	1
1. 1. 1 Elementos que componen la suspensión	1
1. 1. 2 Requisitos del sistema	2
1. 1. 3 Clasificación del sistema de suspensión.....	3
1. 1. 4 Detalles constructivos del sistema de suspensión.....	4
1. 2 Suspensión delantera del MAZ – 500.....	8
1. 3 Proceso de manufactura.....	10
1. 3. 1. Proceso tecnológico y sus elementos	11
1. 4 Procesos de maquinado.....	12
1. 4. 1 Tipos de operaciones de maquinado.....	13
1. 5 Recuperación de piezas	14
1. 5. 1 Identificación de defectos para la recuperación.....	14
1. 5. 2 Principales procesos de recuperación de piezas.....	15
1. 5. 3 Clasificación de los procesos para la recuperación de piezas.....	15
1. 6 Características de la recuperación por soldadura	17
La recuperación por soldadura se puede enmarcar en dos campos fundamentales: ..	17
1. 7 Desgaste.....	19
1. 7. 1 Clasificación del desgaste.....	19
1. 7. 2 Desgaste en los vehículos	21
CAPÍTULO 2: MATERIALES, PROCESOS Y MÉTODOS.....	23
2. 1 Situación de la pieza.....	23
2. 2 Defectos del conjunto orejeta-casquillo y pasador	24
2. 3 Materiales de las piezas	27
2. 3. 1 Estudio metalográfico del pasador y el casquillo	28
2. 3. 2 Ensayos de dureza	32
2. 4 Preparación de las piezas para el proceso de recuperación.....	38
2. 5 Procesos y métodos	38
2. 6 Equipos y materiales empleados en la recuperación	37
2. 7 Tecnologías de fabricación y recuperación	41
2. 7. 1 Tecnología de fabricación del casquillo	41
2. 7. 1. 1 Cálculo de los tiempos para el Corte	41
2. 7. 1. 2 Cálculo de los tiempos para el torneado.....	42
2. 7. 2 Tecnología de recuperación del pasador.....	48
2. 7. 2. 1 Torneado del pasador.....	46
2. 7. 2. 2 Tecnología de rellenado del pasador.....	47
2. 7. 3 Tecnología de recuperación de la orejeta.....	48

2.7.3.1	Cálculo del tiempo tecnológico de formación de la costura soldada o el tiempo de arco para el rellenado del agujero de la orejeta desgastada	49
2.7.3.2	Cálculo del tiempo tecnológico de formación de la costura soldada o el tiempo de arco para la rotura de la superficie de apoyo de la orejeta	50
2.7.3.3	Cálculo de los tiempos de torneado.....	51
2.7.3.4	Cálculo de los tiempos de taladrado.....	52
2.8	Rutas y cartas tecnológicas de los procesos de maquinado y soldadura	52
2.8.1	Ruta tecnológica para la elaboración del casquillo	52
2.8.2	Ruta tecnológica para la recuperación del pasador	52
2.8.3	Ruta tecnológica para la recuperación de la orejeta	53
2.9	Cálculo económico	53
2.9.1	Cálculo del costo de fabricación del casquillo.....	53
2.9.1.1	Costos relacionados con el proceso de torneado y corte	53
2.9.2	Cálculo del costo total de la recuperación del pasador.....	57
2.9.2.1	Cálculo del costo para el rellenado por soldadura.....	57
2.9.2.2	Cálculo del costo para el torneado.....	60
2.9.3	Cálculo del costo total de la recuperación de la orejeta en caso de desgaste	63
2.9.3.1	Cálculo del costo para el rellenado por soldadura.....	63
2.9.3.2	Cálculo del costo para el torneado.....	65
2.9.4	Cálculo del costo total de la recuperación por soldadura para la orejeta en caso de rotura	68
2.9.4.1	Cálculo del costo para la soldadura	68
2.9.4.2	Cálculo del costo para el taladrado.....	70
2.9.5	Costo total de la recuperación del conjunto orejeta - casquillo y pasador.....	73
2.10	Impacto medioambiental de los procesos de manufactura	73
CONCLUSIONES.....		75
RECOMENDACIONES		78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		77
ANEXOS		

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. 1: Componentes del sistema de suspensión	2
Figura 1. 2: Tipos de suspensión independiente	4
Figura 1. 3: Tipos de ballestas.....	5
Figura 1. 4: Ballestas semielípticas	6
Figura 1. 5: Construcción de los elementos neumáticos	7
Figura 1. 6: Tipos de amortiguadores	8
Figura 1. 7: Sistema de suspensión delantero del MAZ-500 por ballestas.....	9
Figura 1. 8: Conjunto orejeta-casquillo y pasador	9
Figura 1. 9: Tipos de maquinado	13
Figura 1.10: Relleno con electrodo revestido	19
Figura 2. 1: Conjunto orejeta-casquillo y pasador de la ballesta delantera del MAZ-500	23
Figura 2. 2: Desalineamiento de la superficie de apoyo de la orejeta	24
Figura 2. 3: Desgaste en la zona de trabajo del agujero de la orejeta.....	24
Figura 2. 4: Desgaste en la zona de trabajo del agujero de la orejeta.....	25
Figura 2. 5: Desgaste y rotura en la zona de trabajo de la superficie de apoyo de la orejeta	25
Figura 2. 6: Deformación de la geometría de la orejeta.....	26
Figura 2. 7: Casquillo deteriorado.....	26
Figura 2. 8: Pasador desgastado.....	27
Figura 2. 9: Probetas del pasador	29
Figura 2. 10: Probetas del casquillo	29
Figura 2. 11: Desbastadora - pulidora METASINEX.....	29
Figura 2. 12: Microscopio óptico marca NOVEL.....	30
Figura 2. 13: Estructura metalográfica de las diferentes zonas de la muestra de la probeta 1 con aumento de 100 X	31
Figura 2. 14: Estructura metalográfica de las diferentes zonas de la muestra de la probeta 2 con aumento de 100 X	31
Figura 2. 15: Microdurómetro SHIMADZU M.....	32
Figura 2. 16: Mediciones de la microdureza probeta 2 del pasador	33

Figura 2.17: Durómetro Rockwell, modelo TK – 2	33
Figura 2.18: Probeta 1 del pasador	34
Figura 2. 19: Probeta 2 del pasador	34
Figura 2. 20: Probeta 1 casquillo	35
Figura 2. 21: Probeta 2 casquillo	35
Figura 2. 22: Probeta 3 casquillo	35
Figura 2. 23: Máquina de soldar ARC PAIR 300 TX HITACHI	38
Figura 2. 24: Herramientas y medios de protección	39
Figura 2. 25: Torno: 1K-62 [15].....	40

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1 Composición del acero 40	28
Tabla 2.2 Propiedades mecánicas del acero 40	28
Tabla 2. 3 Resultados de las mediciones de microdureza de la probeta 2 del pasador	32
Tabla 2. 4 Resultados de las mediciones de dureza de la probeta 1 del pasador	34
Tabla 2. 5 Resultados de las mediciones de dureza de la probeta 2 del pasador.....	34
Tabla 2. 6 Resultados de las mediciones de dureza de la probeta 1 del casquillo	35
Tabla 2. 7 Resultados de las mediciones de dureza de la probeta 2 del casquillo.....	35
Tabla 2. 8 Resultados de las mediciones de dureza de la probeta 3 del casquillo.....	35
Tabla 2. 9 Resultados promedio de las mediciones de dureza de las probetas del casquillo.....	36

NOMENCLATURA

EMI: Empresa Militar Desembarco del Granma

CIME: Centro de Investigaciones Metalúrgicas

CEN: Comité Estatal de Normalización

ASTM: American Standards Testing Material

SUDT: Sistema Único de Documentación Tecnológica

INTRODUCCIÓN

Una de las actividades de mayor importancia en el mundo es el transporte, a través de este se garantizan enlaces que contribuyen con la economía y las diferentes actividades sociales.

En Cuba se ha avanzado poco a poco en el desarrollo del transporte, aunque no se logren diseñar y fabricar suficientes cantidades de piezas que aseguren el mantenimiento adecuado de los vehículos que permita la explotación eficiente de los mismos. Esto hace que se siga dependiendo de la importación de países con los cuales existen relaciones comerciales. A pesar de esto, se cuenta con ingenieros de un alto nivel de profesionalidad los cuales son los encargados de diseñar, fabricar y dar mantenimientos y reparaciones a los vehículos con el fin de explotar el transporte existente.

La Empresa Militar Industrial “Desembarco del Granma” situada en el municipio de Santiago de Cuba dedicada a realizar diversas operaciones tiene en su misión, entre otros, la de ofrecer servicios de reparación, fabricación y remotorización de la técnica de transporte. Ella está en su interior organizada en diferentes unidades y áreas de trabajo en las cuales se realizan diferentes operaciones y procesos tales como arme y desarme de los motores con el fin de obtener las deficiencias de estos, reparaciones y mantenimientos a los vehículos para el traslado a las distintas provincias y sectores militares, todo ello por medio de diferentes procesos tecnológicos. Estas operaciones son de gran importancia porque a través de ellas se pueden reparar, preservar y modificar los vehículos para su mejor explotación.

En la Unidad No.1: Reparación de equipos pesados, la cual se dedica al desarme por completo de los diferentes modelos de camiones (Kamaz, MAZ - 500, MAZ – 700) se evidenció que en los MAZ - 500 existen mayores cantidades de piezas afectadas, entre las que se encuentran las orejetas de las ballestas delanteras, las cuales son escasas en la Empresa Militar Industrial “Desembarco del Granma” y se deben recuperar para alargar su vida útil.

En ocasiones las empresas o clientes no llevan a cabo el plan de mantenimiento adecuado de los vehículos, causando desgaste excesivo de superficies lo que ocasiona

la rotura de algunas piezas; este es el caso del conjunto orejeta-casquillo y pasador de las ballestas delanteras, pertenecientes al sistema de suspensión.

Recientemente se realizó un estudio [1] acerca de las fallas de dicho conjunto a partir de los diferentes vehículos MAZ – 500 que se reparan en la EMI, proponiéndose los procesos y métodos de recuperación a emplear. A partir de dicha propuesta existe la necesidad de realizar la tecnología para poder acometer la recuperación del conjunto orejeta-casquillo y pasador de las ballestas delanteras del MAZ-500 por lo que se considera esto como el *problema* a resolver en la investigación.

En correspondencia con este problema el *objeto de estudio* estará definido por el conjunto orejeta-casquillo y pasador de las ballestas delanteras del MAZ – 500 y el *campo de acción* se ubica en el diseño de los procesos tecnológicos a emplear para la recuperación de dicho conjunto.

Proponiendo como *objetivo* realizar el diseño de los procesos tecnológicos para la recuperación del conjunto orejeta-casquillo y pasador de las ballestas delanteras del MAZ – 500 en la EMI “Desembarco del Granma”.

Por lo que se defiende la *hipótesis* que si se elabora el diseño de los procesos tecnológicos para la recuperación del conjunto orejeta-casquillo y pasador de las ballestas delanteras del MAZ - 500, se podrá emprender la recuperación del mismo lo cual contribuirá a evitar el déficit de piezas en la empresa, pudiéndose realizar la reparación de los vehículos en el tiempo programado.

Para dar cumplimiento al objetivo se proponen las siguientes *tareas* de investigación:

1. Estudio acerca del conjunto orejeta-casquillo y pasador, sus condiciones de trabajo, procesos y métodos de recuperación.
2. Defectación de los componentes del conjunto.
3. Diseño de los procesos tecnológicos para la recuperación del conjunto orejeta-casquillo y pasador.

Se utilizan los siguientes métodos de investigación científica:

Métodos empíricos:

- Observación del tipo de deterioro que ocurre en el conjunto.
- Medición de la magnitud del desgaste y deterioro de los elementos del conjunto.
- Modelación de los elementos diseñados mediante el uso de programas profesionales (SolidWorks).

Métodos teóricos:

- Análisis y síntesis en el procesamiento de la información para conformar el marco teórico de la investigación.

El *aporte* esperado es el diseño de la tecnología de los procesos y métodos a emplear para la recuperación del conjunto de las ballestas delanteras del MAZ- 500 ubicados en la EMI “Desembarco del Granma”.

CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE

1. 1 Sistema de suspensión

La **suspensión** en un automóvil, camión o motocicleta, es el conjunto de elementos que absorben las irregularidades del terreno sobre el que se desplaza, a la vez mantiene las ruedas en contacto con el pavimento, proporcionando a los pasajeros un adecuado nivel de confort y seguridad de marcha, protegiendo la carga y las piezas del automóvil. El peso del vehículo se descompone en dos partes denominados: masa suspendida, la integrada por todos elementos cuyo peso es soportado por el bastidor o el chasis y masa no suspendida, constituida por el resto de los componentes. El enlace entre ambas masas lo materializa la suspensión [2].

Según Benítez [3] la función principal del sistema de suspensión es la de preservar dentro de los límites previstos, al conductor y a los pasajeros de las vibraciones y golpes de las ruedas con el camino. Siendo la suspensión un vehículo entre los elementos del rodaje (rueda y puente) y el bastidor y el automóvil, sus elementos deben transmitir el empuje tanto axial como lateral al bastidor.

1. 1. 1 Elementos que componen la suspensión

El sistema está compuesto por un elemento flexible (muelle de ballesta o helicoidal, barra de torsión, estabilizador, muelle de goma, gas o aire) y un elemento de amortiguación (amortiguación), cuya misión es neutralizar las oscilaciones de la masa suspendida originadas por el elemento flexible al adaptarse a las irregularidades del terreno. Son elementos auxiliares o complementarios del sistema de suspensión, los neumáticos y los asientos [3].

Forman la suspensión con un sistema, los elementos elásticos, el llamado mecanismo director, los amortiguadores y el estabilizador para el movimiento lateral de la carrocería.

Los elementos elásticos reciben y transmiten al bastidor o a la carrocería las cargas normales provenientes de la interacción de la rueda y la vía, disminuyen las cargas dinámicas y garantizan la suavidad de marcha al modificar la frecuencia de la vibración. En ocasiones su diseño permite la transmisión del empuje axial y lateral.

El mecanismo director recibe y transmite las fuerzas longitudinales, laterales y los momentos que actúan sobre las ruedas y el puente. La cinemática de este mecanismo determina el carácter del momento de las ruedas respecto al bastidor e influye en la estabilidad del automóvil.

Los amortiguadores disminuyen la energía cinética de las vibraciones, amortiguándolas, es decir, disminuyendo su amplitud.

El estabilizador del movimiento lateral de la carrocería impide la inclinación excesiva de esta durante los giros, producida por la deformación de la suspensión que ocurre por las cargas de inercia que surgen en este.

La figura 1.1 muestra un esquema donde pueden distinguirse los distintos componentes del sistema de suspensión.

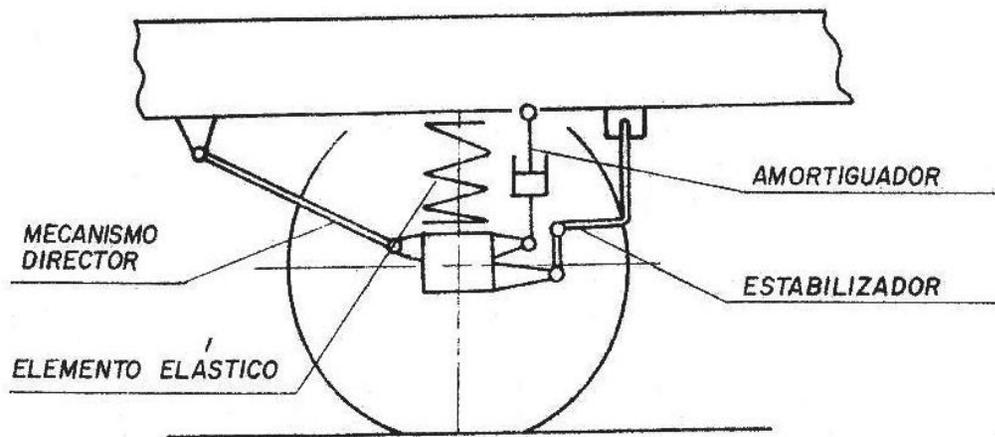


Figura 1. 1: Componentes del sistema de suspensión

1. 1. 2 Requisitos del sistema

1. Garantizar una frecuencia de vibración óptima.
2. Garantizar una amplitud del recorrido dinámico de los elementos que impida golpes en los limitadores.
3. Garantizar una amplitud óptima del amortiguamiento.

En un recorrido debe disminuirse la amplitud de la vibración entre 3 y 8 veces.

4. Crear una reacción adecuada contra la inclinación lateral de la carrocería en los giros y la tendencia del automóvil a “clavarse” durante el frenaje y “sentarse” durante la aceleración.
5. Mantener constante la vía y los ángulos de inclinación de las ruedas (suspensión independiente).
6. Garantizar la cinemática del mando de la dirección.

1. 1. 3 Clasificación del sistema de suspensión

➤ *Según los tipos de elementos elásticos:*

a. De elementos **metálicos**:

- Muelles espirales.
- Ballestas.
- Barra de torsión.

b. De elementos neumáticos

- En forma de balón.
- En forma de diafragma.
- Combinados.

c. De elementos hidroneumáticos.

- Sin contrapresión.
- Con contrapresión

d. De elementos de goma

- Que trabajan a compresión.
- Que trabajan a torsión

e. Suspensión para puente enterizo.

f. Suspensión independiente, la cual, según el plano de movimiento de la de la rueda, puede ser:

- Con movimiento en el plano longitudinal, (figura 1. 2 a).
- Con movimiento en el plano transversal, (figura 1. 2 b).
- Con movimiento compuesto, (figura 1. 2 c).
- Con movimiento a lo largo del eje vertical, (Figura 1. 2 d).

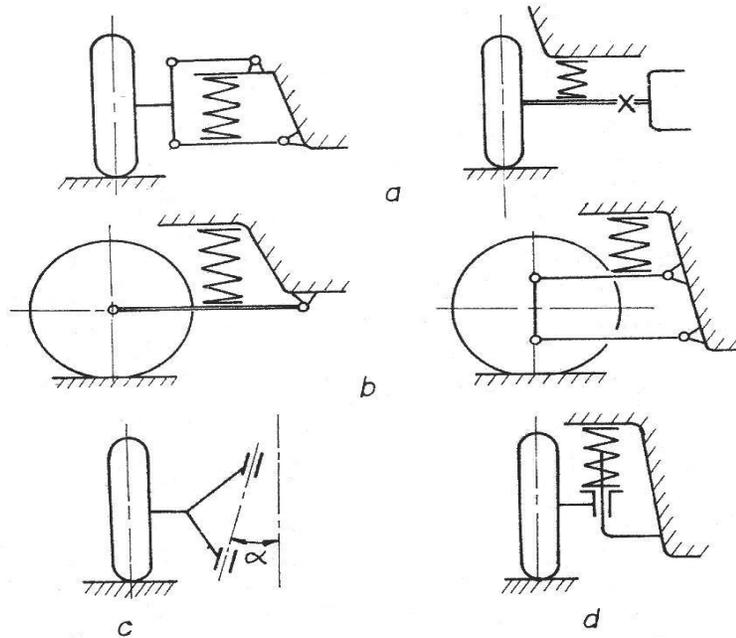


Figura 1. 2: Tipos de suspensión independiente

➤ Según los amortiguadores:

1. Hidráulico
 - De palanca
 - Telescópicos
2. De fricción

1. 1. 4 Detalles constructivos del sistema de suspensión

Elementos elásticos

Los elementos elásticos más extendidos son los metálicos, los que pueden ser ballestas, muelles espirales y barras de torsión.

Las *ballestas*, poseen las siguientes ventajas:

1. Tecnología de producción relativamente simple.
2. Facilidad de reparación
3. Posibilidad de servir como mecanismo director.

Las desventajas de las ballestas están asociadas a:

1. Su elevada relación peso/volumen de metal utilizado.
2. Su duración limitada por el desgaste.

La primera desventaja se ve compensada con el hecho de que la ballesta no necesita mecanismo director y por tanto, en conjunto, el peso de la suspensión es equivalente al de otras soluciones como por ejemplo la de muelle espiral.

La fricción entre las hojas de la ballesta es un elemento que provoca desgaste y en últimas instancias roturas, sin evitar la fricción en algunas soluciones se engrasan las hojas o se colocan entre ellas capas delgadas de material sintético.

Los tipos más utilizados de ballestas, (figura 1. 3) son: las semielípticas simétricas(a) o asimétricas (b), en voladizo (c), y media ballesta (d).

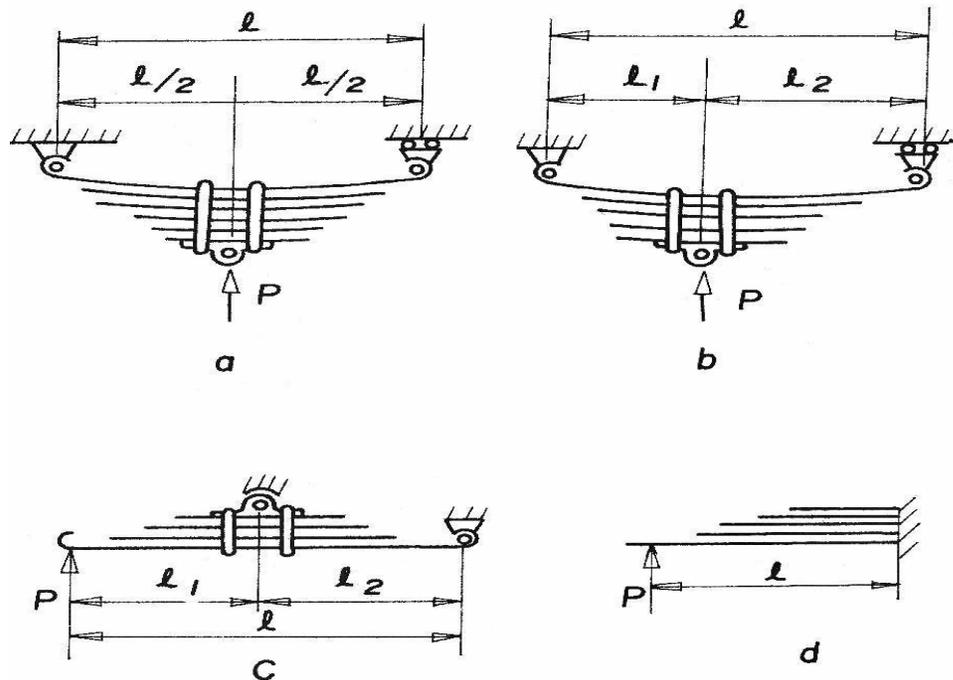


Figura 1. 3: Tipos de ballestas

Las ballestas semielípticas son las más difundidas y se fijan al bastidor por medio de un pasador en la parte delantera y un balancín en la trasera (figura 1. 4 a), lo cual permite los movimientos longitudinales del extremo de la ballesta. Existen soluciones en las cuales los extremos van colocados en soportes de goma, (figura 1. 4 b). En ocasiones

sobre todo en vehículos pesados, uno o ambos extremos van libres descansando sobre soportes, lo que hace necesario colocar un limitador para evitar que el puente se separe del bastidor, además de utilizar mecanismo director.

En los automóviles se utiliza un número reducido de hojas en las ballestas lo que puede llegar a ser una sola.

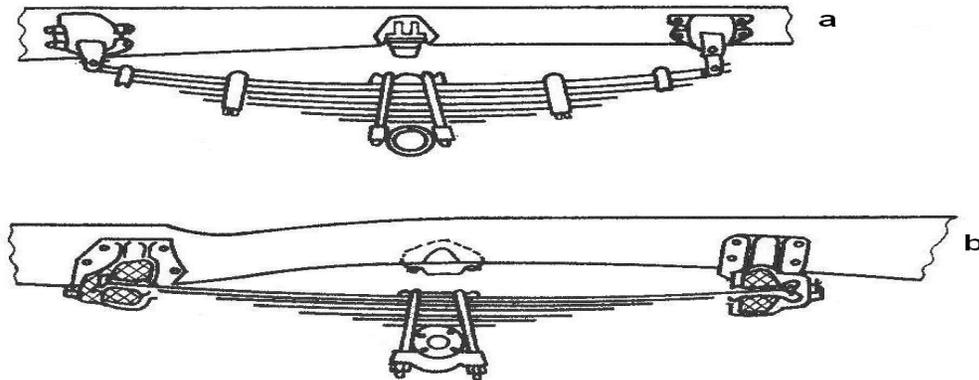


Figura 1. 4: Ballestas semielípticas

Los *muelles espirales* son muy utilizados en los automóviles ligeros, sobre todo en los casos de suspensión independiente, aunque también se han difundido en distintas soluciones para la suspensión del puente trasero.

Para aumentar su resistencia se someten a un tratamiento especial durante el cual se mantienen comprimidos en un intervalo de hasta 48 horas, provocando deformaciones residuales a consecuencia de las cuales en las zonas peligrosas aparecen tensiones tangenciales residuales de sentido contrario a las de trabajo, lográndose una pretensión que permite disminuir los esfuerzos resultantes.

Las *barras de torsión* se utilizan con frecuencia en soluciones para suspensión independiente.

Los elementos elásticos neumáticos han tenido gran difusión en las suspensiones para ómnibus por sus ventajas:

- Una característica más cercana a la ideal lo cual garantiza prácticamente una frecuencia constante de las vibraciones para cualquier grado de carga del vehículo y un mejoramiento, por tanto, de la suavidad de su marcha.

- Posibilidad de regulación automática de la distancia entre la vía y el piso del vehículo, manteniéndolas constantes independientemente de la carga.
- Gran durabilidad de la suspensión.
- Disminución de las cargas de impacto y vibraciones sobre el chasis y la carrocería.

Las desventajas de este sistema explican por qué se han circunscripto prácticamente a su utilización en los ómnibus. Estas son:

- Necesidad de utilizar un sistema neumático para la suspensión, lo cual encarece la construcción y aumenta los gastos de servicio técnico.
- Necesidad de utilizar mecanismos directores.

La figura 1. 5 muestra la construcción de los elementos neumáticos de balón y diafragma.

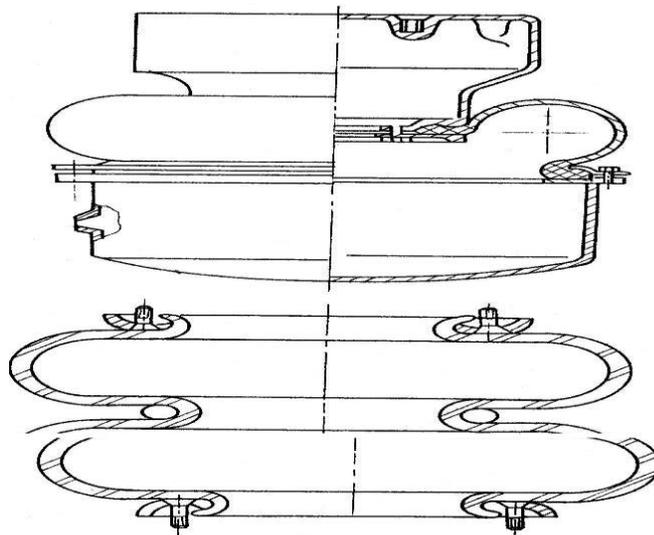


Figura 1. 5: Construcción de los elementos neumáticos

Los elementos elásticos hidroneumáticos combinan las propiedades de los elementos elásticos y los amortiguadores, son utilizados en automóviles ligeros por algunas firmas. Estos elementos tienen una alta capacidad de disipación de energía, aunque su durabilidad es menor.

Los elementos de goma pueden ser de diseño diverso, sirven generalmente como limitadores del recorrido de los elementos elásticos, además de modificar la característica de rigidez de la suspensión.

Amortiguadores:

Un elemento de importancia en la suspensión es el amortiguador. En la actualidad los más difundidos son los telescópicos, (figura 1. 6 a).

El principio de trabajo consiste en hacer pasar el líquido hidráulico de una cámara a otra a través de orificios cuya capacidad de paso está limitada por válvulas accionadas por muelles, lo que provoca una energía necesario para vencerla y el cual determina la amortiguación del impacto o la vibración.

Las ventajas del amortiguador telescópico sobre el de palanca, (figura 1. 6 b ó c), consiste en su trabajo a más bajas presiones ($60-80 \text{ kg/cm}^2$ contra $250 - 400 \text{ kg/cm}^2$), lo cual permite aligerar su construcción, además de una mayor superficie, lo que facilita la transferencia de calor con el medio. Los amortiguadores de palancas son más compactos. Ellos permiten su colocación en espacios reducidos y una mejor defensa contra acciones exteriores.

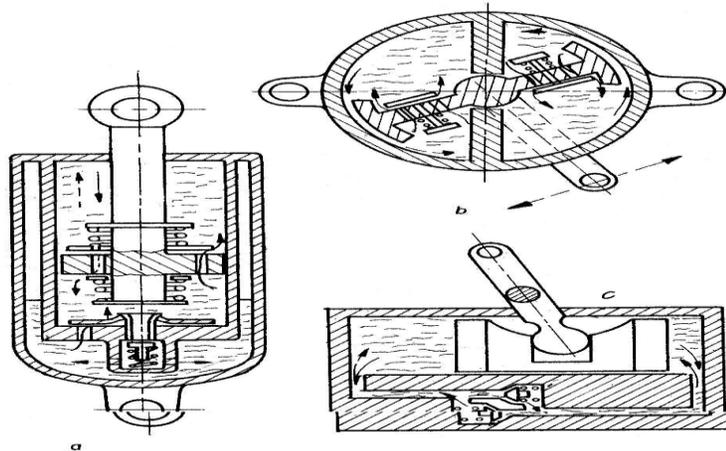


Figura 1. 6: Tipos de amortiguadores

1. 2 Suspensión delantera del MAZ – 500

La suspensión delantera del MAZ 500 consta de dos ballestas semielípticas longitudinales que trabajan conjuntamente con dos amortiguadores telescópicos y dos topes de compresión de goma huecos. Entre las ballestas se encuentran instalados los soportes y los amortiguadores. Las ballestas tienen 13 hojas, la hoja principal (1ra) y la No.13 son de sección rectangular y las demás de sección en forma de T.

Los extremos traseros de las ballestas son deslizantes y se apoyan sobre las cuñas cambiables y los bujes laterales.

Los extremos delanteros de las ballestas están sujetos con ayuda del conjunto orejeta-casquillo ensamblados mediante un ajuste con apriete, y en el casquillo se ajusta un pasador que se fija en el soporte delantero de la ballesta, además los extremos se fijan mediante un tornillo y una grampa como se muestra en la figura 1. 7. El pasador se mantiene fijo, donde la orejeta actúa como balancín, absorbiendo las cargas del camión y las vibraciones de la ballesta producto a las irregularidades del terreno. Debido a las condiciones de trabajo (cargas, vibraciones y ensuciamiento) a la que está sometido el conjunto orejeta - casquillo y pasador de la ballesta delantera y al cliente no realizar el mantenimiento en el tiempo establecido de dicho sistema estos se desgastan e incluso puede ocurrir la fractura de la orejeta y el casquillo. En la figura 1. 8 se muestra el conjunto orejeta-casquillo y pasador.

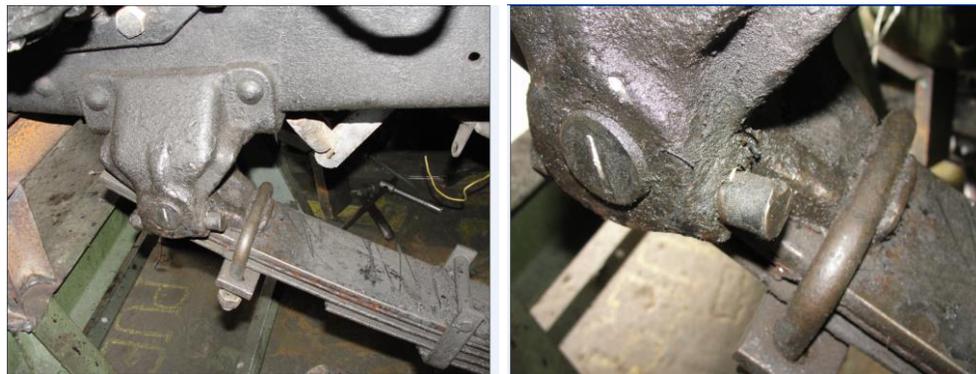


Figura 1. 7: Sistema de suspensión delantero del MAZ-500 por ballestas



Figura 1. 8: Conjunto orejeta-casquillo y pasador

Dos amortiguadores de la suspensión delantera están acoplados al bastidor del camión y al eje delantero con bulones provistos de casquillos de goma. Los casquillos compensan las torceduras y suavizan las cargas de impacto que son transmitidas al eje del bastidor. A ambos lados de las caras extremas de los casquillos de goma están colocadas arandelas que dificultan las deformaciones laterales de los casquillos al apretar la tuerca de sujeción del amortiguador.

En caso de que el camión transite por un camino con pequeñas irregularidades la amplitud de las vibraciones de la suspensión es insignificante y la resistencia producida por los amortiguadores es muy pequeña. Sobre un camino en malas condiciones la amplitud de las oscilaciones de la oscilación crece y entonces el amortiguador ofrece una resistencia mayor, evitando que el camión se balancee.

Los topes de goma huecos sujetos a los largueros del bastidor sirven para limitar la carrera de suspensión delantera.

1. 3 Proceso de manufactura

La manufactura es una actividad importante desde el punto de vista tecnológico, económico e histórico. Se puede definir a la tecnología como una aplicación de la ciencia que proporciona a la sociedad y a sus miembros aquellos bienes que son necesarios o deseados. Existen numerosos ejemplos de tecnologías que afectan directa o indirectamente la vida diaria.

Según Prado y Martínez [4] la manufactura, como campo estudio en el contexto moderno, puede definirse de dos maneras diferentes: tecnológica y económica.

Tecnológicamente puede definirse como la aplicación de procesos químico - físicos que alteran la geometría, las propiedades, o el aspecto de un determinado material para elaborar partes o productos terminados; la manufactura incluye también el ensamble de partes múltiples para fabricar productos terminados. Los procesos para realizar la manufactura involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual.

Económicamente, la manufactura es la transformación de materiales en artículos de mayor valor, a través de una o más operaciones o procesos. El punto clave es que la

manufactura agrega valor al material original, cambiando su forma, propiedades, o al combinarlo con materiales que han sido alterados en forma similar. El material original se vuelve más valioso mediante las operaciones de manufactura que se ejecutan sobre él.

1. 3. 1. Proceso tecnológico y sus elementos

Se interpreta por proceso tecnológico la parte del proceso de producción que contiene las acciones para transformar o determinar el estado de un objeto de trabajo [5]. El proceso tecnológico está relacionado con el cambio sucesivo de la forma, dimensiones y calidad de la superficie de la pieza en bruto, desde su llegada al puesto de trabajo hasta la obtención de la pieza acabada.

El proceso tecnológico puede ser dividido de las formas siguientes:

1. Según el método de elaboración:

- a) Proceso tecnológico por maquinado o remoción de material.
- b) Proceso tecnológico por conformado.
- c) Proceso tecnológico por fundición.
- d) Proceso tecnológico por soldadura.
- e) Proceso tecnológico por tratamiento térmico.
- f) Proceso tecnológico de ensamble.
- g) Otros.

2. Según característica de los artículos por producir:

- a) Proceso tecnológico típico. Es el proceso tecnológico de elaboración o reparación de un grupo de artículos con características tecnológicas y de diseño diferente.
- b) Proceso tecnológico en grupo. Es el proceso tecnológico de elaboración de un grupo de artículos de diferentes configuraciones, en condiciones concretas de producción, y en puestos de trabajo especializados.
- c) Proceso tecnológico normalizado. Es el proceso tecnológico establecido por una norma.

Para que el proceso tecnológico pueda llevarse a efecto, son necesarios procesos auxiliares que no ocasionan cambios cualitativos en el objeto de trabajo. Por ejemplo,

proceso de transporte de los materiales y piezas, proceso de almacenaje, proceso de embalaje, ensayo y otros.

1. 4 Procesos de maquinado

El maquinado es un proceso de manufactura en el cual se usa herramienta de corte para remover el exceso de material de una parte de trabajo de tal manera que el material remanente sea la forma de la parte deseada. La acción predominante del corte involucra la deformación cortante del material para formar una viruta; al removerse la viruta, queda expuesta una nueva superficie. El maquinado se aplica más frecuentemente para formar metales. El maquinado es uno de los procesos más importantes de la manufactura, la revolución industrial y el crecimiento de las economías basadas en la manufactura de todo el mundo se pueden escribir en gran parte por el desarrollo de varias operaciones de maquinado. Las siguientes razones explican la importancia de la operaciones de maquinado desde el punto de vista comercial y tecnológico.

- ✓ El maquinado se puede aplicar a una amplia variedad de materiales de trabajo, prácticamente todos los metales se pueden maquinar. Los plásticos y los compuestos plásticos se pueden cortar también por maquinado.
- ✓ El maquinado se puede regular para obtener cualquier forma geométrica regular, con superficies planas, agujeros redondos y cilíndricos.

El maquinado no es solamente un proceso, sino una familia de procesos. La característica común es el uso de una herramienta de corte que forma una viruta, la cual se remueve de la parte de trabajo. Para realizar la operación se requiere movimiento relativo entre la herramienta y el material de trabajo. Este movimiento relativo se logra en la mayoría de las operaciones de maquinado por el medio de un movimiento primario, llamado la velocidad, y uno secundario, denominado avance. La forma de la herramienta u su penetración en la superficie del trabajo, combinada con estos movimientos, produce la forma deseada de la superficie resultante del trabajo.

1. 4. 1 Tipos de operaciones de maquinado

Hay muchas clases de operaciones de maquinado, cada una de las cuales capaz de generar una cierta geometría y textura superficial, dentro de estas los más comunes son: torneado, taladrado, cepillado, fresado y rectificado.

En el torneado se usa una herramienta de corte con un borde cortante simple destinado a remover el material de una pieza de trabajo giratoria para dar forma a un cilindro. El movimiento de velocidad del torneado lo proporciona la parte de trabajo giratoria y el movimiento de avance lo realiza la herramienta de corte, moviéndose lentamente en una dirección paralela al eje de rotación de la pieza de trabajo.

El taladrado se usa para crear un agujero redondo. Esto se realiza generalmente con una herramienta rotatoria que tiene dos filos cortantes. La herramienta avanza en una dirección paralela a su eje de rotación dentro de la parte de trabajo para formar el agujero redondo.

En el fresado, una herramienta rotatoria con múltiples filos cortantes se mueve lentamente sobre el material para generar un plano o superficie recta. La dirección del movimiento de avance es perpendicular al eje de rotación. El movimiento de velocidad lo proporciona la fresa rotatoria.

Estos procesos incluyen esmerilado y operaciones similares que se usan comúnmente para lograr acabados superficiales superiores de la parte de trabajo, (figura 1.9).

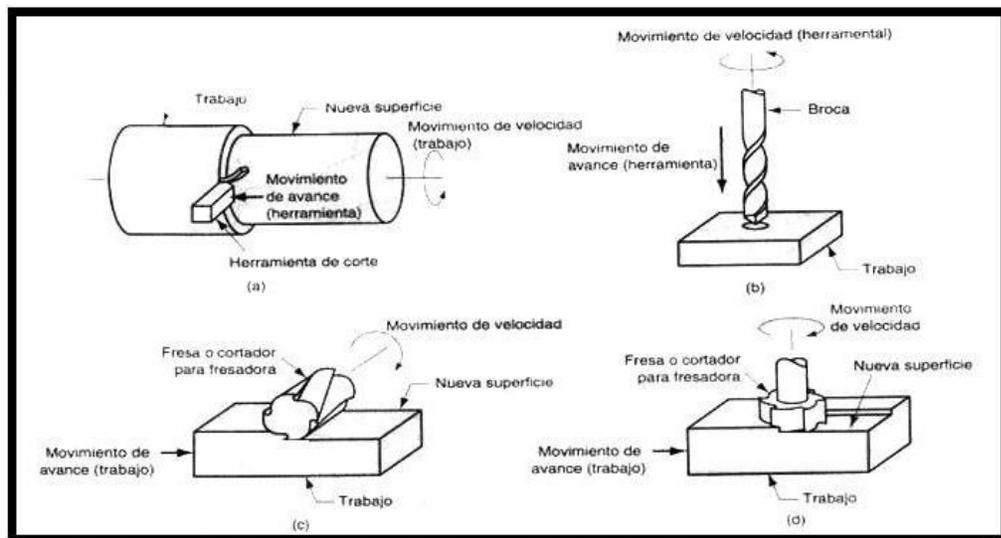


Figura 1. 9: Tipos de maquinado

1. 5 Recuperación de piezas

En Cuba las piezas de repuesto, necesarias para la reparación y mantenimiento de los equipos, en gran medida se importan, y la adquisición de las mismas, por lo general, presentan dificultades debido a la situación referente a lo político - económico, además de las fuerzas externas que sobre el mercado internacional se ejercen por las grandes potencias, lo que trae consigo la lógica escasez en casi todos los renglones. Enormes inversiones se realizan anualmente en la compra de piezas de repuesto, que por lo regular no satisfacen la demanda, mientras que miles de piezas con posibilidad de recuperación son declaradas chatarra. Esta situación ha llevado a trazar una política referente a esto que tiene como criterio fundamental la sustitución de la importación de piezas de repuesto y se basa en dos aspectos fundamentales:

1. Fabricación de piezas de repuesto.
2. Recuperación de piezas de repuesto.

1. 5. 1 Identificación de defectos para la recuperación

Para una recuperación acertada, el primer paso es reunir toda la información específica y exacta, esto es necesario para conocer el lugar donde está situado el defecto, el tamaño del mismo, el lugar donde va a ser realizada la recuperación, y el equipamiento técnico a utilizar. Fotografías y esquemas también son valiosos para estudiar detalladamente el área fracturada o gastada al igual que la experiencia de los operarios. Todo esto dará como resultado una planificación de la recuperación lo más completa posible [6].

El defecto que se quiere reparar puede ser de dos tipos; defecto de fabricación o defecto producto al servicio. La naturaleza de estos tipos de defecto difiere, al igual que su influencia en el plan de recuperación.

Los defectos de fabricación como su nombre lo indica, ocurren cuando se está conformando la pieza, equipo o estructura, en ellos se incluyen la porosidad, la escoria, las inclusiones, el socavado, la falta de fusión, la penetración incompleta y la fractura de solidificación, la recuperación incluye retirar toda el área afectada y reponerla con material nuevo.

Los defectos producto al servicio consisten en grietas causadas fundamentalmente por sobreesfuerzos, fatigas, fractura frágil o tenso-corrosiva.

Dependiendo del tipo de defecto, magnitud y su repercusión en la producción o la seguridad del hombre y medio ambiente, la recuperación puede ser inmediata o ser monitoreada y reparada cuando se estima conveniente.

Según [6] y [7] la recuperación de piezas puede ser de dos tipos:

1. *Con aporte de material*: Es cuando los parámetros nominales son devueltos a la pieza mediante la aportación de material. Ejemplo: soldadura, proyección térmica, galvanizado, etc.

2. *Sin aporte de material*: Es cuando los parámetros nominales son devueltos a la pieza sin aporte de material.

Ejemplo: Tratamiento térmico y conformado.

El proceso también es conocido como reparación, el cual no debe confundirse con la actividad de reparación normal establecida por el fabricante en la cual el elemento no ha perdido sus parámetros permisibles de trabajo.

1. 5. 2 Principales procesos de recuperación de piezas

En las condiciones industriales son varios los procesos que se utilizan para la recuperación de piezas. La selección de los mismos, posee carácter técnico - económico y exige un análisis organizativo, que tenga en cuenta las posibilidades reales de aplicación, el suministro de materiales, la calificación del personal, entre otros aspectos.

1. 5. 3 Clasificación de los procesos para la recuperación de piezas

Con aporte de material:

1. Soldadura:

- Soldadura por arco eléctrico manual con electrodo revestido (SMAW).
- Soldadura bajo fundente (SAW)
- Soldadura bajo gases protectores y electrodo metálico fusible (GMAW)
- Soldadura con electrodo tubular (FCAW).

- Soldadura oxiacetilénica (OAW).
- Soldadura con electrodo de tungsteno (GTAW)

2. Proyección térmica:

- En caliente.
- En frío.
- Detonación.
- Plasma.

3. Recubrimientos galvánicos:

- Cromado.
- Acerado.
- Niquelado.
- Zincado.
- Cobreado.

4. Resinas y pegamentos:

- Adhesivos.
- Regeneradores de partes perdidas.
- Reconstrucción y protección antidesgaste.

Sin aporte de material:

5. Deformación plástica:

- Enderezado.
- Recalcado.
- Dilatación.
- Estirado.
- Penetrado.
- Moleteado.

6. Tratamientos térmicos y termoquímicos:

- Temple y revenido.
- Cementación.
- Nitruración.
- Borado.
- Carbocromado.

7. Procesos de maquinado

1. 6 Características de la recuperación por soldadura

Dentro de todos los procesos asociados a la recuperación de piezas, la *soldadura* ocupa un lugar fundamental, ya que la enorme versatilidad y difusión de la misma puede resolver una gran parte de los problemas de desgaste o roturas que inutilizan a las piezas. La selección del proceso de soldadura que se debe utilizar y además aspectos, tiene determinada complejidad tecnológica, por lo que se requiere en ocasiones de un enfoque multidisciplinario para solucionar el problema en cuestión. Entre los factores a valorarse tienen:

- El tipo de desgaste, avería o rotura
- Las dimensiones y forma de la piezas
- El tipo de material base
- Las condiciones de trabajo
- El acceso a la zona dañada

La recuperación por soldadura se puede enmarcar en dos campos fundamentales:

▪ Recuperación de piezas agrietadas o fracturadas:

Su objetivo es eliminar las discontinuidades o falta de material debido a las fracturas.

▪ Recuperación de piezas gastadas o recargue:

Cuyo objetivo es a través de la aportación de material, devolverle la forma y propiedades a la superficie.

El proceso de soldadura a utilizar para el recargue, y para el caso de piezas fracturadas puede ser, de acuerdo al nivel de automatización:

- Manual
- Semiautomático
- Automático.

1. 6. 1 Relleno manual

Se dice que el relleno es manual porque el operario debe controlar todas las variables del proceso, así como la traslación del mismo sin la ayuda de mecanismo alguno. Entre los procesos de relleno se tienen:

1. Oxiacetilénico (OAW).
2. Manual por arco con electrodo revestido (SMAW).
3. Bajo gases protectores con electrodo de tungsteno (GTAW).

Relleno con electrodo revestido.

El relleno mediante arco eléctrico manual, a pesar de tener una productividad relativamente baja en comparación con otros procesos (0,8-3 kg/h), es el de mayor aplicación (47%) debido a su alta flexibilidad, lo que permite adaptarse a cualquier superficie de trabajo y cualquier irregularidad de la superficie. Es por esto que se aplica en piezas sometidas a los más diferentes tipos de desgaste, (figura 1. 10).

Durante el relleno, para la formación adecuada de los cordones se requiere efectuar movimientos con la punta del electrodo, de forma que el ancho del cordón sea 2,5 veces el diámetro del electrodo. La longitud del arco debe ser lo más corta posible y constante durante todo el proceso. Los cordones deben quedar montados 1/2-1/3 del ancho del cordón anterior, con el objetivo de lograr una más homogénea superficie y evitar las inclusiones de escoria. Los márgenes de maquinado, si son necesarios, deben dejarse de 2 a 3 mm.

El régimen de relleno debe llevar la finalidad de obtener la mínima dilución posible, la cual oscila entre 15 - 40 %, para lo cual hay que seguir las recomendaciones dadas por el fabricante del electrodo. Este proceso se recomienda para una gama bastante amplia

de materiales, y de dimensiones de cuerpo. Con respecto a los espesores de las capas, estos dependen del material aportado en cuestión, pues existen materiales de aporte, como los semi - austeníticos, que se pueden aportar hasta 3 capas (4-10 *mm*), por lo que cuando el desgaste es mayor se necesitan capas de reconstrucción.



Figura 1.10: Relleno con electrodo revestido

1. 7 Desgaste

Desgaste: Pérdida progresiva de sustancia en la superficie de trabajo de los cuerpos como resultado del movimiento relativo de los mismos, lo que lleva a la variación de las propiedades de los elementos.

1. 7. 1 Clasificación del desgaste

Según [6] una clasificación universal de los tipos de desgaste no existe. Sin embargo, las más conocidas son:

Clasificación según el tipo de movimiento relativo (Siebel 1938).

Clasificación según el tipo de mecanismo de formación del desgaste (Barwell 1957).

A pesar de estas clasificaciones propuestas anteriormente, es necesario para una definición unívoca del desgaste las siguientes características:

1-Tipo de movimiento relativo.

- a) Deslizamiento
- b) Rodadura

- c) Impacto
- d) Flujo

2-Elementos interactuantes.

Esto depende de la naturaleza física de los cuerpos que interactúan.

- a) Sólido- sólido.
- b) Sólido- líquido.
- c) Sólido- líquido- sólido.

El mecanismo de desgaste consiste en la explicación del modo en que se desprende la capa de metal durante la interacción y puede ser de cuatro tipos fundamentales. [5]

Fatiga Superficial

El proceso de fatiga superficial esta relacionado con los ciclos de tensiones repetitivas en el contacto por rodadura o por deslizamiento, sin mediar necesariamente otras interacciones físicas. En ella el nivel máximo de tensiones no seria perjudicial si fuera constante a tracción o a compresión.

Abrasión

El fenómeno de desprendimiento de partículas tiene lugar por el contacto físico directo de dos superficies, de las cuales una es mas dura que la otra. Las irregularidades de la superficie dura se introducen en la mas blanda provocando surcos o microcortes que desprenden el material o causan acanaladuras impresas plásticamente, sin remoción de material.

Desgaste adhesivo

El desgaste adhesivo generalmente ocurre entre dos superficies perfectamente pulidas que se deslizan por contacto, las mismas al colocarse a distancias menores de 1nm, en las áreas de contacto empiezan a actuar las fuerzas de largo alcance de Van der Waals, esto permite que interacciones las irregularidades de la superficie, las que se deslizan unas sobre otras, surgiendo una fuerza de fricción que trata de evitar el movimiento, causada por la deformación de las asperezas en contacto.

Desgaste corrosivo - mecánico

El desgaste corrosivo mecánico tiene lugar en condiciones de acción del medio ambiente e interacción dinámica entre los tres elementos. Si las dos superficies reaccionan activamente con el medio, esto conlleva a la formación ininterrumpida y el desprendimiento de los productos de la reacción.

Aumento de la resistencia al desgaste

Son varios los métodos que se utilizan para mejorar la resistencia al desgaste de las superficies y recuperar los elementos entre ellos se encuentran:

- La soldadura.
- Proyección térmica.
- Recubrimientos galvánicos.
- Resinas y pegamentos.
- Deformaciones plásticas.
- Tratamientos térmicos y termoquímicos.

1. 7. 2 Desgaste en los vehículos

Según [8] se define como desgaste a la pérdida progresiva de sustancia en la superficie de trabajo de los cuerpos como resultado del movimiento relativo de los mismos, lo que lleva a la variación de las propiedades de los elementos.

Diversos factores inciden en el desgaste, lo cual lo convierte en un sistema complejo, donde se establece una conexión entre la fricción, el desgaste y las características físicas - mecánicas de los cuerpos deslizantes en dependencia de las condiciones externas.

De ordinario acerca del funcionamiento normal del automóvil se juzga según las características de trabajo. Las cualidades iniciales de las piezas, determinadas por los dibujos de trabajo y las condiciones técnicas y obtenidas durante su fabricación, cambian en el proceso de explotación del automóvil a consecuencia del desgaste de las piezas o de la aparición de defectos de distintos tipos. El automóvil, al igual que cualquier máquina, se compone de piezas individuales que forman unas conexiones determinadas. Acerca del funcionamiento normal de las uniones se juzga por los índices de trabajo, en el caso dado por el ajuste que se determina por la estructura. De esta

manera para la conjugación el desperfecto se revela en las alteraciones del ajuste, es decir, en las alteraciones de los huelgos positivos o negativos prefijados. Toda alteración del ajuste está vinculada con los cambios en las dimensiones, en la forma de las piezas y en las cualidades de su superficie (composición química, estructura, propiedades mecánicas).

Clasificación del desgaste.

Los defectos y los desgastes que se encuentran en las piezas, en los grupos y en las unidades del automóvil son muy diferentes, se pueden dividir en dos grupos:

Los desgastes naturales son consecuencia del rozamiento, de la acción de altas temperaturas y de cargas que aparecen cuando las condiciones de explotación son normales. El índice característico de este grupo de desgaste, es que tiene lugar un funcionamiento prolongado del automóvil sin alteración sustancial de las características de trabajo.

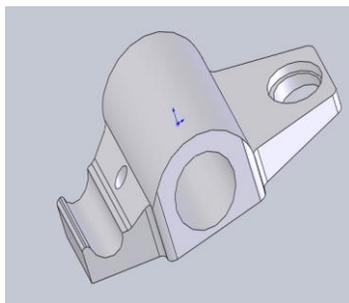
Los desgastes de avería surgen a consecuencia de un mantenimiento incorrecto de las unidades y del automóvil en conjunto. A veces provocados por defectos de producción, baja calidad del material y defectos estructurales. Los índices característicos del grupo dado de desgastes es el crecimiento rápido del desgaste que se acompaña con deformaciones residuales, rotura (destrucción) de las piezas y otros desperfectos que no permiten la explotación ulterior del automóvil (remolque, semirremolque). La aparición de los desgastes de avería es el índice de la calidad del mantenimiento. Por eso la tarea general de cualquier empresa de transporte automotor consiste en que durante la explotación de los automóviles no tengan lugar desgastes de averías ni defectos. Hace falta mantener los automóviles que se explotan en tal estado que tengan solo desgaste natural [8].

CAPÍTULO 2: MATERIALES, PROCESOS Y MÉTODOS

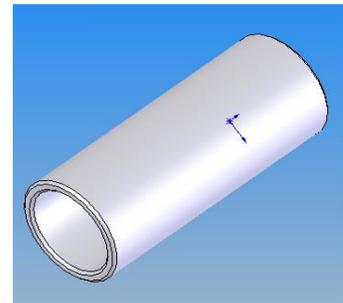
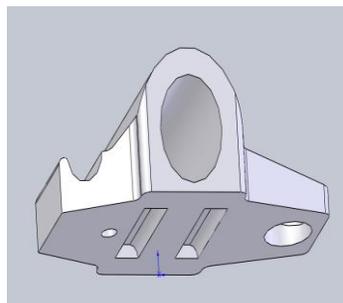
En este capítulo se realiza un estudio acerca de los principales defectos y materiales del conjunto, para así acometer la recuperación del mismo. Se realiza el diseño del proceso tecnológico empleando la documentación tecnológica correspondiente a los procesos utilizados y el cálculo económico de la tecnología propuesta. Se realiza además la modelación de las piezas en el programa SolidWorks.

2. 1 Situación de la pieza

El conjunto orejeta-casquillo y pasador de las ballestas delanteras son partes del sistema de suspensión del MAZ - 500, cuyas formas geométricas se muestran en las figuras 2.1 (a, b, c) y principales dimensiones en los anexos 1, 2, 3. En dichas partes se presenta el desgaste abrasivo debido a la fricción metal con metal y la acción del medio exterior. Debido a las condiciones de trabajo (vibraciones, cargas de impacto) y la falta de lubricación los componentes del conjunto se desgastan más rápido desprendiéndose pequeñas limallas que aceleran el desgaste de dichos componentes lo cual puede ocasionar hasta la rotura de los mismos, producto de un mantenimiento retardado.



a) Orejeta delantera



b) Casquillo



c) Pasador

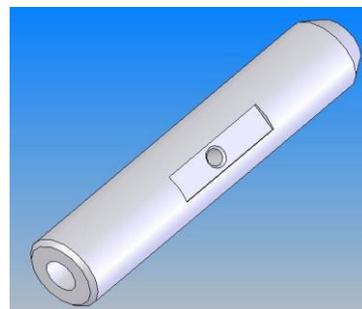


Figura 2. 1: Conjunto orejeta-casquillo y pasador de la ballesta delantera del MAZ-500

2. 2 Defectos del conjunto orejeta-casquillo y pasador

- Desalineamiento de la superficie de apoyo de la orejeta, aproximadamente 3 mm respecto con la horizontal, debido a que si ocurre la rotura del casquillo y de la orejeta en la zona de trabajo producto a las cargas y vibraciones a la que está sometido el sistema, la orejeta tiende a flectarse, (figura 2. 2).



Figura 2. 2: Desalineamiento de la superficie de apoyo de la orejeta

Desgaste en la zona de trabajo del agujero de la orejeta

Al desgastarse el casquillo y no realizar el encasquillado del conjunto violando el tiempo de mantenimiento establecido para el sistema de suspensión, este se sigue desgastando hasta ocurrir la rotura del mismo, entonces la fricción es entre el pasador y el agujero de la orejeta de 40 mm de diámetro, siendo la magnitud del desgaste de 2 - 4 mm en el mismo, (figura 2.3).



Figura 2. 3: Desgaste en la zona de trabajo del agujero de la orejeta

- Rotura en la zona de trabajo del agujero de la orejeta

Debido a la rotura del casquillo se desgasta la zona de trabajo del agujero de la orejeta hasta ocurrir la rotura de dicha zona, (figura 2.4).



Figura 2. 4: Desgaste en la zona de trabajo del agujero de la orejeta

- Desgaste y rotura en la zona de trabajo de la superficie de apoyo de la orejeta.

Al continuar el desgaste del agujero, el espesor de la orejeta en la zona de trabajo de la superficie de apoyo es de 5 *mm*, debido a las condiciones de trabajo del sistema se desgasta e incluso ocurre la rotura de la superficie con una magnitud de 10 *mm* de forma irregular, (figura 2. 5).



Figura 2. 5: Desgaste y rotura en la zona de trabajo de la superficie de apoyo de la orejeta

- Deformación de la geometría de la orejeta

Como consecuencia de la fractura de la zona de trabajo de la superficie de apoyo debido a las cargas cíclicas actuantes en el sistema (figura 2. 6).



Figura 2. 6: Deformación de la geometría de la orejeta

- Desgaste y rotura del casquillo

El casquillo de diámetro interior de 32 *mm* y diámetro exterior 40 *mm* con un espesor de 4 *mm*, debido a la fricción de este con el pasador, se desgasta 2 *mm* y en ocasiones ocurre la rotura del mismo formando una semicircunferencia, (figura 2.7).



Figura 2. 7: Casquillo deteriorado

- Desgaste en la zona de trabajo del pasador

El diámetro del pasador es de 32 mm, ocurriendo un desgaste de 2 a 6 mm, perdiendo así su forma geométrica, (figura 2. 8).



Figura 2. 8: Pasador desgastado

2. 3 Materiales de las piezas

Los materiales del conjunto son diferentes:

- Material de la orejeta: Acero 40 fundido (AISI 1040) [9]
- Material del casquillo: Fundición maleable Ky – 35 – 10 (Original) [9]
Acero 45 (AISI 1 045) (Sustituto) [10]
- Material del pasador: Acero 40 (Mediante análisis metalográfico)

Para verificar los materiales utilizados se procedió a realizar análisis metalográfico.

En las tablas 2. 1 y 2. 2 se muestran la composición química y las propiedades mecánicas del acero 40.

Tabla 2.1 Composición del acero 40 [11]

Componente	%	Componente	%
Ci	0,37 - 0,45	P	No más de 0,035
Si	0,17- 0,37	Cu	No más de 0,25
Mn	0,5 – 0,8	Ni	No más de 0,25
Cr	No más de 0,25	As	No más de 0,08
S	No más de 0,04		

Tabla 2.2 Propiedades mecánicas del acero 40 [11]

Propiedades

Resistencia a la tracción (Rm)	621 MPa
Límite a la fluencia	413 MPa
Alargamiento en 50 mm	25 %
Dureza Brinell	201 HB

2. 3. 1 Estudio metalográfico del pasador y el casquillo

El estudio metalográfico del pasador y el casquillo se realiza en el laboratorio metalográfico perteneciente al departamento de Manufactura y Materiales de la Universidad de Oriente. Para el mismo se siguió la siguiente metodología.

I. Preparación de las probetas

1. Corte de las probetas

a) Corte del pasador

Se realizó el tronzado del pasador en el torno C 11 MT, obteniendo probeta de Ø 32 X 13 mm (figura 2. 9 a).

b) Cilindrado de desbaste y tronzado en torno del pasador hasta obtener probeta de $\varnothing 22 \times 10 \text{ mm}$ (figura 2. 9 b)



a) Probeta 1 del pasador.

b): Probeta 2 del pasador.

Figura 2. 9: Probetas del pasador

c) Corte del casquillo

- Corte con segueta manual en secciones mayores de $10 \times 10 \text{ mm}$, (figura 2.10).



Figura 2. 10: Probetas del casquillo

2. Desbaste de las probetas, de forma manual sobre un cristal con papeles abrasivos No. 180; 240; 360; 800; 1200 y 1600.

3. Pulido en la máquina desbastadora pulidora, modelo METASINEX, de procedencia alemana (figura 2. 11).



Figura 2. 11: Desbastadora - pulidora METASINEX

4. Ataque químico para revelado de estructura metalográfica, se realizó luego del estudio y conocimiento de cuales eran los reactivos más apropiados para revelar las estructuras; determinándose que se realizaría con el reactivo Nital 3.

II. Estudio metalográfico

Para la observación microestructural se utilizó un microscopio óptico marca NOVEL, modelo NJF – 120 A, de procedencia china con fecha de fabricación 2007, (figura 2. 12) acoplado con una video cámara de captura de imagen, modelo VCE INTSC 358, utilizándose combinaciones de objetivo y ocular de 10 y 40 x, con una magnificación de aumento de 100 y 400 x.



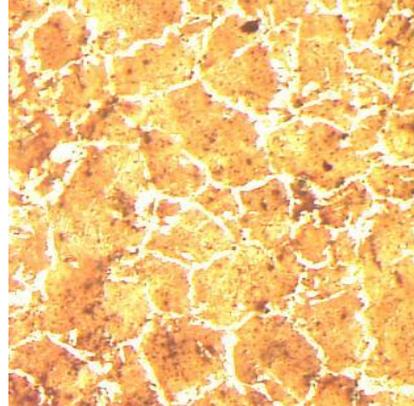
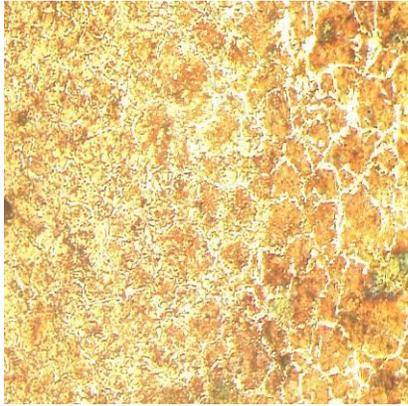
Figura 2. 12: Microscopio óptico marca NOVEL

Resultados del análisis metalográfico del pasador

Se pueden observar cambios microestructurales producto del tratamiento térmico que se le realizó a la probeta 1 del pasador mostrando tamaños de grano mucho más finos en la superficie que en el núcleo del material, (figura 2. 13).

Carbono: 0,40 – 0,50 %

Tamaño de granos: Entre 5 y 6.



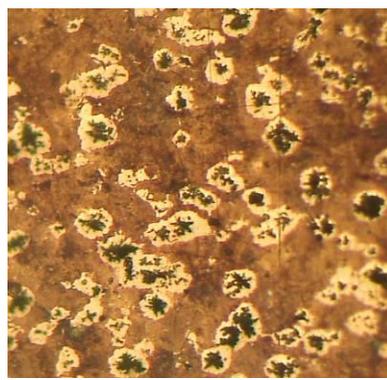
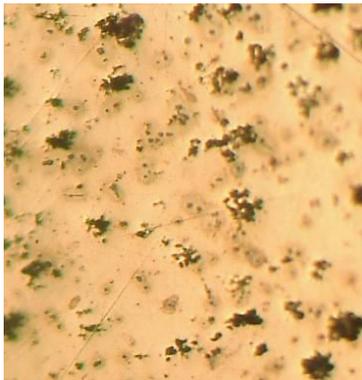
a) Zona próxima al borde.

b) Núcleo de la pieza.

Figura 2. 13: Estructura metalográfica de las diferentes zonas de la muestra de la probeta 1 con aumento de 100 X

Resultados del análisis metalográfico del casquillo

Como se muestra en la figura 2.14 a, luego del pulido se manifiesta el tipo de grafito presente en el hierro fundido, comprobándose que es correspondiente a un hierro fundido maleable por la forma de rosetas de las inclusiones de grafito. En la figura 2.14 b, se muestra la estructura de la matriz luego del ataque químico, correspondiente a una estructura perlítica.



a) Sin ataque químico

b) Con ataque químico

Figura 2. 14: Estructura metalográfica de las diferentes zonas de la muestra de la probeta 2 con aumento de 100 X

2. 3. 2 Ensayos de dureza

Ensayo de dureza Vickers

La determinación del perfil de microdureza de la superficie de la muestra del pasador se determinó según las normas de dureza Vickers para materiales metálicos NC 04 – 11 [11] en un microdurómetro, modelo SHIMADZU M, de la serie 90976, de fabricación española; (figura 2. 15). La escala utilizada fue la HV_{0.2} con 10 s de aplicación de carga. En todas las muestras la microdureza se calculó como la media de los valores obtenidos en 5 identificaciones, y en cada una de éstas a partir de la media del valor de las dos diagonales de la huella.



Figura 2. 15: Microdurómetro SHIMADZU M.

Perfiles de microdureza

Como se puede observar en la figura 2. 16 se realizaron 5 mediciones en una de las caras de las muestras, estas se efectuaron desde el núcleo hacia el borde, a su vez los valores de estas mediciones se expresan en la tabla 2. 3 donde aparecen los de cada una de las muestras analizadas, todos estos valores se expresan en Vickers (HV).

Tabla 2. 3 Resultados de las mediciones de microdureza de la probeta 2 del pasador

Mediciones		Dureza(HV)
1	10,3	445,6
2	10,09	390,2
3	13,01	270,1
4	14	236,5
5	14,1	233,2

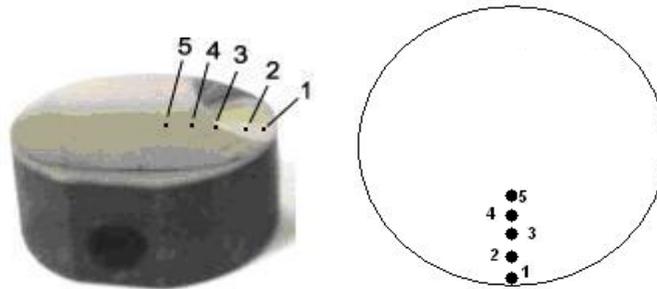


Figura 2. 16: Mediciones de la microdureza probeta 2 del pasador

Ensayo de dureza Rockwell

Para determinar el perfil de dureza de la superficie de las muestras del pasador se utilizó un durómetro Rockwell, modelo TK – 2, de fabricación soviética; tal como se muestra en la figura 2. 17. El tipo de penetrador usado de cono de diamante y la carga utilizada de 150 *kgf*, midiendo en la escala C (Rockwell C) y para el caso del casquillo el penetrador utilizado fue una bola de acero templada y la carga utilizada de 100 *kgf*., midiendo en la escala B (Rockwell B). Fueron realizadas 7 mediciones en la probeta 1 y 4 mediciones en la probeta 2 del pasador como se muestra en las figuras 2.18 y 2.19. Los resultados de dichas mediciones se muestran en las tablas 2.4 y 2.5 respectivamente.



Figura 2.17: Durómetro Rockwell, modelo TK – 2

Resultados de dureza del pasador.

Resultados de dureza de la probeta 1 del pasador.

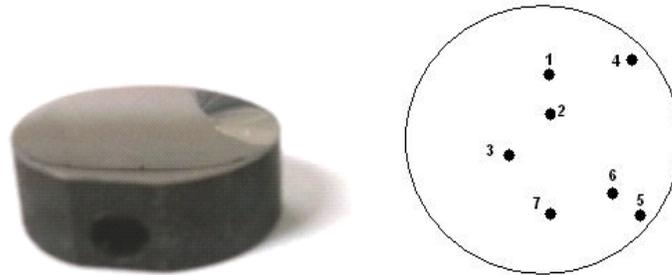


Figura 2.18: Probeta 1 del pasador

Tabla 2. 4 Resultados de las mediciones de dureza de la probeta 1 del pasador

Mediciones	1	2	3	4	5	6	7
Dureza(HRC)	39	24	25	42	44	24	24

Resultados de dureza de la probeta 2 del pasador.

Tabla 2. 5 Resultados de las mediciones de dureza de la probeta 2 del pasador

Mediciones	1	2	3	4
Dureza(HRC)	21	23	24	24



Figura 2. 19: Probeta 2 del pasador

Resultados de dureza del casquillo.

Los resultados de las mediciones de dureza del casquillo se muestran en las tablas 2.6 a 2.9 y en las figuras 2.20 a 2.22.

Tabla 2. 6 Resultados de las mediciones de dureza de la probeta 1 del casquillo

Mediciones	1	2	3
Dureza(HRB)	92	85	88



Figura 2. 20: Probeta 1 casquillo

Tabla 2. 7 Resultados de las mediciones de dureza de la probeta 2 del casquillo

Mediciones	1	2	3	4
Dureza(HRB)	92	80	76	92



Figura 2. 21: Probeta 2 casquillo

Tabla 2. 8 Resultados de las mediciones de dureza de la probeta 3 del casquillo

Mediciones	1	2
Dureza(HRB)	82	86



Figura 2. 22: Probeta 3 casquillo

Tabla 2. 9 Resultados promedio de las mediciones de dureza de las probetas del casquillo

Cantidad de probetas	Cantidad de mediciones	Dureza promedio (HRB)	Dureza promedio (HB)
3	9	86	163

2. 4 Preparación de las piezas para el proceso de recuperación

➤ Pasador

1. Limpieza de la superficie de la pieza con gasolina o acetona dejando libre de grasas, aceites, y otras suciedades.
2. Al finalizar se efectúa una limpieza con cepillo metálico.

➤ Orejeta

1. Limpieza de la pieza con gasolina o acetona dejando libre de grasas, aceites y otras suciedades.
2. Al finalizar se efectúa una limpieza con cepillo metálico.

2. 5 Procesos y métodos

Para realizar la recuperación del conjunto orejeta - casquillo y pasador, se emplean diferentes procesos y métodos en dependencia de los defectos enumerados en el epígrafe 2.2.

➤ Pasador

Se emplean los procesos de soldadura por arco eléctrico manual para restituir dimensiones y posteriormente el proceso de maquinado por torneado.

1. Se suelda en posición plana.
2. Los cordones son rectos y se depositan de forma continua, manteniendo durante el proceso un arco corto.
3. Los cordones se martillan en caliente y no perpendicularmente al cordón, con un martillo de punta redonda. Se eliminaron los poros.
4. Se emplea el proceso de maquinado (torneado) para su acabado superficial.

➤ **Casquillo**

Se emplea el proceso de maquinado (torneado) para su fabricación.

➤ **Orejeta**

Se emplea el proceso de soldadura manual por arco eléctrico, el maquinado (torneado y taladrado) y el enderezado si se requiere, en dependencia del grado de deterioro.

El proceso de soldadura se utiliza como reconstrucción.

1. Precalentamiento con llama oxiacetilénica a temperatura de 100 °C.
2. Se suelda en posición plana las superficies donde ha ocurrido el desgaste como en el agujero interior y en caso de rotura se suelda la chapa mediante una unión a solape por todo el borde de la pieza.
3. Los cordones son rectos y se depositan de forma continua superponiendo los cordones a 1/3 el ancho del cordón en forma cruzada, manteniendo durante el proceso un arco corto.
4. Los cordones se martillan en caliente y no perpendicularmente al cordón, con un martillo de punta redonda. Se eliminan los poros.
5. Se emplea el proceso de maquinado (torneado y taladrado) en dependencia del grado de deterioro y el enderezado de acuerdo a la situación de la superficie de apoyo.

2. 6 Equipos y materiales empleados en la recuperación

➤ **Materiales de aporte empleados en la recuperación.**

Orejeta y pasador

- *Consumibles empleados en la recuperación:*

Se emplea el electrodo tipo E 8018 – B2 [12], con un diámetro de 3 mm.

Gases para el precalentamiento con llama oxiacetilénica: Oxígeno y acetileno

➤ **Variables o parámetros de soldadura [13]**

- Diámetro del electrodo: 3 mm

- Intensidad de corriente: 90 - 120 A

- Tipo de corriente: Corriente directa polaridad invertida (CC+)

- Tensión en el arco: 24 V

- Velocidad de soldadura: variable según pasadas

Equipos por proceso.

➤ Soldadura

Sabiendo las especificaciones técnicas, teniendo en cuenta las características de intensidad de corriente necesaria para el electrodo se selecciona la máquina de soldar ARC PAIR 300 TX HITACHI (figura 2.23) perteneciente a la EMI, cuyos parámetros se detallan a continuación:

- Frecuencia: 60 Hz
- Potencia: 23,5 kVA
- Tensión secundaria de trabajo: 25 V
- Corriente de soldadura nominal: 120 A
- Límite de regulación de la corriente de soldadura: 20 - 300 A
- Peso: 189 kg



Figura 2. 23: Máquina de soldar ARC PAIR 300 TX HITACHI

- Herramientas y medios de protección a utilizar en el proceso de recuperación.

La radiación de un arco eléctrico es enormemente perjudicial para la retina y puede producir cataratas, pérdida parcial de visión, o incluso ceguera. Los ojos y la cara del soldador deben estar protegidos con un casco de soldar homologado equipado con un visor filtrante de grado apropiado.

La ropa apropiada para trabajar con soldadura por arco debe ser holgada y cómoda, resistente a la temperatura y al fuego. Debe estar en buenas condiciones, sin agujeros ni remiendos y limpia de grasas y aceites. Las camisas deben tener mangas largas, y los pantalones deben ser largos, acompañados con zapatos o botas aislantes que cubran.

- Overol de mangas largas.
- 1 par de botas altas.
- Espejuelos de cortar.
- Careta de soldar.
- Guantes, pechera y polainas.



Figura 2. 24: Herramientas y medios de protección

Torneado

Para la realización de la operación de torneado se empleó el torno 1K-62 [14] cuyos parámetros se describen a continuación:

- Potencia: 10 kW
- Diámetro del agujero del husillo: 50 mm
- Diámetro máximo sobre bancada: 400 mm
- Diámetro máximo sobre el carro: 200 mm
- Distancia entre puntos: 1000 mm
- Revoluciones husillo: 12.5-2000 rpm
- Avances longitudinales: 0,07 - 2,4 mm/rev
- Avances transversales: 0,035 - 0.8 mm/rev

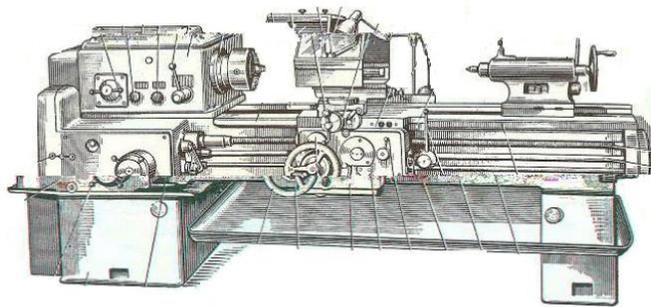


Figura 2. 25: Torno: 1K-62 [15]

Taladrado

- Taladradora vertical: BS16 [14]
- Potencia: 1,5 kW
- Diámetro máximo de la broca: 25 mm
- Máximo desplazamiento vertical: 140 mm
- Máxima distancia entre el husillo y la mesa: 630 mm
- Revoluciones husillo: 180 -2000 rpm
- Avances longitudinal: 0,01- 0,025 mm/rpm

2. 7 Tecnologías de fabricación y recuperación

En este epígrafe se aborda la tecnología para la fabricación unitaria del casquillo, así como la recuperación del pasador del soporte delantero de la ballesta y de la orejeta.

2. 7. 1 Tecnología de fabricación del casquillo

La pieza a construir es un cuerpo en revolución, por lo que para la basificación se debe de hacer coincidir el eje imaginario de la pieza en bruto con el de la máquina, con el propósito de lograr la coaxialidad entre estos.

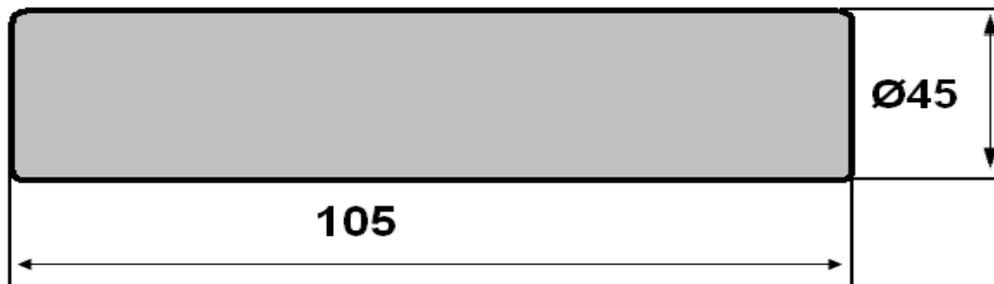
Forma y dimensión de la materia prima.

Para la selección de la pieza en bruto se elegirá el semiproducto en forma de barra teniendo en cuenta las sobremedidas para la realización de los procesos. Por condiciones reales y objetivas se toma para esta variante una barra maciza cilíndrica fundida de $\varnothing 45 \text{ mm}$ y $L = 105 \text{ mm}$.

Selección del material.

El material del que se elabora el casquillo es de acero 45 (AISI 1045), desde el punto de vista tecnológico su maquinabilidad es factible y poco compleja.

Dimensiones de la pieza en bruto



2. 7. 1. 1 Cálculo de los tiempos para el Corte

Equipo tecnológico: Segueta mecánica SGK-300.

- 1- Montar y fijar pieza. ($T_a = 1 \text{ min.}$)
- 2- Cortar pieza.

$$t_p = \frac{F}{f * n}$$

$$t_p = \frac{\frac{\pi * d^2}{4}}{f * n}$$

$$f = l * t$$

$$f = 300 * 0,02$$

$$f = 6 \text{ mm}^2$$

$$t_p = \frac{4}{6 * 60}$$

$$t_p = 4,41 \text{ min}$$

f - Área de la sección cortada en cada carrera doble

F - Área de la sección cortada

l - longitud de la carrera doble (300 mm - 400 mm)

t - avance vertical de la hoja (para aceros duros $t = 0,02 \text{ mm/c.d}$)

3- Desmontar pieza

2. 7. 1. 2 Cálculo de los tiempos para el torneado

Equipo tecnológico: Torno universal modelo 1K-62

Material de la herramienta de corte: Broca P18 (GOST), HS18-0,1 (ISO)

Cuchilla (T5 K10), P30 (ISO).

Pasos tecnológicos.

1. Montar y fijar pieza en plato de 3 mordazas. ($T_a = 2.5 \text{ min.}$)

2. Refrentar superficie.

$$t_p = \frac{L_c * i}{n * s}$$

$$t_p = \frac{29,5}{500 * 0,8}$$

$$t_p = 0,075 \text{ min}$$

$$L_c = l_g + l_a + l_p + l_s$$

$$L_c = 3 + 2 + 22,5 + 2$$

$$L_c = 29,5 \text{ mm}$$

$$l_g = \frac{a}{\tan \varphi}$$

$$l_g = \frac{3}{\tan 45^\circ}$$

$$l_g = 3 \text{ mm}$$

$$v = \frac{\pi * d * n}{1000}$$

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d}$$

$$n = \frac{1000 * 80}{\pi * 45}$$

$$n = 565,88 \text{ rpm}$$

3. Invertir pieza. ($T_a = 1.5 \text{ min.}$)

4. Refrentar superficie. (Idem. paso 2)

5. Realizar agujero para centro de $\varnothing 5 \text{ mm}$.

$$t_p = \frac{L_c}{n * s} * i \quad L_c = l_g + l_a + l_s + l_p \quad l_g = \frac{a}{\tan \varphi}$$

$$t_p = \frac{9}{500 * 0,6} * 1 \quad L_c = 3 + 2 + 2 + 2 \quad l_g = \frac{3}{\tan 45^\circ}$$

$$t_p = 0,3 \text{ min} \quad L_c = 9 \text{ mm} \quad l_g = 3 \text{ mm}$$

6. Taladrar hasta $\varnothing 15 \text{ mm}$ ($L=100 \text{ mm}$) superficie interior.

$$t_p = \frac{L_c}{n * s} * i \quad L_c = l_g + l_a + l_s + l_p \quad l_g = \frac{a}{\tan \varphi} \quad v = \frac{\pi * d * n}{1000}$$

$$t_p = \frac{107}{500 * 0,6} * 1 \quad L_c = 3 + 2 + 2 + 100 \quad l_g = \frac{3}{\tan 45^\circ} \quad n = \frac{1000 * v}{\pi * d}$$

$$t_p = 0,36 \text{ min} \quad L_c = 107 \text{ mm} \quad l_g = 3 \text{ mm} \quad n = \frac{1000 * 30}{\pi * 15}$$

$$n = 636,61 \text{ rpm}$$

$$a_{\max} = \frac{D}{2} \quad i = \frac{a_{\max}}{3}$$

$$a_{\max} = \frac{15}{2} \quad i = \frac{7,5}{3}$$

$$a_{\max} = 7,5 \text{ mm} \quad i = 2,5 \approx 3$$

7. Taladrar hasta $\varnothing 28 \text{ mm}$ ($L=100 \text{ mm}$) superficie interior.

$$t_p = \frac{L_c}{n * s} * i \quad L_c = l_g + l_a + l_s + l_p \quad l_g = \frac{a}{\tan \varphi} \quad v = \frac{\pi * d * n}{1000}$$

$$t_p = \frac{107}{315 * 0,6} * 1 \quad L_c = 3 + 2 + 2 + 100 \quad l_g = \frac{3}{\tan 45^\circ} \quad n = \frac{1000 * v}{\pi * d}$$

$$t_p = 0,57 \text{ min} \quad L_c = 107 \text{ mm} \quad l_g = 3 \text{ mm} \quad n = \frac{1000 * 30}{\pi * 28}$$

$$n = 341,04 \text{ rpm}$$

$$a_{\max} = \frac{D - d}{2} \quad i = \frac{a_{\max}}{3}$$

$$a_{\max} = \frac{28 - 15}{2} \quad i = \frac{6,5}{3}$$

$$a_{\max} = 6,5 \text{ mm} \quad i = 2,1 \approx 3$$

8. Mandrinar de desbaste hasta $\varnothing 30 \text{ mm}$ ($L=100 \text{ mm}$) superficie interior.

$$\begin{aligned}
 t_p &= \frac{L_c}{n * s} * i & L_c &= l_g + l_a + l_s + l_p & l_g &= \frac{a}{\tan \varphi} & v &= \frac{\pi * d * n}{1000} \\
 t_p &= \frac{107}{800 * 0,6} * 1 & L_c &= 3 + 2 + 2 + 100 & l_g &= \frac{3}{\tan 45^\circ} & n &= \frac{1000 * v}{\pi * d} \\
 t_p &= 0,26 \text{ min} & L_c &= 107 \text{ mm} & l_g &= 3 \text{ mm} & n &= \frac{1000 * 80}{\pi * 30} \\
 & & & & & & n &= 848,82 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

9. Mandrinar de acabado hasta $\varnothing 32 \text{ mm}$ ($L=100 \text{ mm}$) superficie interior.

$$\begin{aligned}
 t_p &= \frac{L_c}{n * s} * i & L_c &= l_g + l_a + l_s + l_p & l_g &= \frac{a}{\tan \varphi} & v &= \frac{\pi * d * n}{1000} \\
 t_p &= \frac{107}{800 * 0,2} * 1 & L_c &= 3 + 2 + 2 + 100 & l_g &= \frac{3}{\tan 45^\circ} & n &= \frac{1000 * v}{\pi * d} \\
 t_p &= 0,67 \text{ min} & L_c &= 107 \text{ mm} & l_g &= 3 \text{ mm} & n &= \frac{1000 * 95}{\pi * 32} \\
 & & & & & & n &= 894,35 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

10. Tallar o tornear ranura helicoidal ($L=100 \text{ mm}$) superficie interior.

$$\begin{aligned}
 t_p &= \frac{L_c}{n * s} * i & L_c &= l_g + l_a + l_s + l_p & l_g &= \frac{a}{\tan \varphi} & v &= \frac{\pi * d * n}{1000} \\
 t_p &= \frac{107}{800 * 30} * 1 & L_c &= 3 + 2 + 2 + 107 & l_g &= \frac{3}{\tan 45^\circ} & n &= \frac{1000 * v}{\pi * d} \\
 t_p &= 0,04 \text{ min} & L_c &= 107 \text{ mm} & l_g &= 3 \text{ mm} & n &= \frac{1000 * 95}{\pi * 32} \\
 & & & & & & n &= 904,98 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

11. Realizar bisel interior de 1×45

$$\begin{aligned}
 t_p &= \frac{L_c}{n * s} * i & v &= \frac{\pi * d * n}{1000} \\
 t_p &= \frac{0,5}{500 * 0,4} * 1 & n &= \frac{1000 * v}{\pi * d} \\
 t_p &= 0,025 \text{ min} & n &= \frac{1000 * 88}{\pi * 40} \\
 & & n &= 650,30 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

12. Desmontar la pieza

13. Fijar la pieza en un mandril

14. Cilindrar de desbaste Ø45 a Ø42 (L=100 mm) superficie exterior.

$$t_p = \frac{L_c}{n * s} * i \quad L_c = l_g + l_a + l_s + l_p \quad l_g = \frac{a}{\tan \varphi} \quad v = \frac{\pi * d * n}{1000}$$

$$t_p = \frac{107}{500 * 0,6} * 1 \quad L_c = 3 + 2 + 2 + 100 \quad l_g = \frac{3}{\tan 45^\circ} \quad n = \frac{1000 * v}{\pi * d}$$

$$t_p = 0,36 \text{ min} \quad L_c = 107 \text{ mm} \quad l_g = 3 \text{ mm} \quad n = \frac{1000 * 80}{\pi * 42}$$

$$n = 606,30 \text{ rpm}$$

$$a_{\max} = \frac{D - d}{2} \quad i = \frac{a_{\max}}{3}$$

$$a_{\max} = \frac{45 - 42}{2} \quad i = \frac{1,5}{3}$$

$$a_{\max} = 1,5 \text{ mm} \quad i = 0,5 \approx 1$$

15. Cilindrar de acabado Ø42 a Ø40 mm (L=100 mm) superficie exterior.

$$t_p = \frac{L_c}{n * s} * i \quad L_c = l_g + l_a + l_s + l_p \quad l_g = \frac{a}{\tan \varphi} \quad v = \frac{\pi * d * n}{1000}$$

$$t_p = \frac{107}{800 * 0,2} * 1 \quad L_c = 3 + 2 + 2 + 100 \quad l_g = \frac{3}{\tan 45^\circ} \quad n = \frac{1000 * v}{\pi * d}$$

$$t_p = 0,67 \text{ min} \quad L_c = 107 \text{ mm} \quad l_g = 3 \text{ mm} \quad n = \frac{1000 * 95}{\pi * 40}$$

$$n = 755,98 \text{ rpm}$$

$$a_{\max} = \frac{D - d}{2} \quad i = \frac{a_{\max}}{3}$$

$$a_{\max} = \frac{42 - 40}{2} \quad i = \frac{1}{3}$$

$$a_{\max} = 1 \text{ mm} \quad i = 0,6 \approx 1$$

16. Realizar biseles exteriores de 1 x 45.

$$t_p = \frac{L_c}{n * s} * i \quad v = \frac{\pi * d * n}{1000}$$

$$t_p = \frac{0,5}{500 * 0,4} * 1 \quad n = \frac{1000 * v}{\pi * d}$$

$$t_p = 0,025 \text{ min} \quad n = \frac{1000 * 88}{\pi * 40}$$

$$n = 650,52 \text{ rpm}$$

17. Desmontar

2. 7. 2 Tecnología de recuperación del pasador

En la tecnología de recuperación del pasador están implicados los procesos de maquinado y soldadura. A continuación se expone la tecnología de maquinado.

La pieza a reconstruir es un cuerpo en revolución, por lo que para la basificación se debe de hacer coincidir el eje imaginario de la pieza en bruto con el de la máquina, con el propósito de lograr la coaxialidad entre estos.

2. 7. 2. 1 Torneado del pasador

Máquina herramienta: Torno Universal modelo IK-62.

Material de la herramienta de corte: T5K10 (GOST), P30 (ISO).

Pasos tecnológicos.

1. Montar y fijar pieza entre puntos. ($T_a = 2.5 \text{ min.}$)
2. Cilindrar de desbaste $\varnothing 32$ a $\varnothing 25$ ($L=100 \text{ mm}$).

$$\begin{aligned} t_p &= \frac{L_c}{n * s} * i & L_c &= l_g + l_a + l_s + l_p & l_g &= \frac{a}{\tan \varphi} & v &= \frac{\pi * d * n}{1000} \\ t_p &= \frac{107}{1000 * 0,6} * 1 & L_c &= 3 + 2 + 2 + 100 & l_g &= \frac{3}{\tan 45^\circ} & n &= \frac{1000 * v}{\pi * d} \\ t_p &= 0,18 \text{ min} & L_c &= 107 \text{ mm} & l_g &= 3 \text{ mm} & n &= \frac{1000 * 80}{\pi * 26} \\ & & & & & & n &= 979,41 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$a_{\max} = \frac{D-d}{2} \quad i = \frac{a_{\max}}{3}$$

$$a_{\max} = \frac{32-26}{2} \quad i = \frac{3}{3}$$

$$a_{\max} = 3 \text{ mm} \quad i = 1$$

3. Desmontar la pieza.
4. Rellenar por soldadura.
5. Montar y fijar pieza entre puntos. ($T_a = 2.5 \text{ min.}$)

6. Cilindrar de desbaste $\varnothing 36$ a $\varnothing 34$ mm (L=100 mm).

$$t_p = \frac{L_c}{n * s} * i \quad L_c = l_g + l_a + l_s + l_p \quad l_g = \frac{a}{\tan \varphi} \quad v = \frac{\pi * d * n}{1000}$$

$$t_p = \frac{107}{800 * 0,6} * 1 \quad L_c = 3 + 2 + 2 + 100 \quad l_g = \frac{3}{\tan 45^\circ} \quad n = \frac{1000 * v}{\pi * d}$$

$$t_p = 0,25 \text{ min} \quad L_c = 107 \text{ mm} \quad l_g = 3 \text{ mm} \quad n = \frac{1000 * 80}{\pi * 34}$$

$$n = 748,96 \text{ rpm}$$

$$a_{\max} = \frac{D - d}{2} \quad i = \frac{a_{\max}}{3}$$

$$a_{\max} = \frac{36 - 34}{2} \quad i = \frac{1}{3}$$

$$a_{\max} = 1 \text{ mm} \quad i = 0,33 \approx 1$$

7. Cilindrar de acabado $\varnothing 34$ a $\varnothing 32$ mm (L=100 mm)

$$t_p = \frac{L_c}{n * s} * i \quad L_c = l_g + l_a + l_s + l_p \quad l_g = \frac{a}{\tan \varphi} \quad v = \frac{\pi * d * n}{1000}$$

$$t_p = \frac{107}{1000 * 0,2} * 1 \quad L_c = 3 + 2 + 2 + 100 \quad l_g = \frac{3}{\tan 45^\circ} \quad n = \frac{1000 * v}{\pi * d}$$

$$t_p = 0,54 \text{ min} \quad L_c = 107 \text{ mm} \quad l_g = 3 \text{ mm} \quad n = \frac{1000 * 95}{\pi * 32}$$

$$n = 944,98 \text{ rpm}$$

$$a_{\max} = \frac{D - d}{2} \quad i = \frac{a_{\max}}{3}$$

$$a_{\max} = \frac{34 - 32}{2} \quad i = \frac{1}{3}$$

$$a_{\max} = 1 \text{ mm} \quad i = 0,33 \approx 1$$

8. Desmontar la pieza

2. 7. 2. 2 Tecnología de relleno del pasador

Se realiza el relleno con cordones alternos, montando los mismos a 1/3 del ancho del cordón anterior como se expresa en [16], [17].

Cálculo del tiempo tecnológico de formación de la costura soldada o el tiempo de arco para el relleno del pasador [13].

1. Tiempo tecnológico de formación de la costura soldada para los cordones 1, 2, 3, 4 de soldadura

$$t_i = \frac{60 * F * l * \gamma}{I * a_r}$$

$$t_i = \frac{60 * 0,18 * 10 * 7,85}{90 * 10}$$

$$t_i = 0,9 \text{ min}$$

$$F = s * a$$

$$F = 3 * 6$$

$$F = 18 \text{ mm}^2 = 0,18 \text{ cm}^2$$

2. Tiempo tecnológico de formación de la costura soldada para los cordones 5, 6, 7, 8 de soldadura

$$t_i = \frac{60 * F * l * \gamma}{I * a_r}$$

$$t_i = \frac{60 * 0,18 * 10 * 7,85}{90 * 10}$$

$$t_i = 0,9 \text{ min}$$

$$F = s * a$$

$$F = 3 * 6$$

$$F = 18 \text{ mm}^2 = 0,18 \text{ cm}^2$$

3. Tiempo tecnológico de formación de la costura soldada para el cordón 9 hasta el 14 cordón de soldadura

$$t_i = \frac{60 * F * l * \gamma}{I * a_r}$$

$$t_i = \frac{60 * 0,18 * 10 * 7,85}{90 * 10}$$

$$t_i = 0,9 \text{ min}$$

$$F = s * a$$

$$F = 3 * 6$$

$$F = 18 \text{ mm}^2 = 0,18 \text{ cm}^2$$

2. 7. 3 Tecnología de recuperación de la orejeta

En la orejeta puede presentarse desgaste en el orificio y rotura de la superficie de apoyo (caso crítico extremo), por lo que para trazar la tecnología se tienen en cuenta ambos.

En caso de desgaste se procede a realizar cordones alternos montados 1/3 del ancho del próximo al igual que en el pasador. En caso de rotura se procede a reforzar con una chapa, recurriendo a la soldadura también.

2. 7. 3. 1 Cálculo del tiempo tecnológico de formación de la costura soldada o el tiempo de arco para el rellenado del agujero de la orejeta desgastada [13]

$$t_t = \frac{60 * F * l * \gamma}{I * a_\tau}$$

t_t : Tiempo tecnológico de formación de la costura soldada, es decir, el tiempo de arco.

F: Área de la sección transversal de la costura (mm^2).

l: Longitud de la costura (mm).

I: Intensidad de corriente de soldadura (A).

γ : Peso específico del metal depositado (g/cm^3).

a_τ : Coeficiente de relleno ($g/A*h$)

1. Tiempo tecnológico de formación de la costura soldada para los cordones 1, 2, 3, 4 de soldadura.

$$t_t = \frac{60 * F * l * \gamma}{I * a_\tau}$$

$$t_t = \frac{60 * 0,18 * 10 * 7,85}{90 * 10}$$

$$t_t = 0,9 \text{ min}$$

$$F = s * a$$

$$F = 3 * 6$$

$$F = 18 \text{ mm}^2 = 0,18 \text{ cm}^2$$

2. Tiempo tecnológico de formación de la costura soldada para los cordones 5, 6, 7, 8 de soldadura.

$$t_t = \frac{60 * F * l * \gamma}{I * a_\tau}$$

$$t_t = \frac{60 * 0,18 * 10 * 7,85}{90 * 10}$$

$$t_t = 0,9 \text{ min}$$

$$F = s * a$$

$$F = 3 * 6$$

$$F = 18 \text{ mm}^2 = 0,18 \text{ cm}^2$$

3. Tiempo tecnológico de formación de la costura soldada para el cordón 9 hasta el 24 cordón de soldadura.

$$t_t = \frac{60 * F * l * \gamma}{I * a_r}$$

$$t_t = \frac{60 * 0,18 * 10 * 7,85}{90 * 10}$$

$$t_t = 0,9 \text{ min}$$

$$F = s * a$$

$$F = 3 * 6$$

$$F = 18 \text{ mm}^2 = 0,18 \text{ cm}^2$$

2. 7. 3. 2 Cálculo del tiempo tecnológico de formación de la costura soldada o el tiempo de arco para la rotura de la superficie de apoyo de la orejeta [13]

1. Tiempo tecnológico de formación de la costura soldada para los puntos 1, 2, 3, 4 de soldadura.

$$t_t = \frac{60 * F * l * \gamma}{I * a_r}$$

$$t_t = \frac{60 * 0,06 * 0,5 * 7,85}{100 * 10}$$

$$t_t = 0,014 \text{ min}$$

$$F = \frac{h * b}{2}$$

$$F = \frac{3 * 4}{2}$$

$$F = 6 \text{ mm}^2 = 0,06 \text{ cm}^2$$

2. Tiempo tecnológico de formación de la costura soldada para el cordón 1 de soldadura L=40 mm.

$$t_t = \frac{60 * F * l * \gamma}{I * a_r}$$

$$t_t = \frac{60 * 0,06 * 4 * 7,85}{100 * 10}$$

$$t_t = 0,11 \text{ min}$$

$$F = \frac{h * b}{2}$$

$$F = \frac{3 * 4}{2}$$

$$F = 6 \text{ mm}^2 = 0,06 \text{ cm}^2$$

3. Tiempo tecnológico de formación de la costura soldada para el cordón 2 de soldadura L=48 mm.

$$t_t = \frac{60 * F * l * \gamma}{I * a_r}$$

$$t_t = \frac{60 * 0,045 * 4,8 * 7,85}{100 * 10}$$

$$t_t = 0,14 \text{ min}$$

$$F = \frac{h * b}{2}$$

$$F = \frac{3 * 4}{2}$$

$$F = 6 \text{ mm}^2 = 0,06 \text{ cm}^2$$

4. Tiempo tecnológico de formación de la costura soldada para los cordones 3 y 4 de soldadura L=175 mm.

$$t_t = \frac{60 * F * l * \gamma}{I * a_r}$$

$$F = \frac{h * b}{2}$$

$$t_t = \frac{60 * 0,06 * 17,5 * 7,85}{100 * 10}$$

$$F = \frac{3 * 4}{2}$$

$$t_t = 0,5 \text{ min}$$

$$F = 6 \text{ mm}^2 = 0,06 \text{ cm}^2$$

2. 7. 3. 3 Cálculo de los tiempos de torneado

Equipo tecnológico: Torno Universal modelo 1K-62

Material de la herramienta de corte: Cuchilla (T5 K10), P30 (ISO).

Pasos tecnológicos.

1. Montar y fijar pieza en plato de 4 mordazas. ($T_a = 2.5 \text{ min.}$)
2. Cilindrar de desbaste hasta $\varnothing 38 \text{ mm}$ (L=100 mm) superficie interior.

$$t_p = \frac{L_c}{n * s} * i \quad L_c = l_g + l_a + l_s + l_p \quad l_g = \frac{a}{\tan \varphi} \quad v = \frac{\pi * d * n}{1000}$$

$$t_p = \frac{107}{500 * 0,6} * 1 \quad L_c = 3 + 2 + 2 + 100 \quad l_g = \frac{3}{\tan 45^\circ} \quad n = \frac{1000 * v}{\pi * d}$$

$$t_p = 0,35 \text{ min} \quad L_c = 107 \text{ mm} \quad l_g = 3 \text{ mm} \quad n = \frac{1000 * 80}{\pi * 38}$$

$$n = 670,12 \text{ rpm}$$

3. Cilindrar de acabado hasta $\varnothing 40 \text{ mm}$ (L=100 mm) superficie interior.

$$t_p = \frac{L_c}{n * s} * i \quad L_c = l_g + l_a + l_s + l_p \quad l_g = \frac{a}{\tan \varphi} \quad v = \frac{\pi * d * n}{1000}$$

$$t_p = \frac{107}{800 * 0,2} * 1 \quad L_c = 3 + 2 + 2 + 100 \quad l_g = \frac{3}{\tan 45^\circ} \quad n = \frac{1000 * v}{\pi * d}$$

$$t_p = 0,67 \text{ min} \quad L_c = 107 \text{ mm} \quad l_g = 3 \text{ mm} \quad n = \frac{1000 * 95}{\pi * 40}$$

$$n = 755,98 \text{ rpm}$$

4. Desmontar

2. 7. 3. 4 Cálculo de los tiempos de taladrado

Equipo tecnológico: Taladradora vertical BS16

Material de la herramienta de corte: Broca (P18)

Pasos tecnológicos.

1. Montar y fijar pieza en tornillo de mesa. ($T_a = 1,5 \text{ min.}$)
2. Colocar la herramienta
3. Taladrado de desbaste.

$$t_p = \frac{L_c}{n * s} * i$$
$$L_c = l_g + l_a + l_s + l_p$$
$$t_p = \frac{27}{355 * 0,6} * 1$$
$$L_c = 3 + 2 + 2 + 20$$
$$t_p = 0,28 \text{ min}$$
$$L_c = 27 \text{ mm}$$
$$v = \frac{\pi * d * n}{1000}$$
$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d}$$
$$n = \frac{1000 * 30}{\pi * 20}$$
$$n = 450,46 \text{ rpm}$$

4. Desmontar

2. 8 Rutas y cartas tecnológicas de los procesos de maquinado y soldadura

Todas las operaciones y pasos necesarios para la fabricación y recuperación de los elementos del conjunto orejeta – casquillo y pasador se plasman en la documentación tecnológica estipulada por las normas cubanas [18, 19].

Se realizaron las cartas de ruta y operación tecnológicas siguientes:

2. 8. 1 Ruta tecnológica para la elaboración del casquillo (Anexo 4)

005 - Corte (Anexo 5)

010 – Torneado (Anexo 6)

015 - Control de la calidad

2. 8. 2 Ruta tecnológica para la recuperación del pasador (Anexo 7)

005 – Torneado (Anexo 8)

010 - Rellenado por soldadura (Anexo 9)

015 – Torneado (Anexo 8)

020 - Tratamiento térmico

025 -Control de la calidad

2. 8. 3 Ruta tecnológica para la recuperación de la orejeta (Anexo 10)

005 – Soldadura (Anexo 11)

010 – Maquinado (Anexo 12)

2. 9 Cálculo económico

En el diseño, construcción y recuperación de los diversos elementos de máquinas, se debe tener en cuenta el análisis económico, lo cual considera el costo de las piezas que conforman dicho mecanismo. En la valoración económica se deben tener presente distintos aspectos fundamentales, tales como el costo de los materiales a emplear, el personal designado para su fabricación, los procesos tecnológicos a llevar a cabo y las tecnologías empleadas. En general, la solución más adecuada tener en cuenta los costos de construcción (que deben de ser los mínimos posibles), y deben de cumplir los requisitos necesarios para un buen funcionamiento.

El costo de producción de la pieza es uno de los indicadores más valiosos, para valorar la eficiencia del proceso productivo. Durante el proceso de manufactura de un artículo (pieza) es necesario incurrir en determinados gastos. El costo de fabricación, no es más que la suma de todos los gastos en que se incurren para poder alcanzar el objetivo planteado.

Para determinar los costos se tuvieron en cuenta los criterios expresados en diferentes bibliografías [13], [20], [21], [22], [23].

2. 9. 1 Cálculo del costo de fabricación del casquillo

2. 9. 1. 1 Costos relacionados con el proceso de torneado y corte

Gastos del material

$$M = G_1 * q_1 - G_2 * q_2$$

Donde:

M: gastos de materiales empleados en la pieza (CUP).

G₁ y G₂: masa del material de la pieza en bruto y masa de los desechos en kg.

q₁: precio en pesos por kilogramo del material de la pieza

Material: Acero 45

$$M = G_1 * q_1 - G_2 * q_2$$

$$G_1 = 1,3 \text{ kg}$$

$$G_2 = 0,045 \text{ kg}$$

$$q_1 = 0,57 \text{ CUP/kg acero 45 [23]}$$

$q_2 \rightarrow$ En este caso no se considera porque el taller no tiene una línea de producción definida.

$$V_s = \frac{\pi \times d^2}{4 \times 10^3} \times L = \left(\frac{\pi * (45^2)}{4 * 10^3} - \frac{\pi * (32^2)}{4 * 10^3} \right) * 10 = 7,86 \text{ cm}^3$$

$$\gamma = 7,85 \times 10^{-3} \text{ kg / cm}^3$$

$$P_{SP} = V_s \times \gamma = [7,86 \text{ cm}^3 * (7,85 * 10^{-3}) \text{ kg / cm}^3] = 0,04 \text{ kg}$$

Costos relacionados con el proceso de torneado:

Cálculo de los gastos en salario

Para torneado:

$$S_o = \sum_{i=1}^m (t_{so} + t_{ca}) * \left(\frac{T_c}{60} \right) * K_{dr.} * K_v * K_{ss}$$

tso: Tarifa salarial del operario, tso = 2,05 CUP/h (Operario "A" de taller)

tca: Tarifa por condiciones anormales, tca = 1 CUP/h

Tc: Tiempo norma para la operación, en minutos (Tc: tiempo de cálculo)

Tc= 24,5 min

Kdr: Coeficiente que tiene en cuenta el descanso retribuido Kdr = 1,09

Kss: Coeficiente que tiene en cuenta los pagos a la seguridad social,

Kss = 1,08

Kv=1 Coeficiente de pagos complementarios

$$S_o = 3,05 * \frac{24,5}{60} * 1,09 * 1 * 1,08 = 1,46 \text{ CUP}$$

Cálculo para el corte

$$S_o = \sum_{i=1}^m (t_{so} + t_{ca}) * \left(\frac{T_c}{60} \right) * K_{dr.} * K_v * K_{ss}$$

$$T_c = 4,45 \text{ min}$$

$$S_o = 3,05 * \frac{4,45}{60} * 1,09 * 1 * 1,08 = 0,26 \text{ CUP}$$

$$\sum S_o = 1,46 + 0,26$$

$$\sum S_o = 1,72 \text{ CUP}$$

Ha- Gasto en amortización y mantenimiento de máquina herramienta

Donde (Ci) corresponde a cada uno de los elementos que componen los gastos de amortización y mantenimientos.

$$Ha = \sum_{i=1}^m C_i$$

Para el corte

$$C_1 = \frac{1,1 * .cm * a}{100 * 60 * f * n} * T_c$$

$$C_m = 1143,60 \text{ CUP} \text{ Segueta mecánica SGK - 300}$$

$$C_1 = \frac{1,1 * 1143.60 * 16}{100 * 60 * 2160 * 0,75} * 4,45 = \frac{20127.30}{9720000} * 4,45 = 0,4 \text{ CUP}$$

Para el torneado

$$C_1 = \frac{1,1 * C_M * a}{100 * 60 * f * n} * T_e$$

α - Coeficiente de amortización anual de la máquina $\alpha = 10$ a 16%

C_m - Costo por tarifa de máquina.

f - Fondo de tiempo anual de trabajo de la máquina en hora.

n - Coeficiente de utilización de la máquina.

T_c - Tiempo de cálculo.

$C_m = 2000 \text{ CUC}$ Torno Universal 1K 62.

$f = 2160 \text{ h}$

$a = 16 \%$

$$n = 0,75$$

$$T_c = 24,5 \text{ min}$$

$$C_1 = \frac{1,1 * 50000 * 16}{100 * 60 * 2160 * 0,75} * 24,5 = \frac{880000}{9720000} * 24,5 = 2,45 \text{ CUP}$$

$$C_1 T = 2,45 + 0,4 = 2,85 \text{ CUP}$$

Gasto por reparación de máquina:

$$C_2 = \frac{1,1 * C_m * B}{100 * 60 * F * \eta} * T_c$$

Para el torneado

$$\beta = 4,5$$

$$C_2 = \frac{1,1 * 50000 * 4,5}{100 * 60 * 2160 * 0,75} * 24,5 = \frac{247500}{9720000} * 24,5 = 0,61 \text{ CUP}$$

Para el corte

$$C_2 = \frac{1,1 * 28590 * 4,5}{100 * 60 * 2160 * 0,75} * 4,45 = \frac{141520,5}{9720000} * 4,45 = 0,06$$

$$C_2 T = 0,61 + 0,06 = 0,67 \text{ CUP}$$

Gasto en energía eléctrica:

$$C_5 = \frac{N_m * \varphi_m * T_p * C_{kw}}{0,88 * 60}$$

Donde:

N_m - Potencia de los motores de las máquinas en $N_m = 10 \text{ kW}$.

φ_m - Coeficiente de carga del motor eléctrico según potencia.

C_{KW} - Costo en pesos por $0,065 \text{ kW/h}$ de energía eléctrica.

T_p - Tiempo principal por piezas.

Los gastos de energía eléctrica para el torneado vienen dados por:

$$\begin{aligned} C_5 &= \frac{N_m * \varphi_m * C_{KW}}{0,88 * 60} * T_p \\ &= \frac{10 * 0,8 * 0,065}{0,88 * 0,6} * 24,5 \\ &= 24,1 \text{ CUC} \end{aligned}$$

$$\beta = (4,5 \div 5 \%) = 4,5 \%$$

$$\varphi_m = (0,5 \div 1) = 0,8$$

Los gastos de energía eléctrica para el corte vienen dados por:

$$C_5 = \frac{N_m \times \varphi_m \times C_{KW}}{0,88 \times 60} \times T_p$$

$$= \frac{1 * 0,8 * 0,065}{0,88 * 0,6} * 4,5$$

$$= 4,1 \text{ CUP}$$

$$C_5 T = 24,1 + 4,1 = 28,2 \text{ CUP}$$

$$\sum Ha = C_1 T + C_2 T + C_5 T$$

$$\sum Ha = 2,85 + 0,67 + 28,2 = 31,72 \text{ CUP}$$

Costo de total de fabricación del casquillo

$$C = M + \sum_{i=1}^m So + \sum_{i=1}^m Ha$$

$$C = 0,57 + (1,72 + 31,72)$$

$$C = 34,01 \text{ CUP}$$

2. 9. 2 Cálculo del costo total de la recuperación del pasador

2. 9. 2. 1 Cálculo del costo para el rellenado por soldadura

$$C = C_M + \sum_{i=1}^m So + \sum_{i=1}^m Ha$$

C_M : Valor de las materias primas y materiales invertidos directamente en la recuperación de una unidad de producto, $C_M = \text{Costo de electrodo} = 1,20 \text{ CUP}$.

So : Gastos en salario

Ha : Gasto en amortización y mantenimiento del equipo tecnológico.

Cálculo de los gastos en salario

$$S_o = \sum_{i=1}^m (t_{so} + t_{ca}) * \left(\frac{T_c}{60}\right) * K_{dr.} * K_v * K_{ss}$$

tso: Tarifa salarial del operario tso = 2,15 CUP/h (Operario "A" de taller)

tca: Tarifa por condiciones anormales tca = 1 CUP/h

Tc: Tiempo norma para la operación, en minutos (Tc: tiempo de cálculo)

Tc= 91,8 min

Kdr: Coeficiente que tiene en cuenta el descanso retribuido Kdr = 1,09

Kss: Coeficiente que tiene en cuenta los pagos a la seguridad social Kss = 1,08

Kv=1 Coeficiente de pagos complementarios

$$S_o = \sum_{i=1}^m (t_{so} + t_{ca}) * \left(\frac{T_c}{60}\right) * K_{dr.} * K_v * K_{ss}$$

Tc= 91,8 min

$$S_o = 3,15 * \frac{91,8}{60} * 1,09 * 1 * 1,08 = 5,67 \text{ CUP}$$

Cálculo de los gastos en amortización y mantenimiento del equipo tecnológico.

Donde (Ci) corresponde a cada uno de los elementos que componen los gastos de amortización y mantenimientos.

$$Ha = \sum_{i=1}^m Ci$$

$$C_1 = \frac{1,1 * C_m * a}{100 * 60 * f * n} * T_c$$

α - Coeficiente de amortización anual de la máquina $\alpha = 10$ a 16%

Cm - Costo por tarifa de máquina, Cm= 2000 CUC=50000 CUP.

f - Fondo de tiempo anual de trabajo de la máquina en hora f= 1400 h

n - Coeficiente de utilización de la máquina (para tornos universales).

Tc= 91,8 min

a = 16 %

n = 0,75

$$C_1 = \frac{1,1 * 50000 * 16}{100 * 60 * 1400 * 0,75} * 91,8 = \frac{880000}{6300000} * 91,8 = 12,85 \text{ CUP}$$

Gasto por reparación de máquina:

$$C_2 = \frac{1,1 * C_m * B}{100 * 60 * F * \eta} * T_c$$

$$\beta = 4,5$$

$$C_2 = \frac{1,1 * 50000 * 4,5}{100 * 60 * 1400 * 0,75} * 91,8 = \frac{247500}{6300000} * 91,8 = 3,60 \text{ CUP}$$

Gasto en energía eléctrica:

$$C_5 = \frac{N_m * \varphi_m * T_p * C_{kw}}{0,88 * 60}$$

Donde:

Donde:

N_m - Potencia de los motores de las máquinas en $N_m = 23,5 \text{ kW}$.

φ_m - Coeficiente de carga del motor eléctrico según potencia.

C_{KW} - Costo en pesos por $0,065 \text{ kW/h}$ de energía eléctrica.

$$\begin{aligned} C_5 &= \frac{N_m * \varphi_m * C_{KW}}{0,88 * 60} * T_p \\ &= \frac{23,5 * 0,65 * 0,065}{0,88 * 0,6} * 91,8 \\ &= 172,60 \text{ CUP} \end{aligned}$$

$$\beta = (4,5 \div 5 \%) = 4,5 \%$$

$$\varphi_m = (0,5 \div 1) = 0,65$$

$$\sum Ha = C_1 T + C_2 T + C_5 T$$

$$\sum Ha = 12,85 + 3,6 + 172,60 = 192,05 \text{ CUP}$$

Costo de total de recuperación del pasador por soldadura.

$$C = C_M + \sum_{i=1}^m S_o + \sum_{i=1}^m H_a$$

$$C = 1,20 + (5,67 + 192,05)$$

$$C = 198,9 \text{ CUP}$$

2. 9. 2. 2 Cálculo del costo para el torneado

$$M = G_1 * q_1 - G_2 * q_2$$

Donde:

M: gastos de materiales empleados en la pieza (CUP).

G₁ y G₂: masa del material de la pieza en bruto y masa de los desechos en kg.

q₁: precio en pesos por kilogramo del material de la pieza

G₁ = 0,115 kg.

G₂ = 0,005 kg

q₁ = 0,73 CUP/kg para el AISI 10 40 (Tabla de costos)

q₂ → En este caso no se considera porque el taller no tiene una línea de producción definida.

$$M = G_1 * q_1 - G_2 * q_2$$

$$M = 0,115 * 0,73 - 0,020 * 0,73$$

$$M = 0,10 \text{ CUP}$$

Para torneado:

$$S_o = \sum_{i=1}^m (t_{so} + t_{ca}) * \left(\frac{T_c}{60} \right) * K_{dr.} * K_v * K_{ss}$$

tso: Tarifa salarial del operario, tso = 2,05 CUP/h (Operario "A" de taller).

tca: Tarifa por condiciones anormales, tca = 1 CUP/h.

Tc: Tiempo norma para la operación, en minutos (Tc: tiempo de cálculo)

Tc= 9,97 min

Kdr: Coeficiente que tiene en cuenta el descanso retribuido Kdr = 1,09

Kss: Coeficiente que tiene en cuenta los pagos a la seguridad social Kss =1,08

Kv=1 Coeficiente de pagos

Cálculo para el torneado

$$S_o = \sum_{i=1}^m (t_{so} + t_{ca}) * \left(\frac{T_c}{60} \right) * K_{dr.} * K_v * K_{ss}$$

$$S_o = 3,05 * \frac{9,97}{60} * 1,09 * 1 * 1,08 = 0,6 \text{ CUP}$$

Gasto en amortización y mantenimiento de máquina herramienta (*Ha*)

Donde (*Ci*) corresponde a cada uno de los elementos que componen los gastos de amortización y mantenimientos.

$$Ha = \sum_{i=1}^m Ci$$

Para el torneado

$$C_1 = \frac{1,1 * C_M * a}{100 * 60 * f * n} * T_e$$

α - Coeficiente de amortización anual de la máquina $\alpha = 10$ a 16%

C_m - Costo por tarifa de máquina $C_m = 2000 \text{ CUC} = 50000 \text{ CUP}$.

f - Fondo de tiempo anual de trabajo de la máquina en hora.

n - Coeficiente de utilización de la máquina.

T_c - Tiempo de cálculo.

$C_m = 2000 \text{ CUC}$ Torno Universal 1K 62.

$f = 2160 \text{ h}$

$a = 16 \%$

$n = 0,75$

$T_c = 24,5 \text{ min}$

$$C_1 = \frac{1,1 * 50000 * 16}{100 * 60 * 2160 * 0,75} * 9,97 = \frac{880000}{9720000} * 9,97 = 0,99 \text{ CUP}$$

Gasto por reparación de máquina:

$$C_2 = \frac{1,1 * C_m * B}{100 * 60 * F * \eta} * T_c$$

Para el torneado

$$\beta = 4,5$$

$$C_2 = \frac{1,1 * 50000 * 4,5}{100 * 60 * 2160 * 0,75} * 9,97 = \frac{247500}{9720000} * 9,97 = 0,25 \text{ CUP}$$

Gasto en energía eléctrica:

$$C_5 = \frac{Nm * \varphi_m * T_p * C_{kw}}{0,88 * 60}$$

Donde:

N_m - Potencia de los motores de las máquinas en $N_m = 10 \text{ kW}$.

φ_m - Coeficiente de carga del motor eléctrico según potencia.

C_{KW} - Costo en pesos por $0,065 \text{ kW/h}$ de energía eléctrica.

T_P - Tiempo principal por piezas.

Los gastos de energía eléctrica para el torneado vienen dados por:

$$\begin{aligned} C_5 &= \frac{N_m \times \varphi_m \times C_{KW}}{0,88 \times 60} \times T_p \\ &= \frac{10 * 0,8 * 0,065}{0,88 * 0,6} * 9,97 \\ &= 9,91 \text{ CUC} \end{aligned}$$

$$\beta = (4,5 \div 5 \%) = 4,5 \%$$

$$\varphi_m = (0,5 \div 1) = 0,8$$

$$\sum Ha = C_1 T + C_2 T + C_5 T$$

$$\sum Ha = 0,99 + 0,25 + 9,91 = 11,15 \text{ CUP}$$

Costo de la pieza para el torneado

$$C = M + \sum_{i=1}^m S_o + \sum_{i=1}^m H_a$$

$$C = 0,10 + (0,6 + 11,15)$$

$$C = 11,85 \text{ CUP}$$

2. 9. 3 Cálculo del costo total de la recuperación de la orejeta en caso de desgaste

2. 9. 3. 1 Cálculo del costo para el rellenado por soldadura

$$C = C_M + \sum_{i=1}^m S_o + \sum_{i=1}^m H_a$$

C_M : Valor de las materias primas y materiales invertidos directamente en la recuperación de una unidad de producto, $C_M = \text{Costo de electrodo} = 1,20 \text{ CUP}$.

S_o : Gastos en salario

H_a : Gasto en amortización y mantenimiento del equipo tecnológico.

Cálculo de los gastos en salario

$$S_o = \sum_{i=1}^m (t_{so} + t_{ca}) * \left(\frac{T_c}{60} \right) * K_{dr.} * K_v * K_{ss}$$

t_{so} : Tarifa salarial del operario, $t_{so} = 2,15 \text{ CUP/h}$ (Operario "A" de taller)

t_{ca} : Tarifa por condiciones anormales, $t_{ca} = 1 \text{ CUP/h}$

T_c : Tiempo norma para la operación, en minutos (T_c : tiempo de cálculo)

$T_c = 76,5 \text{ min}$

K_{dr} : Coeficiente que tiene en cuenta el descanso retribuido $K_{dr} = 1,09$.

K_{ss} : Coeficiente que tiene en cuenta los pagos a la seguridad social $K_{ss} = 1,08$.

$K_v = 1$ Coeficiente de pagos complementarios

$$S_o = \sum_{i=1}^m (t_{so} + t_{ca}) * \left(\frac{T_c}{60} \right) * K_{dr.} * K_v * K_{ss}$$

$$S_o = 3,15 * \frac{76,5}{60} * 1,09 * 1 * 1,08 = 4,27 \text{ CUP}$$

Cálculo de los gasto en amortización y mantenimiento del equipo tecnológico.

Donde (C_i) corresponde a cada uno de los elementos que componen los gastos de amortización y mantenimientos.

$$H_a = \sum_{i=1}^m C_i$$

$$C_1 = \frac{1,1 * C_M * a}{100 * 60 * f * n} * T_c$$

α - Coeficiente de amortización anual de la máquina $\alpha = 10$ a 16%

C_m - Costo por tarifa de máquina, $C_m = 2000$ CUC = 50000 CUP.

f - Fondo de tiempo anual de trabajo de la máquina en hora $f = 1400$ h

n - Coeficiente de utilización de la máquina T_c - Tiempo de cálculo.

$$a = 16 \%$$

$$n = 0,75$$

$$C_1 = \frac{1,1 * 50000 * 16}{100 * 60 * 1400 * 0,75} * 76,5 = \frac{880000}{6300000} * 24,5 = 10,6 \text{ CUP}$$

Gasto por reparación de máquina:

$$C_2 = \frac{1,1 * C_m * B}{100 * 60 * F * \eta} * T_c$$

$$\beta = 4,5$$

$$C_2 = \frac{1,1 * 50000 * 4,5}{100 * 60 * 1400 * 0,75} * 76,5 = \frac{247500}{6300000} * 76,5 = 3 \text{ CUP}$$

Gasto en energía eléctrica:

$$C_5 = \frac{N_m * \varphi_m * T_p * C_{kw}}{0,88 * 60}$$

Donde:

N_m - Potencia de la máquina de soldar en $N_m = 23,5$ kW.

φ_m - Coeficiente de carga del motor eléctrico según potencia.

C_{kw} - Costo en pesos por $0,065$ kW/h de energía eléctrica.

Gastos de energía eléctrica:

$$\begin{aligned} C_5 &= \frac{N_m * \varphi_m * C_{kw}}{0,88 * 60} * T_p \\ &= \frac{23,5 * 0,65 * 0,065}{0,88 * 0,6} * 76,5 \\ &= 158 \text{ CUP} \end{aligned}$$

$$\beta = (4,5 \div 5 \%) = 4,5 \%$$

$$\varphi_m = (0,5 \div 1) = 0,65$$

$$\sum Ha = C_1T + C_2T + C_3T$$

$$\sum Ha = 10,6 + 3 + 0,146 = 158 \text{ CUP}$$

Costo de total de recuperación de la orejeta desgastada.

$$C = C_M + \sum_{i=1}^m So + \sum_{i=1}^m Ha$$

$$C = 1,20 + (4,72 + 158)$$

$$C = 163,9 \text{ CUP}$$

2. 9. 3. 2 Cálculo del costo para el torneado

$$M = G_1 * q_1 - G_2 * q_2$$

Donde:

M: gastos de materiales empleados en la pieza (CUP).

G_1 y G_2 : masa del material de la pieza en bruto y masa de los desechos en kg.

q_1 : precio en pesos por kilogramo del material de la pieza

$$G_1 = 0,286 \text{ kg.}$$

$$G_2 = 0,020 \text{ kg}$$

$$q_1 = 0,73 \text{ CUP/kg para el AISI 10 40 [23]}$$

$q_2 \rightarrow$ En este caso no se considera porque el taller no tiene una línea de producción definida.

$$M = G_1 * q_1 - G_2 * q_2$$

$$M = 0,286 * 0,73 - 0,005 * 0,73$$

$$M = 0,20 \text{ CUP}$$

Cálculo de los gastos en salario

$$S_o = \sum_{i=1}^m (t_{so} + t_{ca}) * \left(\frac{T_c}{60} \right) * K_{dr.} * K_v * K_{ss}$$

tso: Tarifa salarial del operario tso = 2,05 CUP/h (Operario "A" de taller).

tca: Tarifa por condiciones anormales en tca = 1 CUP/h.

Tc: Tiempo norma para la operación, en minutos (Tc: tiempo de cálculo)

$$Tc = 5,5 \text{ min}$$

Kdr: Coeficiente que tiene en cuenta el descanso retribuido Kdr = 1,09

Kss: Coeficiente que tiene en cuenta los pagos a la seguridad social Kss =1,08

Kv=1 Coeficiente de pagos

Cálculo para el torneado

$$S_o = \sum_{i=1}^m (t_{so} + t_{ca}) * \left(\frac{T_c}{60} \right) * K_{dr} * K_v * K_{ss}$$

$$S_o = 3,05 * \frac{5,5}{60} * 1,09 * 1 * 1,08 = 0,34 \text{ CUP}$$

Gasto en amortización y mantenimiento de máquina herramienta (Ha)

Donde (Ci) corresponde a cada uno de los elementos que componen los gastos de amortización y mantenimientos.

$$Ha = \sum_{i=1}^m Ci$$

Para el torneado

$$C_1 = \frac{1,1 * C_M * a}{100 * 60 * f * n} * T_e$$

α - Coeficiente de amortización anual de la máquina $\alpha = 10$ a 16%

Cm - Costo por tarifa de máquina Cm = 2000 CUC = 50000 CUP.

f -Fondo de tiempo anual de trabajo de la máquina en hora.

n - Coeficiente de utilización de la máquina.

Tc - Tiempo de cálculo.

Cm= 2000 CUC Torno Universal 1K 62.

f= 2160 h

a = 16 %

n = 0,75

Tc = 5,5 min

$$C_1 = \frac{1,1 * 50000 * 16}{100 * 60 * 2160 * 0,75} * 5,5 = \frac{880000}{9720000} * 5,5 = 0,55 \text{ CUP}$$

Gasto por reparación de máquina:

$$C_2 = \frac{1,1 * C_m * B}{100 * 60 * F * \eta} * T_c$$

Para el torneado

$$\beta = 4,5$$

$$C_2 = \frac{1,1 * 50000 * 4,5}{100 * 60 * 2160 * 0,75} * 5,5 = \frac{247500}{9720000} * 5,5 = 0,13 \text{ CUP}$$

Gasto en energía eléctrica:

$$C_5 = \frac{N_m * \varphi_m * T_p * C_{kw}}{0,88 * 60}$$

Donde:

N_m - Potencia de los motores de las máquinas en $N_m = 10 \text{ kW}$

φ_m - Coeficiente de carga del motor eléctrico según potencia.

C_{kW} - Costo en pesos por $0,065 \text{ kW/h}$ de energía eléctrica.

T_p - Tiempo principal por piezas.

Los gastos de energía eléctrica para el torneado vienen dados por:

$$\begin{aligned} C_5 &= \frac{N_m * \varphi_m * C_{kW}}{0,88 * 60} * T_p \\ &= \frac{10 * 0,8 * 0,065}{0,88 * 0,6} * 5,5 \\ &= 5,41 \text{ CUC} \end{aligned}$$

$$\beta = (4,5 \div 5 \%) = 4,5 \%$$

$$\varphi_m = (0,5 \div 1) = 0,8$$

$$\sum Ha = C_1 T + C_2 T + C_5 T$$

$$\sum Ha = 0,55 + 0,13 + 5,41 = 5,68 \text{ CUP}$$

Costo de la pieza para el torneado

$$C = M + \sum_{i=1}^m S_o + \sum_{i=1}^m H_a$$

$$C = 0,20 + (0,34 + 5,68)$$

$$C = 6,22 \text{ CUP}$$

2. 9. 4 Cálculo del costo total de la recuperación por soldadura para la orejeta en caso de rotura

2. 9. 4. 1 Cálculo del costo para la soldadura

$$C = C_M + \sum_{i=1}^m S_o + \sum_{i=1}^m H_a$$

C_M : Valor de las materias primas y materiales invertidos directamente en la recuperación de una unidad de producto, $C_M = \text{Costo de electrodo} = 1,20 \text{ CUP}$.

S_o : Gastos en salario

H_a : Gasto en amortización y mantenimiento del equipo tecnológico.

Cálculo de los gastos en salario

$$S_o = \sum_{i=1}^m (t_{so} + t_{ca}) * \left(\frac{T_c}{60} \right) * K_{dr.} * K_v * K_{ss}$$

t_{so} : Tarifa salarial del operario $t_{so} = 2,15 \text{ CUP/h}$ (Operario "A" de taller)

t_{ca} : Tarifa por condiciones anormales $t_{ca} = 1 \text{ CUP/h}$

T_c : Tiempo norma para la operación, en minutos (T_c : tiempo de cálculo)

$T_c = 19,5 \text{ min}$

K_{dr} : Coeficiente que tiene en cuenta el descanso retribuido $K_{dr} = 1,09$

K_{ss} : Coeficiente que tiene en cuenta los pagos a la seguridad social $K_{ss} = 1,08$

$K_v = 1$ Coeficiente de pagos complementarios

$$S_o = \sum_{i=1}^m (t_{so} + t_{ca}) * \left(\frac{T_c}{60} \right) * K_{dr.} * K_v * K_{ss}$$

$T_c = 19,5 \text{ min}$

$$S_o = 3,15 * \frac{19,5}{60} * 1,09 * 1 * 1,08 = 1,2 \text{ CUP}$$

Cálculo de los gastos en amortización y mantenimiento del equipo tecnológico.

Donde (Ci) corresponde a cada uno de los elementos que componen los gastos de amortización y mantenimientos.

$$Ha = \sum_{i=1}^m Ci$$

$$C_1 = \frac{1,1 * C_M * a}{100 * 60 * f * n} * T_c$$

α - Coeficiente de amortización anual de la máquina $\alpha = 10$ a 16%

C_m - Costo por tarifa de máquina, $C_m = 2000 \text{ CUC} = 50000 \text{ CUP}$.

f - Fondo de tiempo anual de trabajo de la máquina en hora $f = 1400 \text{ h}$

n - Coeficiente de utilización de la máquina (para tornos universales).

T_c - Tiempo de cálculo.

$a = 16 \%$

$n = 0,75$

$$C_1 = \frac{1,1 * 50000 * 16}{100 * 60 * 1400 * 0,75} * 19,5 = \frac{880000}{6300000} * 19,5 = 2,75 \text{ CUP}$$

Gasto por reparación de máquina:

$$C_2 = \frac{1,1 * C_m * B}{100 * 60 * F * \eta} * T_c$$

$\beta = 4,5$

$$C_2 = \frac{1,1 * 50000 * 4,5}{100 * 60 * 1400 * 0,75} * 19,5 = \frac{247500}{6300000} * 19,5 = 0,8 \text{ CUP}$$

Gasto en energía eléctrica:

$$C_5 = \frac{N_m * \varphi_m * T_p * C_{kw}}{0,88 * 60}$$

Donde:

N_m - Potencia de la máquina de soldar en kW .

φ_m - Coeficiente de carga del motor eléctrico según potencia.

C_{kw} - Costo en pesos por $0,065 \text{ kW/h}$ de energía eléctrica.

Gastos de energía eléctrica:

$$C_5 = \frac{N_m \times \varphi_m \times C_{KW}}{0,88 \times 60} \times T_p$$
$$= \frac{23,5 * 0,65 * 0,065}{0,88 * 0,6} * 19,5$$
$$= 36,65 \text{ CUP}$$

$$\beta = (4,5 \div 5 \%) = 4,5 \%$$

$$\varphi_m = (0,5 \div 1) = 0,65$$

$$\sum Ha = C_1 T + C_2 T + C_5 T$$
$$\sum Ha = 2,75 + 0,8 + 36,65 = 40,2 \text{ CUP}$$

Costo de total de recuperación de la orejeta en caso de rotura.

$$C = C_M + \sum_{i=1}^m So + \sum_{i=1}^m Ha$$
$$C = 1,20 + (1,20 + 40,2)$$
$$C = 42,6 \text{ CUP}$$

2. 9. 4. 2 Cálculo del costo para el taladrado

$$M = G_1 * q_1 - G_2 * q_2$$

Donde:

M: gastos de materiales empleados en la pieza (CUP).

G₁ y G₂: masa del material de la pieza en bruto y masa de los desechos en kg.

q₁: precio en pesos por kilogramo del material de la pieza

$$G_1 = 0,286 \text{ kg.}$$

$$G_2 = 0,025 \text{ kg}$$

$$q_1 = 0,73 \text{ CUP/kg para el AISI 10 40 [23]}$$

q₂ → En este caso no se considera porque el taller no tiene una línea de producción definida.

$$M = G_1 * q_1 - G_2 * q_2$$
$$M = 0,286 * 0,73 - 0,025 * 0,73$$
$$M = 0,20 \text{ CUP}$$

Para taladrado

Cálculo de los gastos en salario

$$S_o = \sum_{i=1}^m (t_{so} + t_{ca}) * \left(\frac{T_c}{60} \right) * K_{dr.} * K_v * K_{ss}$$

tso: Tarifa salarial del operario, tso = 2,05 CUP/h (Operario "A" de taller).

tca: Tarifa por condiciones anormales, tca = 1 CUP/h.

Tc: Tiempo norma para la operación, en minutos (Tc: tiempo de cálculo)

Tc= 4,78 min

Kdr: Coeficiente que tiene en cuenta el descanso retribuido Kdr = 1,09

Kss: Coeficiente que tiene en cuenta los pagos a la seguridad social Kss =1,08

Kv=1 Coeficiente de pagos

$$S_o = \sum_{i=1}^m (t_{so} + t_{ca}) * \left(\frac{T_c}{60} \right) * K_{dr.} * K_v * K_{ss}$$

$$S_o = 3,05 * \frac{4,78}{60} * 1,09 * 1 * 1,08 = 0,28 \text{ CUP}$$

- Gasto en amortización y mantenimiento de máquina herramienta (Ha)

Donde (Ci) corresponde a cada uno de los elementos que componen los gastos de amortización y mantenimientos.

$$Ha = \sum_{i=1}^m Ci$$

$$C_1 = \frac{1,1 * C_M * \alpha}{100 * 60 * f * n} * T_e$$

α - Coeficiente de amortización anual de la máquina $\alpha = 10$ a 16%

C_m - Costo por tarifa de máquina C_m = 1500 CUC = 37500 CUP.

f -Fondo de tiempo anual de trabajo de la máquina en hora.

n - Coeficiente de utilización de la máquina.

T_c - Tiempo de cálculo.

C_m = 1500 CUC = 37500 CUP (Taladradora vertical BS16)

f= 1400 h

$$a = 16 \%$$

$$n = 0,75$$

$$T_c = 4,78 \text{ min}$$

$$C_1 = \frac{1,1 * 37500 * 16}{100 * 60 * 1400 * 0,75} * 4,78 = \frac{660000}{6300000} * 5,5 = 0,50 \text{ CUP}$$

- Gasto por reparación de máquina

$$C_2 = \frac{1,1 * C_m * B}{100 * 60 * F * \eta} * T_c$$

Para el taladrado

$$\beta = 4,5$$

$$C_2 = \frac{1,1 * 37500 * 4,5}{100 * 60 * 1400 * 0,75} * 4,78 = \frac{185625}{6300000} * 4,78 = 0,14 \text{ CUP}$$

Gasto en energía eléctrica:

$$C_5 = \frac{N_m * \varphi_m * T_p * C_{kW}}{0,88 * 60}$$

Donde:

N_m - Potencia de los motores de las máquinas en $N_m = 1,5 \text{ kW}$.

φ_m - Coeficiente de carga del motor eléctrico según potencia.

C_{kW} - Costo en pesos por $0,065 \text{ kW/h}$ de energía eléctrica.

T_p - Tiempo principal por piezas.

$$\begin{aligned} C_5 &= \frac{N_m * \varphi_m * C_{kW}}{0,88 * 60} * T_p \\ &= \frac{1,5 * 0,8 * 0,065}{0,88 * 0,6} * 4,78 \\ &= 0,14 \end{aligned}$$

$$\beta = (4,5 \div 5 \%) = 4,5 \%$$

$$\varphi_m = (0,5 \div 1) = 0,8$$

$$\sum Ha = C_1T + C_2T + C_5T$$

$$\sum Ha = 0,50 + 0,14 + 0,14 = 0,78 \text{ CUP}$$

Costo de la pieza para el taladrado

$$C = M + \sum_{i=1}^m So + \sum_{i=1}^m Ha$$

$$C = 0,20 + (0,28 + 0,78)$$

$$C = 1,26 \text{ CUP}$$

2. 9. 5 Costo total de la recuperación del conjunto orejeta - casquillo y pasador

$$C_{TR} = Costo_{T \text{ orejeta}} + Costo_{T \text{ pasador}} + Costo_{T \text{ casquillo}}$$

$$C = 213 \text{ CUP} + 210 \text{ CUP} + 34,01 \text{ CUP}$$

$$C = 458,74 \text{ CUP} = 18,34 \text{ CUP}$$

2. 10 Impacto medioambiental de los procesos de manufactura

Los procesos de manufactura de recuperación y/o fabricación de piezas de repuesto son altamente contaminadores del medio ambiente, se aborda con mayor o menor grado de complejidad los problemas ambientales que se originan y las alternativas para atenuar el efecto de los mismos.

Procesos por maquinado

El proceso de fabricación y/o recuperación de piezas por maquinado genera desechos perjudiciales al medio ambiente como son: los líquidos refrigerantes, los gases que se generan producto de su condición en la zona de corte y la viruta cortada.

Medidas:

- Uso de medios de protección para evitar la ingestión de los gases que se generan por la combustión de los líquidos de corte en la zona de corte.
- Usar la geometría de la herramienta adecuada que permita fraccionamiento de la viruta para su adecuada manipulación durante la recogida, almacenamiento, transportación y reciclaje.
- Almacenamiento de los residuales de los fluidos de corte para ser reciclados.

Proceso de soldadura

El proceso de fabricación y/o recuperación de piezas por soldadura afecta al entorno natural y a los operarios producto de la emanación de gases, calor, rayo ultravioletas, polvos, que se producen.

Medidas:

- Proporcionar el equipamiento adecuado para la extracción de los gases (Campana en los puestos de trabajo y extractores).
- Selección de materiales que garanticen la mínima emanación de gases y productos dañinos a la salud humana de la naturaleza.
- Utilizar los medios de protección adecuados.

Medidas de protección e higiene.

En los talleres se tienen presentes una serie de medidas con el objetivo de proteger a los trabajadores entre los que se encuentran:

1. Utilizar los medios de protección individual (orejeras, guantes, overoles para evitar quemaduras y salpicaduras, las fajas etc.)
2. Alejar personas ajenas al trabajo durante el desarrollo de las labores.
3. Trabajar con cuidado y protección respetando los regímenes previstos en la carta tecnológica.
4. Mantener el puesto de trabajo ordenado y libre de obstáculos.
5. Desconectar la máquina si se produce un fallo eléctrico o cualquier otra circunstancia.
6. No trabajar con herramientas ni medios de medición en los bolsillos.

CONCLUSIONES

- Se realizó la tecnología para la recuperación del conjunto orejeta – casquillo y pasador teniendo en cuenta los diferentes grados de deterioro del conjunto.
- Para la recuperación por soldadura se empleó la soldadura manual por arco eléctrico seleccionando el electrodo E 8018-B2.
- Los procesos de maquinado a emplear fueron torneado y taladrado
- El costo total de la recuperación del conjunto es de 458,74 CUP.

RECOMENDACIONES

- La EMI aplique las tecnologías proyectadas para la recuperación del conjunto
- La empresa debe recomendarles a sus clientes del mantenimiento de sus vehículos en el tiempo establecido

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vaillant Q.O: Propuesta de procesos y métodos para la recuperación de la orejeta de la ballesta delantera del MAZ 500 en la EMI “Desembarco del Granma, Proyecto Ingeniería Mecánica III, 2014.
2. Arias P. M: Manual de automóviles, Segunda parte, Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana, 1983.
3. Benítez F: Construcción y Cálculo del Automóvil II. Empresa Nacional de Producción del Ministerio de Educación Superior, 1988.
4. Prado B. J. y Martínez C. M: Fundamentos de Procesos de Manufactura. Universidad de Oriente, 2005.
5. CEN: NC 03 – 01 - 09: Sistema Único de Documentación Tecnológica. Términos y definiciones, La Habana, 1980.
6. Díaz.C.E, Ortiz.M.T: Recuperación de Piezas por Soldadura. Centro de Investigaciones de Soldadura, Universidad Central de las Villas. 2005.
7. CIME. Colectivo de autores: Manual de Recuperación de Piezas. Instituto Cubano del Libro. Editorial Científico – Técnica. Ciudad de la Habana. 1993.
8. Borovskij. Y, Klennikov. V, Nikiforov. V, Sabina. S: Mantenimiento y reparación de automóviles, Editorial MIR MOSCÚ, 1987.
9. Carta de control y selección motores YAMZ.
10. Entrevista a los operarios y mecánicos de la EMI.
11. CEN. NC 04 -11: Ensayos de dureza Vickers en materiales metálicos, La Habana, 1968.
12. ESAB: Catálogo de equipos y productos. 2009.
13. Burgos S.J. Tecnología de Soldadura. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 1989.
14. Equipos tecnológicos – Datos técnicos. Pdf.
15. Malishev G. A: Tecnología de los metales. Editorial MIR. 1976.
16. Séferian D: Las Soldaduras. Ediciones URMO. Bilbao, 1972
17. CIME. Grupo Científico Técnico: Recuperación de piezas por métodos de soldadura. IMAGO Publicaciones. La Habana, 1996.

18. CEN. SUDT. NC 03 – 04 – 04: Reglas de presentación de los documentos tecnológicos de los tratamientos mecánicos. Cuba, 1980.
19. CEN. SUDT. NC 03 – 04 – 06: Reglas de presentación de los documentos tecnológicos de la soldadura. Cuba 1980.
20. Sánchez H.Y: Fundamentos técnico-económicos de los procesos de manufactura. Apuntes para un libro de texto. Universidad de Oriente., 2012.
21. Guerra M. I: Soldagem & Técnicas Conexas. Editado por Iván Guerra Machado. Porto Alegre. Brasil. 1996.
22. Howard B.C:Modern Welding Technology. Prentice – Hall. USA. 1998.
23. UIM: Nomencladores de productos. Cuba, 2014.

Anexo 4: Carta de ruta tecnológica del casquillo

Grupo de manufactura Universidad de oriente		Carta ruta		Código de la pieza				Código de los documentos tecnológicos				
				Denominación de la pieza				Etapas de elaboración				
				Casquillo del conjunto de la ballesta delantera				DT				
				Pieza en bruto primaria				-	-	-	-	-
Denominación y grado	Código	Unidad Medida	Masa de la pieza (kg)	Código Tipo	Perfil y dimensiones (mm)	Cantidad	Masa (kg)	Unidad de normación	Norma de consumo	Coef. de aprov. del material		
Acero 45	-	-	0,045		Ø45 X 105	1	1,3					
Oper. Nro	Denominación y breve contenido de la operación tecnológica	Equipo tecnológico	Utillaje tecnológico. Herramienta, auxiliar.	Norma Rend.	Cant. Trab.	Cant. De piezas simultaneas	Tarifa Escala salarial (\$/h)	Volumen del lote	TPC (min)			
				Cargo u oficio	Grupo escala salarial	Unidad, norma	Cuantía de salario		TU (min)			
005	Corte :cortar la pieza en bruto hasta el largo, L= 105 mm	Segueta mecánica SGK-300	Hoja de segueta Cinta métrica Punta de marcar Dispositivo de apoyo		1	1	0,85	1				
				Ayudante	-	-	-		4,45			
010	Torneado: Refrentar, cilindrar de desbaste y acabado, taladrado, mandrinado, elaborar ranura lubricación.	Torno universal 1K-62	Plato de tres mordazas Cuchilla de refrentar Cuchilla de cilindrar Broca Pie de rey	Operario A	1	1	2,05	1	4,5			

Anexo 6: Carta de operación de torneado del casquillo

Croquis					Número				Denominación de la operación				
					Taller	Sección	Operación	Denominación de la operación					
							010	Torneado					
					Denominación de la pieza		Masa de la pieza (kg)		Pieza en bruto				
					Casquillo del conjunto de la ballesta delantera								
grado del material					Acero 45		0,045		Perfil y dimensiones (mm)	Dureza	Masa (kg)		
									Ø 45 x105	-	1,3		
Cantidad de piezas que se elaboraran al mismo tiempo					Equipo tecnológico, (Código, Denominación, No de inventario)								
1					Torno: 1 K 62								
Utillaje tecnológico, código, denominación					Pie de rey		Plato de 3 mordazas		Refrigerante (aceite soluble en agua)				
					Broca(P 18)		Cuchilla (T5K 10)						
No. Paso tecnológico	Contenido del paso tecnológico	Herramienta y medio			Dimensiones calculadas		a	i	Regimenes de corte			TP (min)	TA (min)
		Auxiliar	De corte	De medición	Diám.(mm)	Longitud (mm)			S (mm/rev)	n (rpm)	V (m/min)		
1	Montar y fijar la pieza en plato de 3 mordazas	Llaves	-	-	45	20	-	-	-	-	-		1

2	Refrentar Superficie A	-	Cuchilla (T5 K10) $\psi=45^\circ$	Pie de rey	45	23	2	1	0,8	500	80	0,075	1,5
3	Invertir pieza	Llaves	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
4	Refrentar Superficie D	-	Cuchilla (T5 K10)	Pie de rey	45	23	2	1	0,8	500	80	0,075	1,5
5	Realizar agujero para centro superficie D	Mazorca	Broca (P18) $\varnothing =5 \text{ mm}$	-	5 mm	2,5	2	1	Man ual	500	30	0,03	2
6	Taladrar hasta $\varnothing 15 \text{ mm}$ superficie C.		Broca (P18) $\varnothing =15 \text{ mm}$	Pie de rey	15	100	7,5	3	Man ual	500	30	0,36	2
7	Taladrar hasta $\varnothing 28 \text{ mm}$, superficie C.		Broca (P18) $\varnothing =28 \text{ mm}$	Pie de rey	28	100	6,5	3	Man ual	315	30	0,25	1,5
8	Mandrinar de desbaste hasta $\varnothing 30 \text{ mm}$, superficie C.		Cuchilla (T5 K10) $\psi=45^\circ$	Pie de rey	30	100	1	1	0,6	800	80	0,25	1,5
9	Mandrinar de acabado hasta $\varnothing 32 \text{ mm}$, superficie C.		Cuchilla (T5 K10) $\psi=45^\circ$	Pie de rey	32	100	1	1	0,4	800	88	0,35	1,5
10	Tallar o torneear ranura helicoidal, superficie C.		Cuchilla de forma (T5 K10) $\psi=45^\circ$	Pie de rey	32	100	2	1	P= 30 mm	800	95	0,85	2
11	Realizar bisel interior de 1 x 45 superficie C.		Cuchilla (T5 K10) $\psi=45^\circ$	Pie de rey	31	1	0,5	1	Man ual	500	88	0,025	1
12	Desmontar la pieza	Llaves											1
13	Fijar la pieza en un mandril	Llaves											2
14	Cilindrar de desbaste. $\varnothing 45 \text{ a } \varnothing 42 \text{ mm}$ (100 mm) superficie B	-	Cuchilla (T5K10) $\psi=45^\circ$	Pie de rey	42	100	1,5	1	0,8	500	80	0,36	1

010	Soldadura	Máquina ARC PAIR 300 TX HITACHI	Electrodo E 8018-B2, tenaza porta electrodo, martillo de metal pequeño, cepillo de alambre, medios de protección	Soldador A	1	1	2,15		91,8
				Ayudante	1	1	1,62		
015	Torneado: Cilindrar de desbaste y acabado	Torno universal 1 K-62	Plato de tres mordazas, cuchilla de cilindrar: T15 K6, llaves del plato, pie de rey.	Operario A	1	1	2,05		5,79
020	Tratamiento térmico	Horno eléctrico.	Guantes, polainas, tenazas, mangas de cuero, delantal.	Termista B	1	1	2,80		-
025	Control de la calidad a las dimensiones ,tolerancias y errores de posición	-	Micrómetro, pie de rey, durómetro.	Operario A	1	1	2,05		5

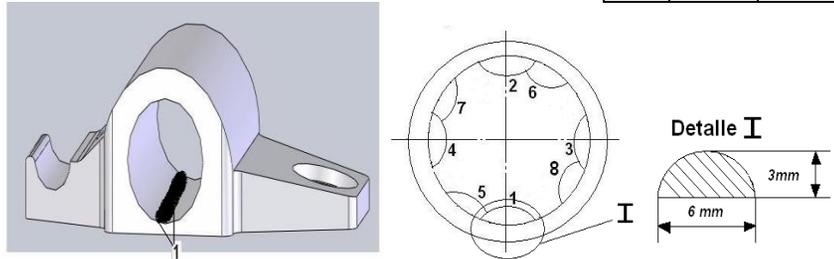
Anexo 10: Carta de ruta tecnológica de la orejeta

Departamento de Manufactura y Materiales Universidad de Oriente		Carta ruta		Código de la pieza				Código de los documentos tecnológicos				
				-				-				
Denominación de la pieza				Etapas de elaboración								
Orejeta del conjunto de la ballesta delantera				DT	1	1	1					
Faculta de Ingeniería de Mecánica				Pieza en bruto primaria				-	-	-	-	-
Denominación y grado	Código	Unidad de medida	Masa de la pieza (kg)	Código Tipo	Perfil y dimensiones (mm)	Cantidad	Masa (kg)	Unidad de normación	Norma de consumo	Coef. de aprov. del material		
Acero 40-	-	-	0,286	-	175 x 100	1	-	-	-	-		
Oper. N ^o	Denominación y breve contenido de la operación tecnológica	Equipo tecnológico	Utillaje tecnológico. Herramienta auxiliar.	Norma Rend.	Cant. Trab.	Cant. de piezas simultaneas	Tarifa Escala salarial (\$/h)	Volumen del lote	TPC (min)			
				Cargo u oficio	Grupo escala salarial	Unidad, norma	Cuantía de salario		TU (min.)			
005	Rellenado por soldadura manual por arco eléctrico o rellenado en caso de desgaste.	Máquina de soldar ARC PAIR 300 TX HITACHI	Electrodo E 8018, tenaza porta electrodo, martillo de metal pequeño, cepillo de alambre, medios de protección	Soldador A	-	1	2,15	-	76,5			
				Ayudante	-	1	1,62					
	Soldadura manual por arco eléctrico en caso de rotura.	Máquina de soldar ARC PAIR 300 TX HITACHI	Electrodo E 8018, tenaza porta electrodo, martillo de metal pequeño, cepillo de alambre, medios de protección	Soldador A	-	1	2,15	-	19,5			

010	Torneado: Cilindrado de desbaste y acabado en caso de desgaste.	Torno universal 1K-62	Plato de cuatro mordazas, cuchilla (T5K10), llaves del plato, punto de apoyo, pie de rey	Tornero A	-	1	2,05	-	5,5
	Taladrado: Realizar agujero pasante en caso de rotura.	Taladradora vertical BS16	Mesa giratoria, Broca (P18) Ø 20mm, tornillo de banco, pie de rey.	Tornero A	-	1	2,05	-	4,75

Anexo 11 a: Carta de relleno por soldadura de la orejeta

FACULTAD ING. MECÁNICA		CARTA DE OPERACIÓN TECNOLÓGICA DE SOLDADURA POR ARCO Y ELECTROESCORIA				CÓDIGO DE LAS PIEZA			CÓDIGO DE LOS DOCUMENTOS TECNOLÓGICOS									
						DENOMINACIÓN DE LA PIEZA Orejeta delantera			ETAPAS DE ELABORACIÓN									
NÚMERO		Taller		Operación	Denominación de la operación tecnológica	Código y denominación del equipo tecnológico	-		-									
		-	-				0,05	Rellenado por soldadura manual por arco eléctrico	Máquina ARC PAIR 300 TX HITACHI	-	-	-	-					
No. Pasos	Contenido del paso tecnológico	Utillaje tecnológico y herramientas auxiliares (Código, denominación)	costura		polaridad	Intensidad de corriente (A)	Voltaje en el arco (V)	velocidad		Material de aporte, electrodo			Diámetro	Código, composición, consumo				
			Longitud (mm)	Posición				de soldadura (mm/s)	del metal de aporte	Consumo (kg)	Diámetro(mm)	Vuelo		Fundente	Protección principal	Protección complementaria	Protección de la raíz de la costura	Tp (min)
			Cateto (mm)															
1	Precalentar la pieza hasta 100 °C	Antorcha, boquilla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5



Anexo 11 b: Carta de operación de soldadura de la orejeta

FACULTAD ING. MECÁNICA		CARTA DE OPERACIÓN TECNOLÓGICA DE SOLDADURA POR ARCO Y ELECTROESCORIA			CÓDIGO DE LAS PIEZA O UNIDAD ENSAMBLADA			CÓDIGO DE LOS DOCUMENTOS TECNOLÓGICOS				
					DENOMINACIÓN. DE LAS PIEZAS Orejeta de la ballesta delantera			ETAPAS DE ELABORACIÓN				
		NÚMERO			Denominación de la operación tecnológica		Código y denominación del equipo tecnológico		-		-	
Taller	Sección	Operación	-	-								
					No. de Posición	Código de la pieza		Grado del material	Espesor (mm)	Masa (kg)	Cantidad	
1	-				Acero 40 fundido	5	0,285	1				
2												
3												
4												
No. Pasos	Contenido del paso tecnológico	Utillaje tecnológico y herramientas auxiliares (Código, denominación)	costura	Cateto	polaridad	Intensidad de corriente (A)	Velocidad	Material de aporte electrodo	Código, composición, consumo	TP (min)		
1	Precalentar hasta 100 °C						velocidad	Código, denominación, grado	Fuente	5		
			Longitud	Posición		Volaje en el arco (v)	de soldadura (mm/s)	Consumo	Protección principal			
							del metal de aporte	Diámetro (mm)	Protección complementaria			
								Vuelo	Protección de la raíz de la costura			

