

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

**REDISEÑO DEL SENTIDO DE DESPLAZAMIENTO,
PARA UNA CAJA CREMALLERA HIDRÁULICA
DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN DE UN
AUTOMÓVIL LIVIANO MODELO
TOYOTA PROBOX**

TESIS

Presentada por:

Bach. EDWIN CÉSAR NINA HUAYNAPATA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO

Tacna-Perú

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

**REDISEÑO DEL SENTIDO DE DESPLAZAMIENTO PARA
UNA CAJA CREMALLERA HIDRÁULICA
DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN DE UN
AUTOMÓVIL LIVIANO MODELO
TOYOTA-PROBOX**

Tesis sustentada por el Bachiller EDWIN CÉSAR NINA HUAYNAPATA y aprobada el 13 de junio del 2014, el Jurado Calificador estuvo integrado por:

PRESIDENTE :


Ing. Carlos Aurelio Garvan Gamarra

SECRETARIO :


Ing. Reynaldo Clemente Telles Ríos

VOCAL :


Ing. Victor Juan Malpartida Arrieta

ASESOR :


MSc. Avelino Godofredo Pari Pinto

DEDICATORIA:

*A mis padres y hermanos, por su
apoyo y amor incondicional durante
mis estudios de formación profesional*

AGRADECIMIENTO:

*A mi Asesor MSc. Avelino Pari
Pinto, y a los docentes de la E.A.P. de
Ingeniería Mecánica, quienes forjaron
en mí conocimientos sólidos para mi
desenvolvimiento profesional*

CONTENIDO

| | Pág. |
|----------------------------------|--------------|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTO | |
| CONTENIDO | i |
| ÍNDICE DE FIGURAS | x |
| ÍNDICE DE TABLAS | xvi |
| ABREVIATURAS | xviii |
| SIMBOLOGÍA | xx |
| RESUMEN | |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I: GENERALIDADES | |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO | 3 |
| 1.1.1 Planteamiento del problema | 3 |
| 1.2 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS | 5 |
| 1.3 HIPÓTESIS | 5 |
| 1.4 OBJETIVOS | 6 |
| 1.4.1 Objetivos generales | 6 |

| | | |
|--|--|----|
| 1.4.2 | Objetivos específicos | 6 |
| 1.5 | METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA DEL TRABAJO | 7 |
| 1.6 | JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO | 9 |
| CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO | | |
| 2.1 | SISTEMA DE DIRECCIÓN | 10 |
| 2.1.1 | Factores que intervienen en la dirección | 11 |
| 2.1.2 | Requerimientos del sistema de dirección | 12 |
| | Maniobrabilidad excelente | 13 |
| | Esfuerzo apropiado de dirección | 13 |
| | Recuperación suave | 14 |
| | Transmisión mínima del golpe proveniente de la superficie del camino | 14 |
| 2.2 | CLASIFICACIÓN DE MECANISMOS DE SISTEMA DE DIRECCIÓN | 14 |
| 2.2.1 | Mecanismos de dirección de movimiento giratorio | 15 |
| | Mecanismo de dirección por tornillo sinfín cilíndrico y sector dentado | 15 |
| | Mecanismo de dirección por tornillo sinfín cónico y sector dentado | 16 |
| | Mecanismo de dirección por tornillo sinfín globoide y sector dentado | 17 |
| | Mecanismo de dirección por tornillo sinfín cónico y rodillos | 18 |

| | | |
|-------|---|----|
| | Mecanismo de dirección por tornillo sinfín cilíndrico y dedo de rodadura | 19 |
| | Mecanismo de dirección por tornillo sinfín cilíndrico y bolas recirculantes | 20 |
| 2.2.2 | Mecanismos de dirección de movimiento oscilante | 21 |
| | Mecanismo de dirección a cremallera con paso de dientes invariable | 21 |
| 2.3 | COMPONENTES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN | 22 |
| 2.3.1 | Mecanismo de mando | 23 |
| | Volante de la dirección | 23 |
| | Columna de la dirección | 24 |
| 2.3.2 | Mecanismo de la dirección | 25 |
| | Brazo de mando o pitman | 26 |
| | Barra de acoplamiento | 27 |
| | Tensor | 28 |
| | Extremo del tensor | 29 |
| | Brazo del muñón | 30 |
| | Manguetas | 31 |
| | Brazo auxiliar | 31 |
| | Biela de dirección (barra de tracción) | 32 |
| | Palanca de ataque | 33 |

| | | |
|---------|---|----|
| | Amortiguador de dirección | 34 |
| | Bieletas de dirección | 35 |
| 2.4 | SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA HIDRÁULICA | 36 |
| 2.4.1 | Fuente de energía | 38 |
| 2.4.1.1 | Bomba de alimentación | 39 |
| | Bomba de paletas | 39 |
| | Bomba de engranajes | 41 |
| 2.4.1.2 | Elementos auxiliares de fuente de energía | 42 |
| | Banda de transmisión | 42 |
| | Depósito de aceite | 43 |
| | Tuberías de comunicación | 44 |
| 2.4.2 | Válvula de regulación | 45 |
| | Válvula rotativa | 46 |
| | Válvula tipo carrete | 48 |
| | Válvula tipo charnela | 49 |
| 2.4.3 | Mecanismo de dirección | 51 |
| | Tipo cilindro de dirección | 51 |
| | Tipo cilindro operador | 53 |
| 2.5 | CINEMÁTICA Y MECANISMOS | 54 |
| 2.5.1 | Terminología, definiciones de cinemática | 55 |
| | Máquina | 55 |

| | | |
|-------|--|----|
| | Mecanismos | 55 |
| | Pares cinemáticos | 55 |
| | Cadena cinemática | 55 |
| | Pares superiores e inferiores | 56 |
| 2.5.2 | Análisis cinemático de mecanismos | 56 |
| | Diagrama cinemático | 57 |
| | Grados de libertad | 57 |
| | Análisis versus síntesis | 58 |
| | Análisis de velocidad: método gráfico | 59 |
| 2.6 | UNIONES SOLDADAS | 62 |
| | Unión a tope | 63 |
| | Unión traslapada con cargas concéntricas | 63 |
| 2.7 | UNIONES ATORNILLADAS | 65 |
| 2.7.1 | Unión con empaquetadura | 65 |
| 2.7.2 | Unión metal-metal | 65 |

CAPÍTULO III: DISEÑO CONCEPTUAL Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

| | | |
|-----|--|----|
| 3.1 | CINEMÁTICA DEL MECANISMO DE CAJA DIRECCIÓN ASISTIDA TOYOTA-PROBOX (COLUMNA DE DIRECCIÓN EN POSICIÓN DERECHA) | 70 |
|-----|--|----|

| | | |
|---------|---|----|
| 3.2 | ANÁLISIS CINEMÁTICO DE DIRECCIÓN ASISTIDA DE CAJA CREMALLERA TOYOTA-HIACE (BRAZO DE ACOPLAMIENTO POSTERIOR) | 76 |
| 3.2.1 | Caja cremallera para vehículos con brazo de acoplamiento delantero | 77 |
| 3.2.2 | Caja cremallera para vehículos con brazo de acoplamiento posterior | 82 |
| 3.3 | ANÁLISIS Y ALTERNATIVAS DE MODIFICACIÓN DE SENTIDO DE DESPLAZAMIENTO DE CAJA CREMALLERA MODELO TOYOTA-PROBOX | 88 |
| 3.4 | DETERMINACIÓN DE TIPOS DE MECANIZADO Y TRATAMIENTOS TÉRMICOS ADECUADOS PARA MODIFICACIÓN DE SENTIDO DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE CAJA CREMALLERA | 93 |
| 3.4.1 | Mecanizado y tratamiento térmico para rotación del eje cremallera | 93 |
| 3.4.2 | Mecanizado y tratamiento térmico para rotación de la válvula de control | 94 |
| 3.4.2.1 | Procesos de mecanizado de rediseño de válvula de control | 94 |
| 3.4.2.2 | Procesos de tratamiento térmico del rediseño de válvula de control | 94 |
| 3.5 | PRUEBAS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA | 95 |
| | Prueba de hermeticidad de aire | 95 |
| | Prueba de funcionamiento del sistema de dirección | 96 |

CAPÍTULO IV: DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE REDISEÑO

| | | |
|-----|--|-----|
| 4.1 | DEFINICIÓN DE UBICACIÓN DE CORTE DEL CUERPO DE VÁLVULA DE CONTROL Y ROSCADO EXTERIOR E INTERIOR | 97 |
| 4.2 | DEFINIICÓN DEL ÁNGULO DE POSICIÓN EN REDISEÑO DE LA VÁLVULA DE CONTROL (PINÓN DE CREMALLERA) PARA CAJA CREMALLERA MODIFICADA | 99 |
| 4.3 | DEFINICIÓN DEL ÁNGULO DE POSICIÓN DEL EJE CREMALLERA | 101 |
| 4.4 | DEFINICIÓN DE ELEMENTOS AUXILIARES Y COMPLEMENTARIOS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN | 101 |

CAPÍTULO V: REDISEÑO Y ANÁLISIS DE OPERACIONES

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.1 | OPERACIÓN DE SOLDADURA DE ALUMINIO EN CAJA CREMALLERA MODIFICADA | 104 |
| | Combustible | 105 |
| | Fundente | 105 |
| | Geometría de la unión | 106 |
| | Técnica de soldeo | 106 |
| | Análisis de cargas actuantes en caja cremallera rediseñado | 108 |
| 5.2 | ANÁLISIS CUANTITATIVO MEDIANTE SEM-EDX | 119 |
| 5.2.1 | Observación macroscópica | 120 |
| 5.2.2 | Imagen y microanálisis de la zona fundida | 121 |
| 5.2.3 | Imagen y microanálisis de metal base 1 | 124 |

| | | |
|--|--|-----|
| 5.2.4 | Imagen y microanálisis de metal base 2 | 127 |
| 5.2.5 | Imagen y microanálisis de metal base 3 | 129 |
| 5.2.6 | Análisis general | 133 |
| 5.3 | ANÁLISIS DE DUREZA EN UNIÓN MECANIZADA Y SOLDADA DE CAJA CREMALLERA (ENSAYO DE DUREZA) | 136 |
| 5.3.1 | Ensayo de dureza Brinell en metal base (zona MB) | 141 |
| 5.3.2 | Ensayo de dureza Brinell en zona fundida (ZF) | 143 |
| 5.4 | ENSAYO Y ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DE CAJA CREMALLERA MODIFICADA EN EL EQUIPO DE PRUEBA DE SISTEMA DE DIRECCIÓN | 146 |
| 5.5. | CONTROL DE CALIDAD DE CAJA CREMALLERA TOYOTA-PROBOX | 147 |
| 5.6 | CONDICIONES DE SEGURIDAD EN EL SISTEMA DE REDISEÑO DE CAJA CREMALLERA | 150 |
| 5.7 | ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES DEL PROCESO DE REDISEÑO DE CAJA CREMALLERA | 152 |
| CAPÍTULO VI: ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO | | |
| 6.1 | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA | 155 |
| 6.2 | ANÁLISIS DE COSTOS | 157 |
| 6.2.1 | Presupuesto referencial con aplicación de rediseño en caja cremallera | 158 |
| 6.2.2 | Presupuesto referencial con aplicación de caja cremallera internada | 162 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

PLANOS

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1 Sistema de dirección del vehículo | 10 |
| Figura 2 Factores que intervienen en la dirección | 10 |
| Figura 3 Caja tipo tornillo sinfín cilíndrico y sector dentado | 16 |
| Figura 4 Mecanismo de dirección por tornillo sinfín cónico y sector dentado (a) | 17 |
| Figura 5 Mecanismo de dirección por tornillo sinfín cónico y sector dentado (b) | 18 |
| Figura 6 Mecanismo de dirección por tornillo sinfín globoide y sector dentado | 19 |
| Figura 7 Mecanismo de dirección por tornillo sinfín cilíndrico y dedo de rodadura | 20 |
| Figura 8 Mecanismo de dirección por tornillo sinfín cilíndrico y bolas recirculantes | 21 |
| Figura 9 Mecanismo de dirección a cremallera con paso de dientes invariables | 22 |
| Figura 10 Volante de dirección | 24 |
| Figura 11 Columna de dirección | 25 |
| Figura 12 Tipos de sistema de dirección | 26 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 13 | Brazo Pitman de mando de sistema de dirección | 27 |
| Figura 14 | Brazo de mando de sistema de dirección | 28 |
| Figura 15 | Tensor del sistema de dirección | 29 |
| Figura 16 | Extremo del tensor del sistema de dirección | 30 |
| Figura 17 | Brazo de muñón del sistema de dirección | 30 |
| Figura 18 | Manguetas del sistema de dirección | 31 |
| Figura 19 | Brazo auxiliar del sistema de dirección | 32 |
| Figura 20 | Biela de dirección | 33 |
| Figura 21 | Palanca de ataque (a) | 34 |
| Figura 22 | Palanca de ataque (b) | 34 |
| Figura 23 | Amortiguador de dirección | 35 |
| Figura 24 | Bieleta de dirección | 36 |
| Figura 25 | Sistema de dirección asistida hidráulica | 37 |
| Figura 26 | Componentes del sistema de dirección hidráulico | 38 |
| Figura 27 | Bomba hidráulica tipo paletas | 40 |
| Figura 28 | Estructura bomba hidráulica tipo paletas | 41 |
| Figura 29 | Bomba hidráulica tipo engranajes | 41 |
| Figura 30 | Depósito de aceite del sistema de dirección | 44 |
| Figura 31 | Tuberías de comunicación del sistema de comunicación | 45 |
| Figura 32 | Válvula rotativa | 47 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 33 | Válvula tipo carrete | 49 |
| Figura 34 | Válvula tipo charnela | 50 |
| Figura 35 | Estructura válvula tipo charnela | 51 |
| Figura 36 | Cilindro tipo paralelo | 52 |
| Figura 37 | Cilindro tipo en el eje | 53 |
| Figura 38 | Cilindro tipo operador | 54 |
| Figura 39 | Diagrama cinemático (piñón cremallera) | 58 |
| Figura 40 | Velocidad absoluta V_A del punto A sobre el eslabón giratorio 2 | 60 |
| Figura 41 | Unión soldada traslapada con cargas concéntricas | 63 |
| Figura 42 | Unión atornillada metal-metal | 65 |
| Figura 43 | Sistema de dirección brazo de acoplamiento posterior | 71 |
| Figura 44 | Diagrama cinemático de caja cremallera | 71 |
| Figura 45 | Sistema de dirección brazo de acoplamiento posterior | 72 |
| Figura 46 | Diagrama cinemático, piñón en posición posterior | 73 |
| Figura 47 | Sistema de dirección brazo de acoplamiento posterior (volante a la derecha) | 74 |
| Figura 48 | Sistema de dirección brazo de acoplamiento posterior | 74 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Figura 49 | Engranaje entre rueda dentada y cremallera | 76 |
| Figura 50 | Sistema de dirección brazo de acoplamiento delantero | 79 |
| Figura 51 | Diagrama cinemático caja cremallera | 80 |
| Figura 52 | Sistema de dirección brazo de acoplamiento posterior (volante a la derecha) | 84 |
| Figura 53 | Diagrama cinemático caja cremallera, accionamiento posterior | 85 |
| Figura 54 | Comparación de funcionamiento de los tipos de caja cremallera según disposición del piñón | 91 |
| Figura 55 | Comparación de funcionamiento de los tipos de caja cremallera según disposición del piñón | 92 |
| Figura 56 | Prueba de hermeticidad en caja cremallera | 95 |
| Figura 57 | Prueba de funcionamiento de caja cremallera | 96 |
| Figura 58 | Distancia de aserrado de válvula de control | 97 |
| Figura 59 | Distancia de aserrado de válvula de control | 98 |
| Figura 60 | Sujeción de cuerpo de válvula a través de roscado interior y exterior | 99 |
| Figura 61 | Ángulo de inclinación de cuerpo de válvula | 100 |
| Figura 62 | Ángulo de giro de eje cremallera | 101 |
| Figura 63 | Proceso de soldadura oxiacetileno | 105 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Figura 64 | Aplicación de soldadura en caja rediseñada | 107 |
| Figura 65 | Cargas o fuerzas actuantes en caja cremallera rediseñada | 108 |
| Figura 66 | Diagrama de cuerpo libre (cargas actuantes en caja cremallera) | 109 |
| Figura 67 | Observación con ataque químico de zona aplicando soldadura | 121 |
| Figura 68 | Observación con ataque químico de ZF | 121 |
| Figura 69 | Imagen de la zona fundida analizada con MEB-EDX (ZF) | 123 |
| Figura 70 | Espectro de análisis con MEB-EDX de la zona fundida (ZF) | 123 |
| Figura 71 | Imagen MEB de metal base 1 | 124 |
| Figura 72 | Imagen de metal base 1 analizada con MEB-EDX | 125 |
| Figura 73 | Espectro de análisis con MEB-EDX de metal base 1 | 125 |
| Figura 74 | Imagen de metal base 1 con análisis puntual MEB-EDX | 126 |
| Figura 75 | Espectro de análisis puntual MEB-EDX de metal base1 | 127 |
| Figura 76 | Observación con ataque químico | 128 |
| Figura 77 | Imagen de metal base 2 analizada con MEB-EDX | 128 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Figura 78 | Espectro de análisis MEB-EDX de metal base 2 | 129 |
| Figura 79 | Observación con ataque químico | 130 |
| Figura 80 | Imagen de metal base 3 analizada con MEB-EDX | 131 |
| Figura 81 | Espectro de análisis con MEB-EDX de metal base 3 | 131 |
| Figura 82 | Imagen de metal base 3 con análisis puntual MEB-EDX | 132 |
| Figura 83 | Espectro de análisis puntual MEB-EDX de metal base 3 | 133 |
| Figura 84 | Macroscopía general de soldadura por zonas | 134 |
| Figura 85 | Diagrama de equilibrio del sistema AL-Si | 135 |
| Figura 86 | Probeta de ensayo de dureza (a) | 138 |
| Figura 87 | Probeta de ensayo de dureza (b) | 139 |
| Figura 88 | Probeta de ensayo de dureza por zonas (ZFMB) | 140 |
| Figura 89 | Escleroscopio | 140 |
| Figura 90 | Ensayo de dureza Brinell en metal base (zona MB) | 141 |
| Figura 91 | Ensayo de dureza Brinell en zona fundida (ZF) | 144 |
| Figura 92 | Caja cremallera modificada | 146 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | Pág. |
|------------|--|-------------|
| Tabla I | Área de aplicación | 116 |
| Tabla II | Cargas actuantes en unión soldad de caja cremallera | 119 |
| Tabla III | Análisis de elementos químicos en la zona fundida | 124 |
| Tabla IV | Análisis de elementos químicos del metal base 1 | 126 |
| Tabla V | Análisis puntual de elementos químicos de metal base 1 | 127 |
| Tabla VI | Análisis de elementos químicos de metal base 2 | 129 |
| Tabla VII | Análisis de elementos químicos de metal base 3 | 132 |
| Tabla VIII | Análisis puntual de elementos químicos de metal base 3 | 133 |
| Tabla IX | Análisis puntual de elementos químicos de metal base por zonas | 134 |
| Tabla X | Ensayo de dureza Brinell en MB (metal base) (a) | 142 |
| Tabla XI | Rechazo de lecturas sospechosas | 143 |
| Tabla XII | Ensayo de dureza Brinell en MB (metal base) (b) | 145 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Tabla XIII | Rechazo de lecturas sospechosas | 145 |
| Tabla XIV | Control de calidad de caja cremallera Toyota-Probox | 149 |
| Tabla XV | Resultados de aspectos medioambientales | 153 |
| Tabla XVI | Evaluación de actividades pasadas | 154 |
| Tabla XVII | Condiciones incidentales/accidentales | 154 |
| Tabla XVIII | Especificaciones técnicas de los procesos de rediseño | 156 |
| Tabla XIX | Equipos y máquinas utilizados en el proceso de rediseño | 157 |
| Tabla XX | Presupuesto referencial de reacondicionamiento en el proceso de rediseño de caja cremallera | 158 |
| Tabla XXI | Presupuesto de materiales e insumos en proceso de rediseño de caja cremallera | 159 |
| Tabla XXII | Presupuesto de materiales e insumos en proceso de análisis cuantitativo de caja cremallera | 161 |
| Tabla XXIII | Presupuesto de materiales e insumos en proceso de análisis cuantitativo de caja cremallera internada | 162 |
| Tabla XXIV | Diferencia de costos de cremallera rediseñada e internada | 163 |

ABREVIATURAS

| | |
|-------------------|--|
| ASTM | Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (American Society of Testing and Materials) |
| AWS | Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society) |
| ATF | Fluido de Transmisión Automática |
| Al | Aluminio |
| C | Carbono |
| Cu | Cobre |
| °C | Grados Celcius |
| EDX | Microanalizador por rayos X |
| Fe | Hierro |
| h | Horas |
| ISO | Organización Internacional de Normalización |
| kg | Kilogramos |
| kg/m ³ | Kilogramos por metros cuicos |
| kg/h | Kilogramos por hora |
| kg/m | Kilogramos por metro |
| kW | Kilowatts |
| kN | Kilonewton |
| kPa | Kilopascales |
| lb | Libras |
| lb-pulg | Libras-pulgadas |
| MPa | Mega Pascales |
| m | Metro |
| MEB | Microscopio electrónico de barrido |
| mm | Milímetros |
| mmHg | Milímetros de mercurio |
| m/min | Metros por minuto |
| m/s | Metros por segundo |
| m ² | Metros cuadrados |
| N | Newton |
| N/m | Newton por metro |
| N-m | Newton-metro |
| O | Oxígeno |
| Psi | Libras por pulgada al cuadrado |
| pulg | Pulgadas |

| | |
|-----|--|
| SAE | Sociedad Americana de Ingenieros (American Society of Engineers) |
| SST | Cierre con llave encastrada |
| Si | Silicio |
| UNE | Asociación Española de Normalización y Certificación |
| UNS | Sistema Unificado de Numeración (UnifiedNumberingSystem) |

SIMBOLOGÍA

| | |
|-----------------|--|
| A_L | Área de pistón de cremallera |
| A_s | Área del esfuerzo del perno |
| c_i | Distancia entre el pivote y el perno (i) |
| c_j | Distancia entre el eje del pivote y un perno cualquiera |
| F | Número de grados de libertad |
| F_j | Ajuste inicial del perno |
| F_s | Carga de corte en el perno |
| F_t | Carga de tracción en el perno |
| F_{si} | Carga de corte en el perno "i" |
| F_{ti} | Carga de tracción en el perno (i) |
| f_1 | Número de juntas de pasador |
| f_2 | Número de juntas de contacto de rodamiento con deslizamiento |
| G | Gravedad (9,81 m/s ²) |
| L | Longitud de cordón de soldadura |
| m_c | Masa de cremallera |
| M | Momento flector actuante |
| N | Número de eslabones |
| N | Fuerza normal |
| n | Número de pernos |
| P | Carga permisible (Fuerza permisible) |
| P_L | Presión de ATF en cremallera |
| r | Radio de la curva |
| \mathbf{R}_A | Vector de posición |
| R_A | Magnitud de vector de posición |
| S_s | Esfuerzo de corte permisible |
| S_y | Esfuerzo de fluencia del material del perno |
| t | Base del triángulo de cordón de soldadura |
| T | Momento torsor actuante |
| V | Velocidad del vehículo |
| W | Carga de corte actuante |
| μ | Factor de fricción entre las superficies en contacto |
| μ_K | Coeficiente de rozamiento |
| $e^{i\theta_A}$ | Vector unitario |

RESUMEN

En la presente investigación se analizará el proceso de reacondicionamiento de vehículos importados o reparaciones del sistema de dirección, el desarrollo del trabajo se prolongó debido al requerimiento de una caja cremallera, a lo cual se plantea una solución.

En los capítulos I, II y III, se efectúa una descripción general del proyecto, descripción del problema, objetivos, hipótesis de la investigación, herramientas tecnológicas, así como la planificación de las operaciones, que permitirán el soporte técnico al sistema de dirección rediseñado.

En los capítulos IV, V y VI, se describe los elementos auxiliares a emplear en el rediseño de la caja cremallera, los cálculos de resistencia y análisis de los procesos ejecutados (uniones soldadas) y el estudio económico del proyecto efectuando una comparación de costos en el uso de una caja cremallera internada y una caja cremallera rediseñada, para asegurar la factibilidad del proyecto.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata sobre el rediseño de una caja cremallera del sistema de dirección para un automóvil liviano modelo Toyota-Probox, con sentido de desplazamiento invertido, que tiene como finalidad, utilizar la misma caja cremallera del vehículo que se obtiene en el proceso de reacondicionamiento de un vehículo japonés con timón y columna de dirección en posición derecha, labores que son efectuadas en los diferentes centros de reacondicionamiento de países como Perú, Bolivia, Paraguay y otros.

Para lograr el rediseño, se utilizarán normas, recomendaciones y procedimientos establecidos por las instituciones (ASTM, AWS, etc), se detallarán los análisis y cálculos para las respectivas modificaciones, del sentido de desplazamiento de la caja cremallera modelo Toyota-Probox, adicionalmente se incluirán los manuales y catálogos que brindaran garantía al rediseño.

El proyecto de rediseñar una caja cremallera modelo Toyota-Probox con sentido de desplazamiento invertido, tiene como finalidad

facilitar la obtención oportuna de una caja cremallera en el proceso de reacondicionamiento de los vehículos, asimismo, permitir un procedimiento semejante a otras marcas y modelos como: Nissan-Terrano, Toyota Hilux-Surf, Honda Acord, etc., los cuales requieren una aplicación semejante.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1.1 Planteamiento del problema

En el año 1997, el mercado laboral de Tacna revolucionó debido a la instauración del Parque Automotor, en la zona franca industrial de Tacna (CETICOS), el mismo que tenía como actividad principal la importación de vehículos japoneses, lo cual representó un importante ingreso económico para la región.

En relación a la importación de vehículos, las empresas importadoras captaron personal capacitado en la actividad de reacondicionamiento de vehículos japoneses, que consistía en la modificación del sistema de dirección que llegaban a la derecha y debían ser trasladados a la izquierda, Esta labor se incrementó a través de los últimos años, dando lugar a muchas inquietudes y cuestionamientos en dicha actividad, por lo que, se

desarrolló un sistema de dirección que permitía la utilización de la misma caja de dirección, permitiendo así mantener al vehículo con el mismo diseño del modelo y marca.

Esta investigación incidirá en un tema aún no abordado en las investigaciones, que es la determinación del diseño, resistencia y estabilidad de la caja cremallera del sistema de dirección para un automóvil liviano modelo Toyota-Probox, con sentido de desplazamiento invertido, para lo cual, el mismo será sometido a ensayos en laboratorio, que proporcionará una serie de análisis (mecánicos y metalográficos), con los que se analizará el estudio del comportamiento de muestras de la dirección modificada de este modelo.

La importancia del desarrollo de esta investigación, es que realizando los ensayos se podrá caracterizar los efectos mecánicos y metalográficos que se desprenden del análisis del sistema de dirección modificado y de este modo, establecer la incorporación del diseño de la caja de dirección, disminuyendo las desventajas del uso de otros modelos.

1.2 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Existe un conocimiento amplio en el desarrollo del uso de convertidores de giro, que consiste en el uso de dos engranajes que a su vez, permite la modificación del sentido de rotación que se transmite de la columna de dirección (timón) hacia la válvula de control de la caja cremallera de dirección y de esta manera modificar el desplazamiento de la caja cremallera.

El uso de estos convertidores cobró gran importancia dentro de la actividad de reacondicionamiento de vehículos japoneses, pero al mismo tiempo, con el constante uso estos convertidores presentaban desgaste generando inquietudes en el uso del mismo, lo que conllevó a buscar otras alternativas como el uso de caja de dirección.

1.3 HIPÓTESIS

Mediante el diseño de una caja cremallera del sistema de dirección para un automóvil liviano modelo Toyota-Probox, con sentido de desplazamiento invertido se asegura las características,

reversibilidad, estabilidad, resistencia mecánica y suavidad del sistema de dirección.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivos generales

- Asegurar las características de resistencia mecánica, reversibilidad, estabilidad y suavidad del sistema de dirección de un vehículo Toyota modelo Probox, mediante el rediseño de la caja cremallera con sentido de desplazamiento invertido.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar los procedimientos adecuados para llevar a cabo la modificación lineal de la válvula de control (procesos geométricos y analíticos)
- Estudiar los procesos mecánicos y metalográficos adecuados que se debe desarrollar para la modificación lineal de la válvula de control de la caja cremallera a través de análisis comparativo en laboratorios mecánicos y metalográficos.

- Realizar una comparación de la estructura metalográfica de la caja cremallera original y la rediseñada.
- Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos en esta investigación con las conclusiones obtenidas con el mismo fin dentro del mercado laboral.

1.5 METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA DE TRABAJO

Con la finalidad de seleccionar material que sea necesario para la realización de esta investigación, se efectuará un minucioso análisis del tipo de dirección “caja cremallera con paso de dientes invariable”, componentes auxiliares y funcionamiento, y se realizará un estudio respecto a los factores principales que afectan al sistema de dirección de vehículos (caja cremallera con paso de dientes invariable) para luego someterlo a un ensayo experimental de esta investigación.

Una vez conocida las variables a utilizar en la experimentación, se definirá los tipos de ensayo, procedimientos y análisis a realizar en el laboratorio, para lo cual, será necesario una planificación de estos, de acuerdo a los objetivos que se quiere

alcanzar, ya que por medio de estos ensayos se expondrá los efectos y comportamientos de la caja cremallera modificada, los mismos que serán sometidos a un análisis respectivo.

Para efectuar los ensayos mecánicos y metalográficos correspondientes, se contará con una caja cremallera modificada acorde a lo señalado en la investigación.

Así, por medio de los ensayos mecánicos y metalográficos se realizará una comparación con los resultados obtenidos con modelos estandarizados, para determinar finalmente la confiabilidad de la investigación. Los análisis efectuados se desarrollarán como sigue:

- Análisis de microscopía electrónica
- Análisis de estabilidad
- Análisis de funcionabilidad

Una vez culminados los análisis correspondientes, se efectuará una comparación de los resultados, para determinar las conclusiones respectivas de la investigación.

1.6 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo del presente rediseño servirá como sustento técnico para fundamentar cualquier tipo de modificación del sistema de dirección de timón a la derecha a timón a la izquierda.

Esta investigación será concretada en el mercado automotor del entorno nacional e internacional en vehículos originales y reacondicionados que presentan inconvenientes en el sistema de dirección.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. SISTEMA DE DIRECCIÓN

La dirección es el sistema encargado de proporcionar el giro adecuado a las ruedas delanteras del automóvil mediante la acción que el conductor ejecuta sobre el volante para que tome la trayectoria deseada.

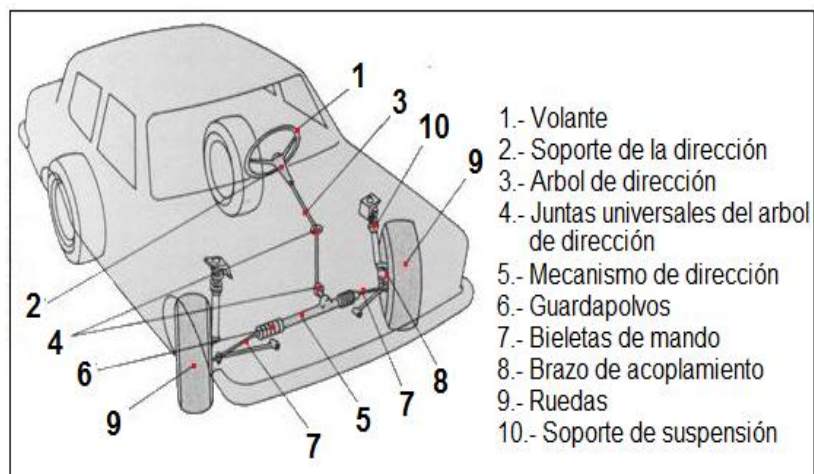


Figura 1. Sistema de dirección del vehículo

Fuente: Leiva Blugler, Hernan. Sistema de dirección

2.1.1 Factores que intervienen en la dirección

En este elemento, se establece el circuito del sistema de dirección, uno de mando, desde el conductor hasta trayectoria real, pasando por el mecanismo de dirección y vehículo, y otro de respuesta, dando información al conductor. Estos factores se observan en la figura2.

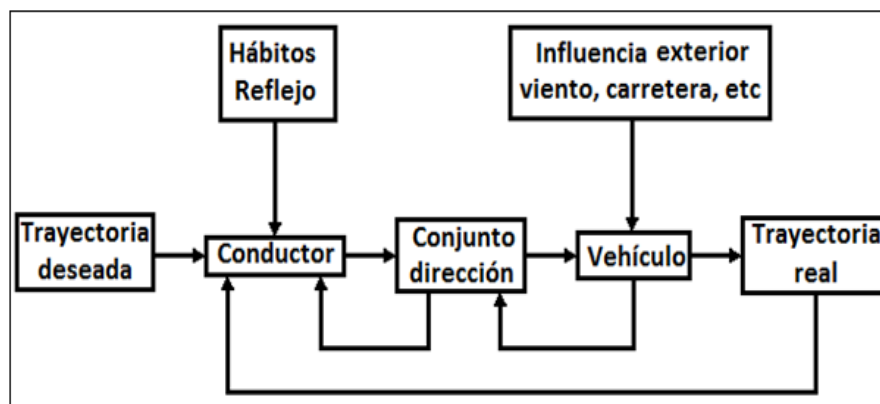


Figura 2. Factores que intervienen en la dirección

Fuente: Font M. J. Tratado sobre Automóviles

Cuando las ruedas directrices se orientan para tomar una curva, todas las ruedas del vehículo deben rodar sin que al mismo tiempo deslicen, evitando desgastes no deseados en los neumáticos.

Lo anterior solo se puede conseguir, cuando todas las ruedas describan arcos con un mismo centro instantáneo de rotación, situado sobre la recta prolongación del eje trasero.

Esto no es posible, como se verá más adelante, prácticamente en toda la gama de ángulos de giro de las ruedas directrices, por lo que, el problema está en buscar la solución más cercana a la ideal, teniendo en consideración tipo de vehículo, utilización, velocidad, etc.

En vehículos sometidos a reformas de importancia, como: cambio en la distancia entre ejes o acoplamiento de un eje supletorio, su geometría de dirección, adoptada en su diseño, puede ser afectada, por lo cual, debe verificarse la magnitud de la desviación y hacer una corrección si se considera imprescindible.

2.1.2 Requerimientos del sistema de dirección

El sistema de dirección desempeña junto con el sistema de suspensión una importante función para garantizar un manejo fácil y cómodo a lo largo de los caminos, desde rangos de baja

velocidad hasta altas velocidades. El tren propulsor transmite el poder del motor hacia las ruedas para mover el vehículo hacia una dirección. El sistema de dirección guía el vehículo en la dirección deseada, y el sistema de frenos asegura una positiva y suave estabilización de parada.

Maniobrabilidad excelente

Cuando el vehículo está tomando una curva estrecha y cerrada, el sistema de dirección debe servir para girar las ruedas delanteras en forma instantánea sin dificultad y con suavidad.

Esfuerzo apropiado de dirección

Se define como la fuerza aplicada al volante, el esfuerzo de dirección será mayor que cuando el vehículo está detenido y disminuirá cuando la velocidad del vehículo aumente. Por lo tanto, para obtener una mejor dirección y sentir mejor el camino, la dirección debe ser más liviana a bajas velocidades y más dura a altas velocidades.

Recuperación suave

Mientras el vehículo está girando el conductor debe sostener el volante con firmeza, no obstante luego que ha terminado el giro, la recuperación es decir el retorno de las ruedas a su posición original debe ocurrir suavemente a medida que el conductor disminuya la fuerza con que está girando el volante de dirección.

Transmisión mínima del golpe proveniente de la superficie del camino

No debe ocurrir pérdida de control de las ruedas de dirección ni la transmisión de contragolpes debido a los caminos accidentados.

2.2 CLASIFICACIÓN DE MECANISMOS DE SISTEMA DE DIRECCIÓN

Los diversos tipos de mecanismos de dirección según su disposición se clasifican en:

2.2.1 Mecanismos de dirección de movimiento giratorio

Son los mecanismos de dirección que en su estructura está

compuesta principalmente por un tornillo sinfín y un brazo de mando, ambos componentes convierten el movimiento giratorio del volante en movimiento basculante, estos mecanismos a su vez se clasifican en:

Mecanismo de dirección por tornillo sinfín cilíndrico y sector dentado

Fue uno de los primeros tipos de caja de dirección, el conjunto está constituido por un sinfín cilíndrico, apoyado en sus extremos sobre dos cojinetes de rodillos cónicos. El movimiento se transmite a la palanca de mando a través de un sector dentado, cuyos dientes engranan con el tornillo sin fin en toma constante, en la parte final del eje tiene un estriado cónico donde se acopla el brazo pitman y termina en un hilo para fijarlo con una tuerca.

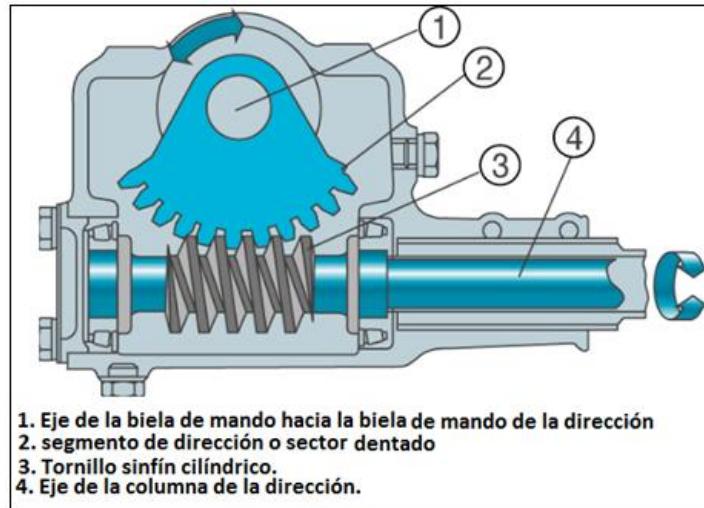


Figura 3.Caja tipo tornillo sinfín cilíndrico y sector dentado

Fuente:Gonzales M. Roberto. Manual de Sistema de Dirección en vehículos

Mecanismo de dirección por tornillo sinfín cónico y sector dentado

Conocido también como sinfín globoide, este tipo de dirección se considera como la modificación del sinfín cilíndrico a un sinfín cónico, ya que en este último la construcción del sinfín cónico está relacionado con la curva que siguen los dientes del sector, así, cuando el vehículo marcha en línea recta que es la mayor parte del tiempo, los tres dientes del sector se encuentran alojados en el sinfín lo que evita vibraciones en la rueda.

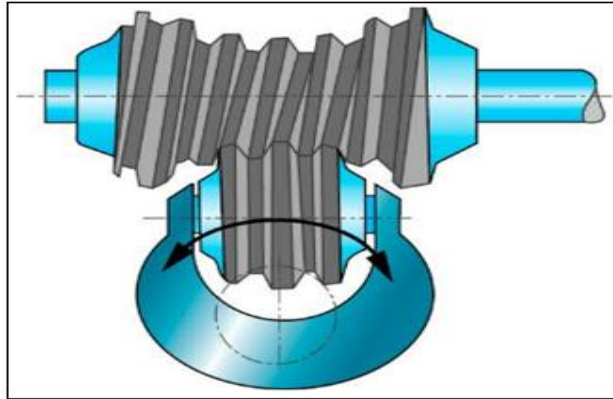


Figura 4.Mecanismo de dirección por tornillo sinfín cónico y sector dentado

Fuente:Gonzales M. Roberto. Manual de Sistema de Dirección en vehículos

Mecanismo de dirección por tornillo sinfín globoide y sector dentado

El sinfín globoide se aplica cuando el elemento de translación se desplaza describiendo un arco al girar sobre su propio eje de giro, como el sistema tornillo y rodillo.

En este sistema un rodillo está apoyado en el tornillo sinfín, que al girar desplaza lateralmente el rodillo produciendo un movimiento angular en el eje de la palanca de ataque.

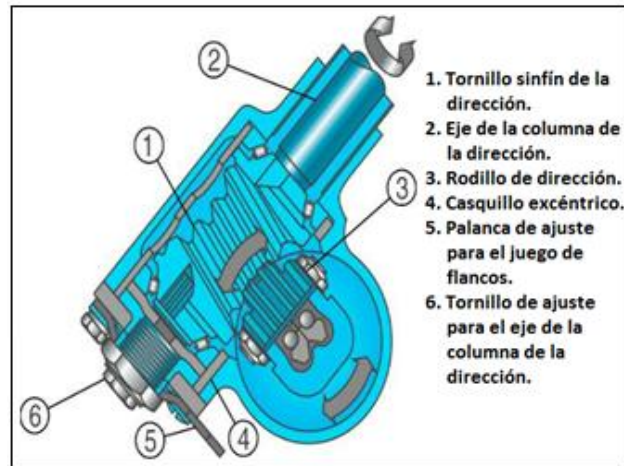


Figura 5. Mecanismo de dirección por tornillo sinfín cónico y sector dentado

Fuente:Gonzales M. Roberto. Manual de Sistema de Dirección en vehículos

Mecanismo de dirección por tornillos sinfín cónico y rodillos

Denominado “palanca y leva”, la columna de la dirección termina en un husillo sobre cuya ranura puede desplazarse una leva o dedo fija al extremo de una palanca que mueve el brazo de mando. Al mover el volante, la leva se desplaza sobre el husillo, desplazamiento que a través de la palanca produce en el brazo de mando un movimiento longitudinal de delante hacia atrás.

La desmultiplicación se efectuará linealmente en este tipo de mecanismo de dirección.

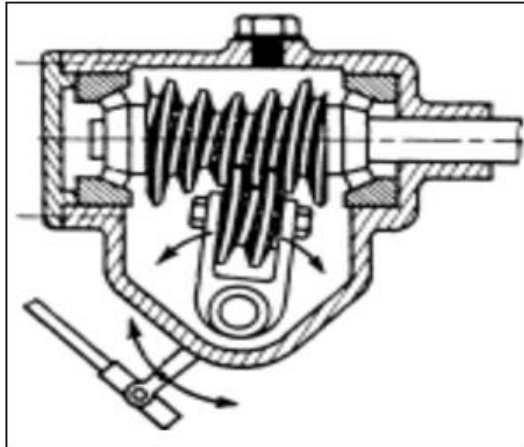


Figura 6. Mecanismo de dirección por tornillos sinfín cónico y rodillos

Fuente: Toyota Motors. Sistema de dirección mecánica y de potencia

Mecanismo de dirección por tornillos sin fin cilíndrico y dedo de rodadura

Este mecanismo de dirección posee un tornillo sinfín cilíndrico con paso de rosca irregular, y un dedo cónico que se desplaza sobre las ranuras del sinfín transmitiendo un movimiento oscilante a la palanca de ataque.

El paso irregular de la rosca del tornillo sinfín permite una desmultiplicación progresiva.

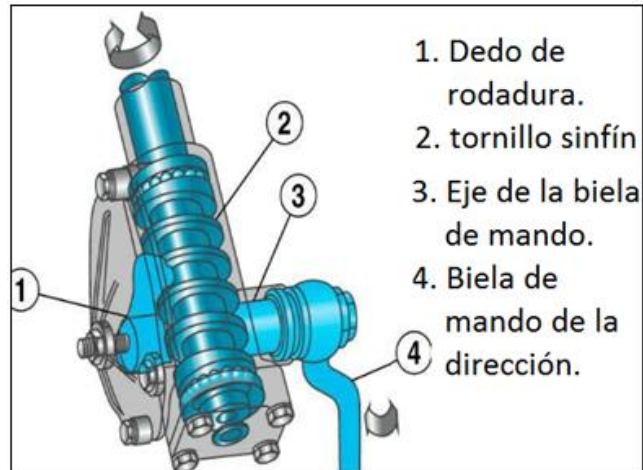


Figura 7. Mecanismo de dirección por tornillos sinfín cilíndrico y dedo de rodadura

Fuente: Gonzales M. Roberto. Manual de Sistema de Dirección en vehículos

Mecanismo de dirección por tornillos sinfín cilíndrico y bolas recirculantes

Está formada por una hilera de bolas, sobre el tornillo sinfín lleva una tuerca y entre esta y el tornillo sinfín una hilera de bolas que recorren la hélice del tallado interior del tornillo y de la tuerca.

La tuerca lleva tallada una cremallera transmitiendo su movimiento a un sector dentado unido al brazo de mando.

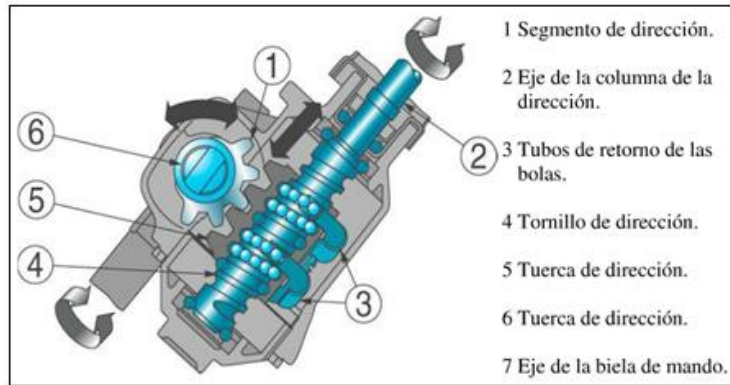


Figura 8. Mecanismo de dirección por tornillos sinfín cilíndrico y bolas recirculantes

Fuente: Gonzales M. Roberto. Manual de Sistema de Dirección en vehículos

2.2.2 Mecanismos de dirección de movimiento oscilante

Son los mecanismos de dirección que en su estructura está compuesta principalmente por un eje cremallera y bieletas de dirección, ambos componentes convierten el movimiento giratorio del volante en movimiento oscilante

Mecanismo de dirección a cremallera con paso de dientes invariable

Este sistema se caracteriza por la reducción del número de elementos y la simplicidad de su montaje.

Consiste en un sinfín que engrana con una cremallera que se conecta directamente a los brazos de dirección, lo que elimina gran parte de la tirantearía direccional, lo que genera un gran rendimiento mecánico.

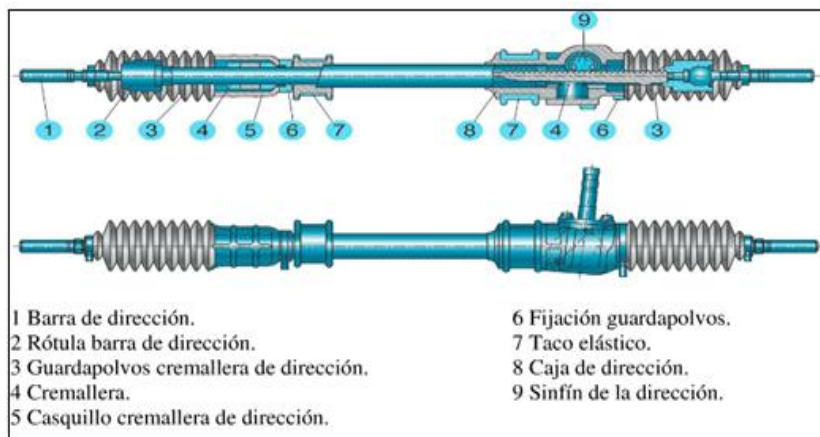


Figura 9. Mecanismo de dirección a cremallera con paso de dientes invariable

Fuente: Gonzales M. Roberto. Manual de Sistema de Dirección en vehículos

2.3 COMPONENTES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

Para transmitir a las ruedas el movimiento de giro del volante efectuado por el conductor, son necesarios varios componentes, los cuales, pueden diferir según el modelo de automóvil. Básicamente el movimiento se transmite a las ruedas delanteras mediante:

2.3.1 Mecanismo de mando

El volante de la dirección

Es el primer componente del sistema de dirección, permite la maniobra de la columna de dirección, ya que actuando directamente sobre el conductor consigue que el vehículo tome la dirección elegida. Al manipularlo se debe realizar una determinada fuerza sobre este componente para poder mover la cremallera de dirección a través de la válvula de control.

El volante internamente está constituido por las estrías labradas en el interior cónico del represamiento central del volante y las talladas en el extremo de la columna de la dirección. Que termina en una espiga roscada.

Geométricamente, consta de dos radios unidos por la tapa interruptor del pito, su diámetro de 405 mm, generalmente presenta las siguientes características físicas:

- Núcleo o alma de acero
- Eje acerado de columna

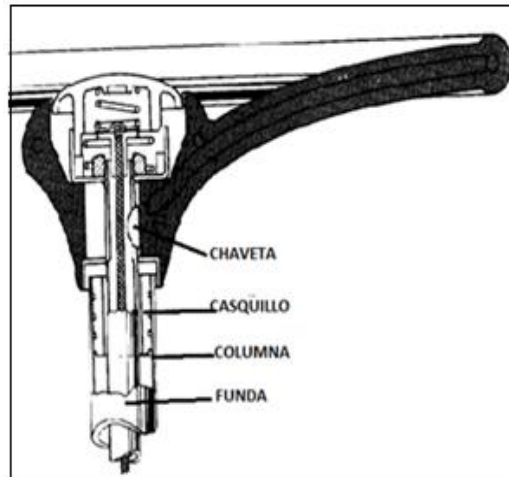


Figura 10. Volante de dirección

Fuente:Elaboración propia

Columna de la dirección

La columna de dirección está formada por un eje de dirección principal que transmite la rotación del volante de dirección al engranaje de la dirección y el tubo columna que fija del eje principal de dirección a la carrocería. El extremo superior del eje principal de dirección esta ahusado y dentado y el volante de dirección está fijado a este mediante una tuerca.

Además, tiene incorporada un mecanismo de absorción de impacto que aspira la fuerza de empuje, la misma que de otra forma, se aplica al conductor al momento de una colisión. Esta columna está fijada a la carrocería mediante un soporte de fácil ruptura que se pliega con facilidad en un choque.

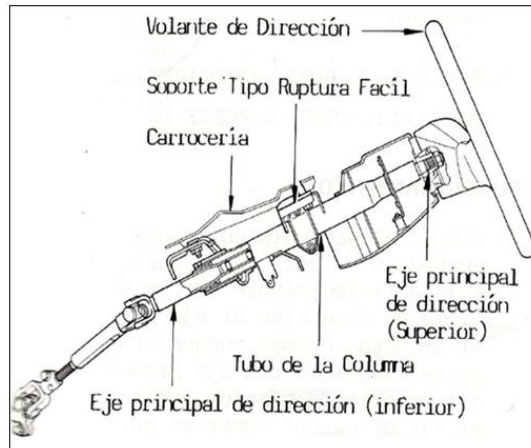


Figura 11. Columna de dirección

Fuente: Toyota Service. Manual de entrenamiento

2.3.2 Mecanismo de la dirección

Este mecanismo es parte fundamental del sistema de dirección, por cuanto permite orientar las ruedas directrices a través de la estructura que lo forma.

El mecanismo de dirección se encarga de desmultiplicar la fuerza ejercida por el conductor sobre el volante, puesto que lo transforma en movimiento de tracción o empuje de las barras de acoplamiento, sus funciones son:

- a. Transformar el movimiento giratorio del volante en un movimiento basculante de la biela de mando de la dirección o bien en un movimiento de vaivén de la cremallera.

- b. Reducir la aplicación de la fuerza necesaria para girar las ruedas mediante una desmultiplicación de 14:1 a 221:1 o en el caso de ser 14:1 a 18:1 equipando una servodirección.
- c. Impedir la transmisión al volante de efectos perturbadores procedentes de las ruedas dirigidas.
- d. Los mecanismos de dirección según la disposición, la forma y los elementos que lo componen, existen los tipos de dirección que se muestran en la figura 12.

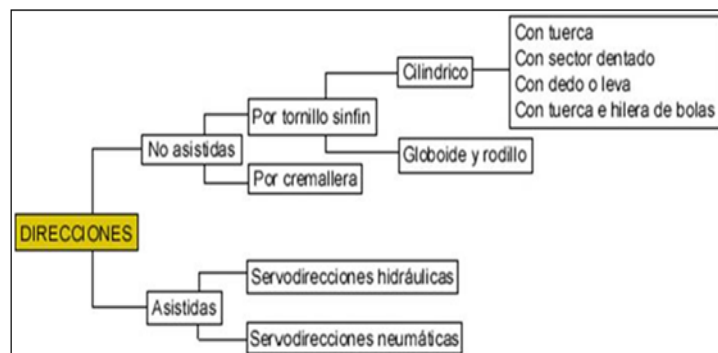


Figura 12. Tipos de sistema de dirección

Fuente: Manual Práctico del Automóvil. Reparación y Mantenimiento

Brazo de mando o pitman

Convierte el movimiento giratorio del eje de sector en traslación lateral del acoplamiento central de las varillas de dirección.

El brazo pitman está ranurado en el eje del sector y es fijado en su

lugar mediante una arandela de cierre y una tuerca. Está conectado al varillaje central mediante una rótula.

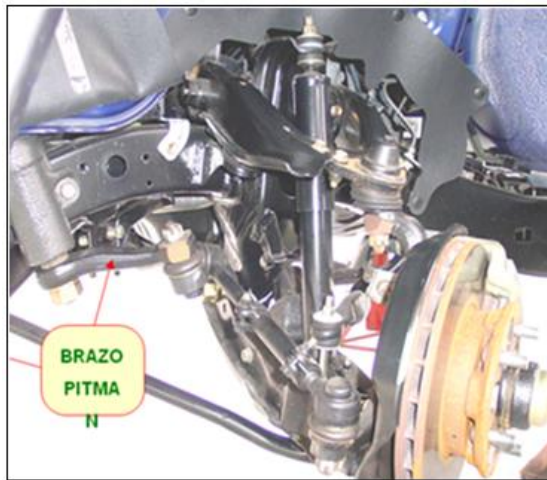


Figura 13. Brazo Pitman de mando de sistema de dirección

Fuente: Recolección propia

Barra de acoplamiento

La barra de acoplamiento forma una pieza rígida, según el sistema empleado, realiza la unión de los dos brazos para que el movimiento en las dos ruedas sea simultáneo y conjunto de ambas ruedas, al producirse el desplazamiento lateral en una de ellas. Están formadas por un tubo de acero en cuyos extremos van montadas las rótulas, cuya misión es hacer elástica entre los brazos de acoplamiento de las ruedas y adaptarlas a las

variaciones de longitud producidas por las incidencias del terreno. Sirven además para la regulación de la convergencia de las ruedas, acortando o alargando la longitud de las barras.

La barra de acoplamiento se hace también con las disposiciones mencionadas anteriormente en la unión de la palanca de ataque y biela de dirección.

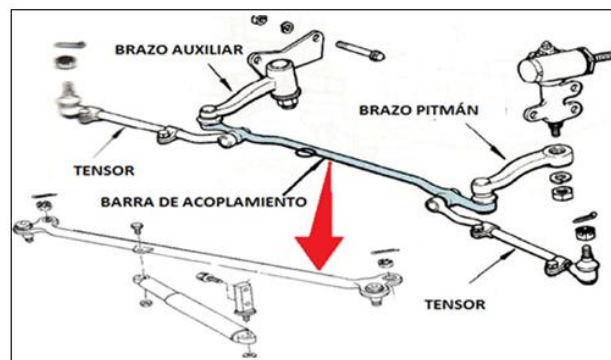


Figura 14. Brazo de mando de sistema de dirección

Fuente: Toyota Service. Manual de entrenamiento

Tensor

Está constituido por un tubo regulador. El extremo del tensor es atornillado al extremo de la cremallera en un mecanismo de piñón y cremallera o al tubo regulador en una dirección de bolas recirculantes, de manera que pueda regularle la distancia entre juntas.

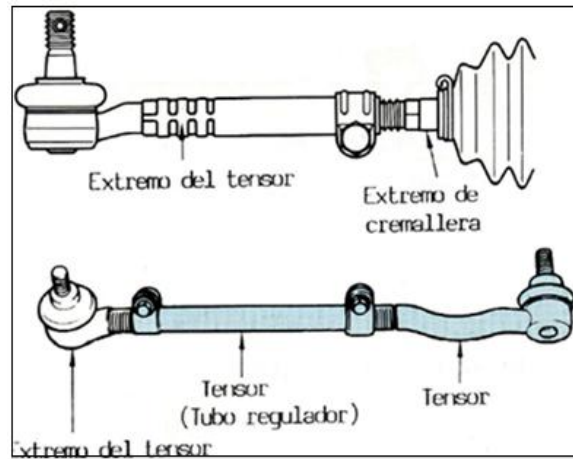


Figura 15. Tensor de sistema de dirección

Fuente: Toyota Service.Manual de entrenamiento

Extremo del tensor

Denominado rótulas, está constituido por un muñón cónico en cuyos extremos tiene, por una parte, la unión roscada que permite su desmontaje y, por otra parte, una bola o esfera alojada en una caja esférica que realiza la unión elástica. Su misión consiste en realizar la unión elástica entre la caja de dirección y los brazos de acoplamiento de las ruedas, además de permitir las variaciones de longitud para corregir la convergencia de las ruedas.

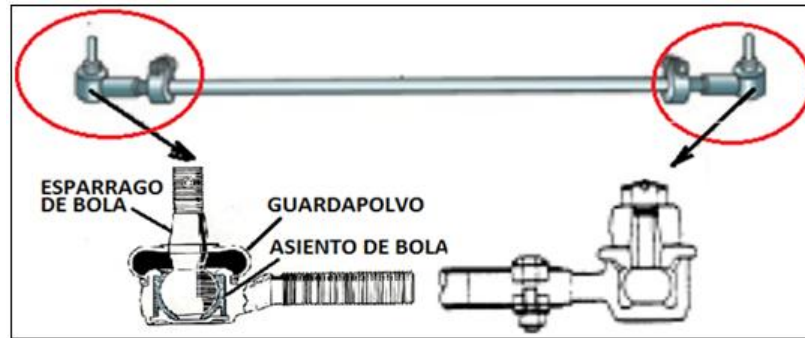


Figura 16. Extremo del tensor del sistema de dirección

Fuente: Toyota Service. Manual de entrenamiento

Brazo del muñón

Los brazos del muñón transmiten el movimiento de los tensores o brazos de tracción a las ruedas delanteras a través de los muñones de dirección.

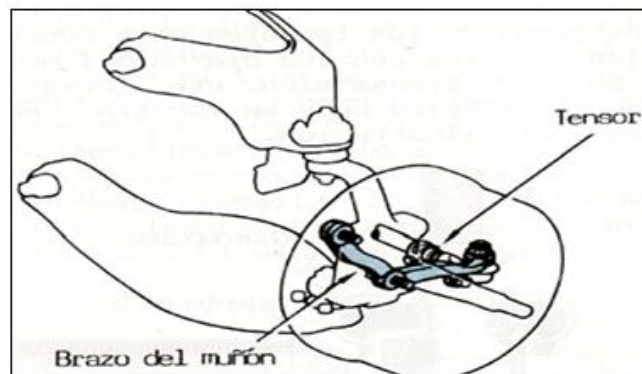


Figura 17. Brazo de muñón del sistema de dirección

Fuente: Toyota Service. Manual de entrenamiento

Manguetas

Denominado también muñón de dirección, es el elemento del tren delantero que tiene como misión apoyo a las ruedas y les permite girar, está constituido por el cuerpo y el eje, en el caso de los vehículos con tracción trasera y en los más antiguos en un muñón se acoplaba la barra de arrastre que le permitía enviar el giro de la dirección a las ruedas, con la tracción delantera se modificó la forma del muñón porque está construido con un alojamiento para el rodamiento de masa delantera en vez del eje para poder permitirle la tracción.

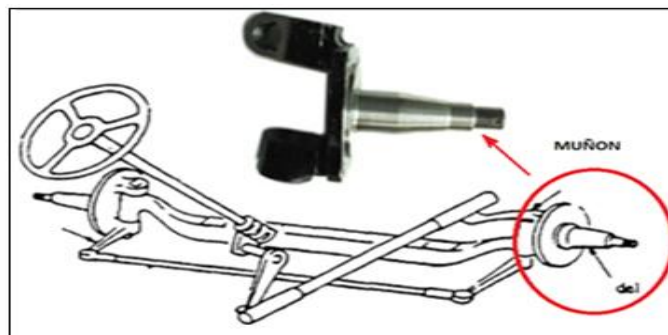


Figura 18. Manguetas del sistema de dirección

Fuente: Toyota Service. Manual de entrenamiento

Brazo auxiliar

Es un brazo articulado que está afirmado en el mismo componente al que está fijado la caja de dirección, sirve de pivote y

rigidez para el varillaje de la dirección. Se le llama también caja auxiliar, caja falsa y en algunos vehículos americanos brazo Z por su forma.



Figura 19. Brazo auxiliar del sistema de dirección

Fuente: Recolección propia

Biela de dirección (barra de tracción)

Transmite el movimiento a la palanca de ataque, es el medio de enlace con el brazo de mando, sus extremos terminan en articulaciones de rótula, que pueden mantenerse a una distancia fija, o bien roscarse más o menos dentro de la biela hueca (suele ser un tubo de acero), como se muestra en la figura 20.

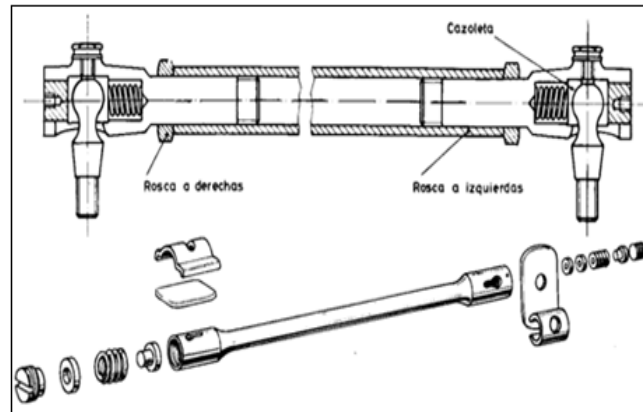


Figura 20. Biela de dirección

Fuente: ToyotaService.Manual de entrenamiento

Palanca de ataque

La palanca de ataque recibe el movimiento de la biela de dirección y es solidaria a la mangueta, pero también puede ir articulada al bastidor, muchas veces en forma de Y, según puede verse en la figura 21 y mandar directamente el movimiento a la barra de acoplamiento dividida. Hay gran variedad de formas, pero en todas ellas la unión a la biela de dirección se hace porque termina ésta en una esfera para la articulación de la rótula o en un orificio cónico para el montaje de la esfera de la mencionada rótula.

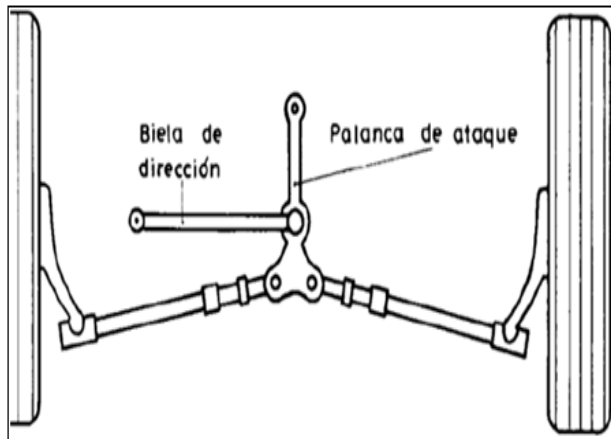


Figura 21. Palanca de ataque (a)

Fuente: Manual Práctico del Automóvil "Reparación y Mantenimiento"

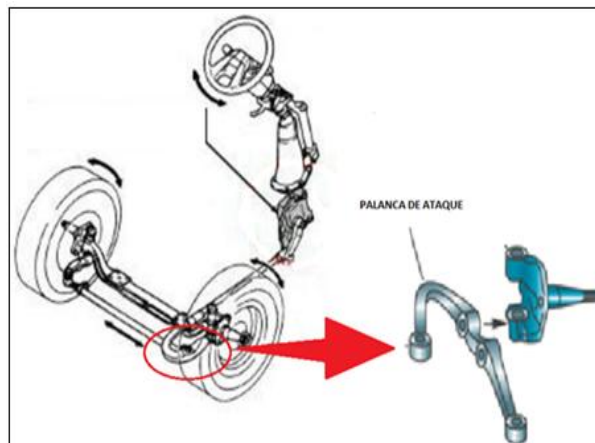


Figura 22. Palanca de ataque (b)

Fuente: ToyotaService. Manual de entrenamiento

Amortiguador de dirección

El amortiguador es similar al de los sistemas de suspensión que está conectado entre la barra de acoplamiento y el chasis, su función es absorber las vibraciones de la dirección para que no se transmitan hacia el manubrio de dirección.

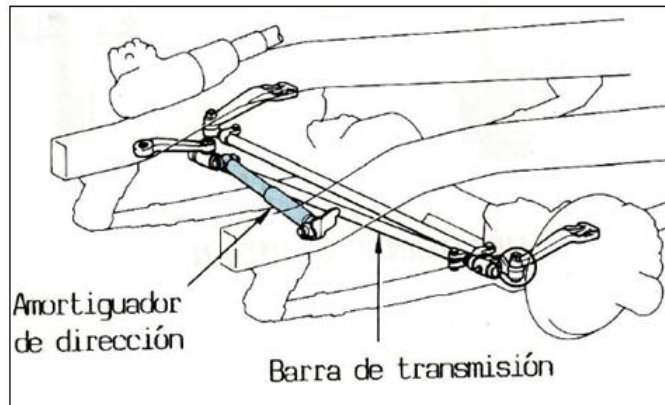


Figura 23. Amortiguador de dirección

Fuente: ToyotaService.Manual de entrenamiento

Bieletas de dirección

Conocidos también como extremos internos de dirección, son utilizados en los vehículos con cremallera, en un extremo va acoplado a la cremallera mediante un hilo roscado o por un *silentblock*, en este extremo tiene una articulación tipo rótula para tener una libertad que le permita variar los ángulos de movimiento cuando la dirección es girada, transmite el movimiento a la cremallera y llega al extremo que está conectado al muñón de la rueda.

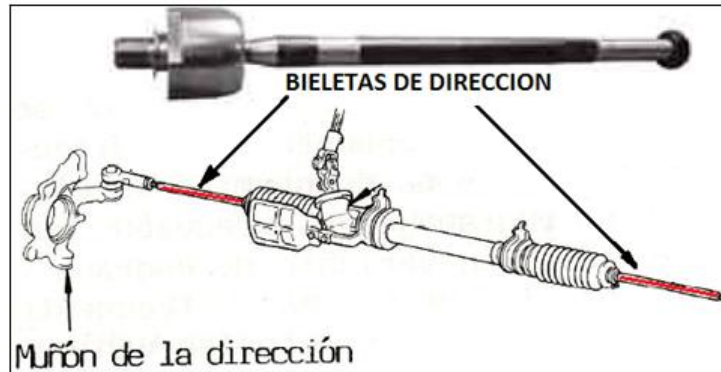


Figura 24. Ballesta de dirección

Fuente: ToyotaService. Manual de entrenamiento

2.4 SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA HIDRÁULICA

Está formada por un dispositivo hidráulico de accionamiento, montado en su interior y un mecanismo desmultiplicador del tipo sinfín y tuerca (dirección hidráulica con circulación de bolas), cremallera (dirección hidráulica caja cremallera con paso de dientes invariable). El circuito hidráulico está constituido por una bomba de presión (2) accionada por el motor del vehículo y cuya misión es enviar aceite a presión al dispositivo de mando o mecanismo integral(1) de la servodirección. El aceite es aspirado de un depósito (3) que lleva incorporado un filtro para la depuración del aceite. La conducción del aceite a presión entre los tres elementos se realiza a través de las tuberías flexibles (4, 5 y 6) del tipo de alta presión, tal como se puede apreciar en la figura 25.

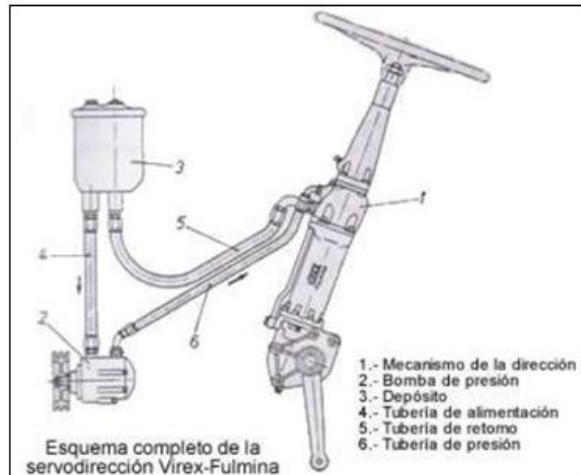


Figura 25. Sistema de dirección asistida hidráulica

Fuente: Manual Práctico del Automóvil “Reparación y Mantenimiento”

El émbolo del dispositivo hidráulico, alojado en el interior del mecanismo de la dirección, actúa al mismo tiempo como amortiguador de las oscilaciones que se pudieran transmitir desde las ruedas a la dirección.

Por ejemplo, en caso de un reventón en una de las ruedas, la válvula de distribución reacciona automáticamente en sentido inverso al provocado por el reventón; esto permite al conductor mantener el control del vehículo hasta poderlo parar con solo mantener sujeto el volante.

Las partes principales de un sistema de dirección asistida hidráulica se puede observar en la figura 26.

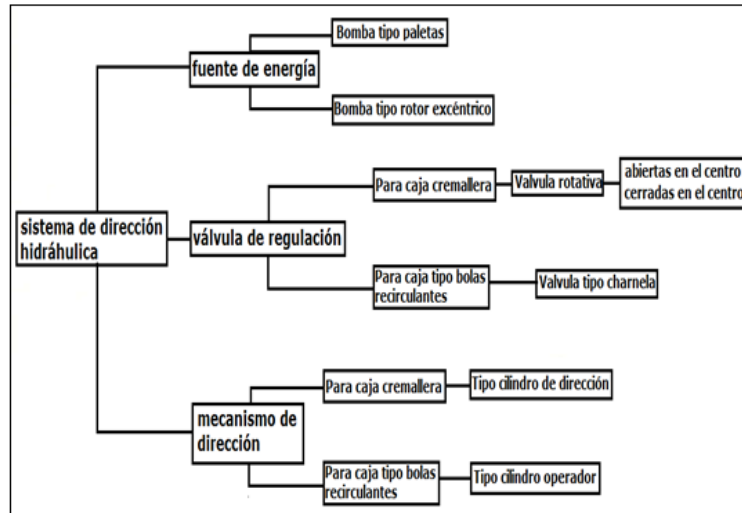


Figura 26. Componentes del sistema de dirección hidráulico

Fuente:Manual Práctico del Automóvil “Reparación y Mantenimiento”

2.4.1 Fuente de energía

Es el corazón del sistema hidráulico, consta de una bomba que es la encargada de generar la presión y caudal necesario de aceite, un depósito de aceite y las tuberías de comunicación.

Estas bombas, por lo general, han de proporcionar al ralenti una velocidad de giro al volante suficiente, por el contrario, a altas revoluciones una válvula limitadora en la propia bomba se encarga de limitar la presión de aceite para que no sea excesiva. Su colocación en el vehículo ha de permitir la adecuada temperatura de trabajo del aceite hidráulico, para que no aparezcan ruidos ni llegue a formar espumas.

2.4.1.1 Bomba de alimentación

Bomba de paletas

Todas las bombas de paletas mueven aceite por medio de un rotor ranurado en el que se alojan paletas (figura 27) que están acopladas al eje de accionamiento y giran dentro de un anillo ovalado, estas siguen la superficie interna del anillo cuando el rotor gira.

Paletas rectas: las ranuras para las paletas en el motor son rectas desde el centro, por lo tanto la bomba puede girar en cualquier dirección.

Paletas rebajadas: la paleta tiene un rebajo en el cual actúa el aceite a presión que junto con la fuerza centrífuga mantiene las paletas contra el anillo.

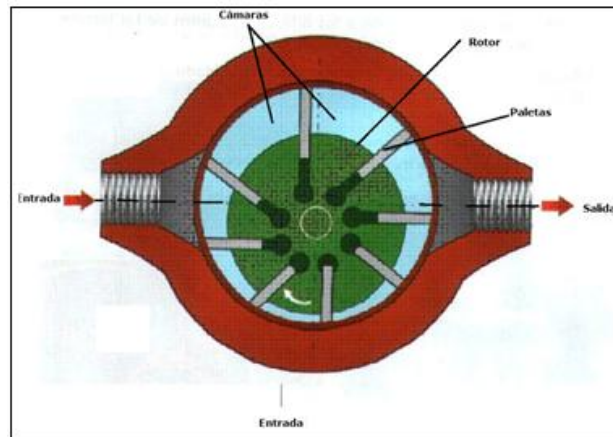


Figura 27. Bomba hidráulica tipo paletas

Fuente:Manual Práctico del Automóvil "Reparación y Mantenimiento"

Ventajas:

- El ajuste preciso entre las paletas y el anillo aumenta el caudal de estas bombas con respecto a las de engranajes
- El caudal disminuye poco a medida que la resistencia al flujo aumenta.
- La mayor parte de las bombas de paletas son equilibradas hidráulicamente.

Desventajas:

- Gran cantidad de partes: costo elevado.
- Más difícil de mantener que las bombas de engranajes: pequeñas cantidades de materias extrañas causan desgasterápido, debido al roce de las paletas.

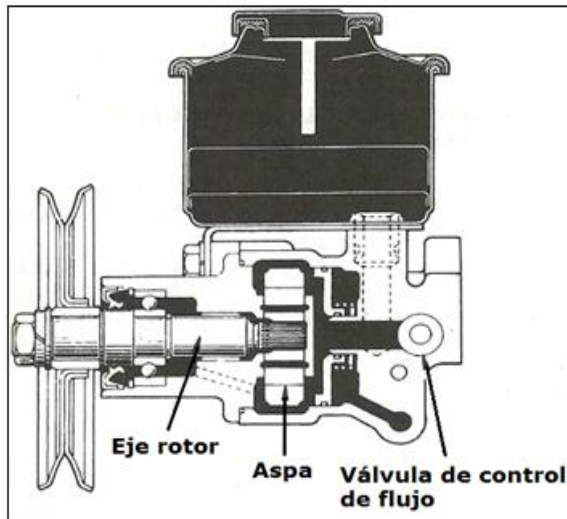


Figura 28. Estructura bomba hidráulica tipo paletas

Fuente: Manual Práctico del Automóvil "Reparación y Mantenimiento"

Bomba de engranajes

Es de desplazamiento positivo (figura 29), es decir, una bomba en la cual, el desplazamiento (caudal) por revolución no puede variarse.

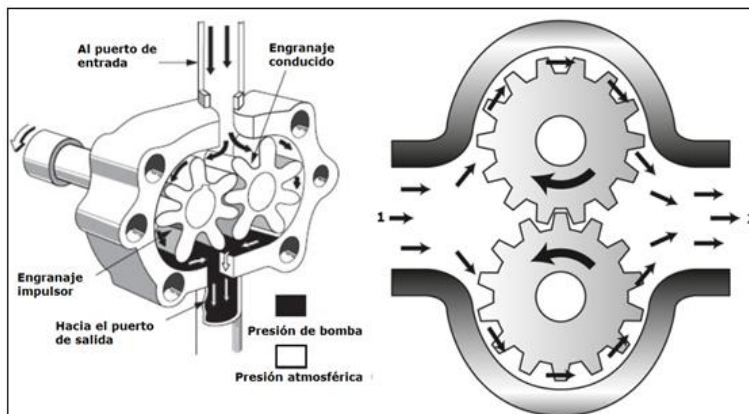


Figura 29. Bomba hidráulico tipo engranajes

Fuente: Rempling J. Sistema de Dirección y suspensión del Automóvil

Ventajas

- El caudal es constante dentro de una manera razonable sin importar la resistencia al flujo.
- La disminución en la cantidad de descarga debido a filtraciones que vuelve a la admisión es pequeña.
- La unidad es compacta.

Desventajas

- Limitada a aplicaciones de baja presión, debido al desequilibrio hidráulico (cualquier presión excesiva que exista en la salida aplica una fuerza en los engranajes, produciendo la deflexión del eje).

2.4.1.2 Elementos auxiliares de fuente de energía**Banda de transmisión**

Es la encargada de transmitir movimiento desde la polea del motor eléctrico hasta la polea de la bomba hidráulica. Su selección se debe a:

- Su flexibilidad apta de trabajo

- Buena adherencia
- Buena respuesta motriz

Además con la ayuda de una tabla de características generales de bandas y una vez conocida la potencia y velocidad que el motor nos proporcionó se eligió la apropiada observando la superficie de adherencia, la misma que debía coincidir con las superficies de las poleas del motor y bomba.

NOTA:su tensado debe ser revisado periódicamente antes del funcionamiento, para evitar el desplazamiento de la polea.

Depósito de aceite

El depósito de aceite es un recipiente destinado a almacenar el aceite hidráulico (líquido incompresible), para conservarlo a cierta presión, se debe tener en cuenta:

- Su forma
- Capacidad de almacenamiento
- Capacidad de aislar el líquido hidráulico

Estas son características ideales para el desarrollo del presente proyecto, lo cual, se buscó en cada uno de los elementos, a fin de que su uso sea fácil de entender.

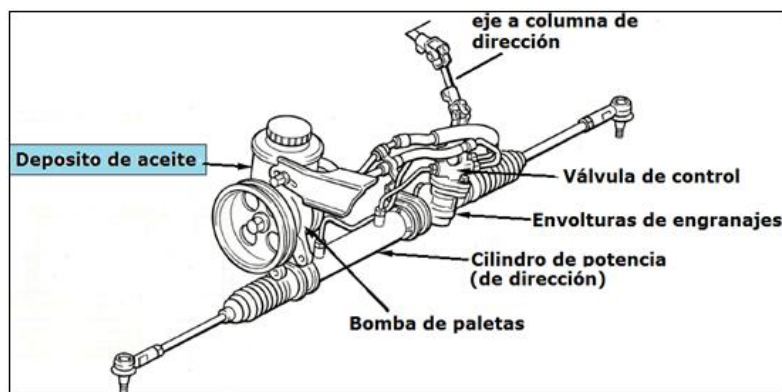


Figura 30. Depósito de aceite del sistema de dirección

Fuente: Toyota Service. Manual de entrenamiento

Tuberías de comunicación

Las tuberías de comunicación tiene la misión de conducir fluido a los mecanismos de la dirección. Las mangueras están hechas para soportar altas presiones hidráulicas y están fabricadas de hule y material tejido de acuerdo a la función que cumplan. El sistema de dirección está conformado por dos tipos de tuberías o mangueras de comunicación, los cuales son:

Tuberías de alta presión: construida con un material de caucho-lona recubierto con un alma de acero en diámetros de 6mm y 10mm. Por

lo general para vehículos livianos, cuya presión de trabajo es de 19000 y 15000KPa, respectivamente. La temperatura de trabajo oscila entre 233 y 373 K

Tuberías de baja presión: conocidas también como tuberías de retorno, son construidas de caucho-lona. Su presión de trabajo es de 1720KPa, y su diámetro es de 10 mm, la temperatura de trabajo está entre los 233 a 373 K.

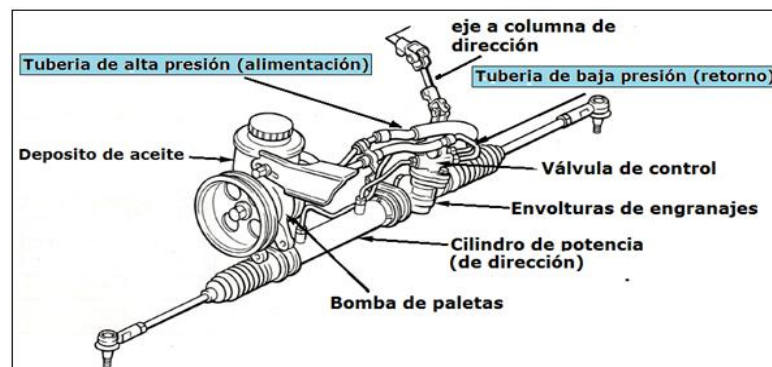


Figura 31. Tuberías de comunicación del sistema de dirección

Fuente: Toyota Service. Manual de entrenamiento

2.4.2 Válvula de regulación

Consiste en un carrete con dos o más bandas maquinadas que mediante el giro del volante, envía la presión correspondiente al cilindro de la dirección. Para este tipo de válvulas se suelen montar del tipo llamado “abiertas en el centro”, es decir, que está en

permanente flujo hidráulico, y cuando no actúa, el aceite sin presión vuelve al depósito. También existen las llamadas “cerradas en el centro” que utiliza la energía de una bomba y de un acumulador hidráulico. En este caso, cuando el volante está en posición de reposo, el distribuidor está en posición cerrada, la bomba tiene entonces la única misión de llenar el acumulador de presión, cuando llega a la presión de tarado, la bomba se interrumpe cortando la alimentación eléctrica de la misma o por desembragado en caso de ser por accionamiento del motor.

Las válvulas de regulación, por lo general, de acuerdo al tipo de sistema de dirección pueden ser:

- Válvula rotativa (para caja cremallera)
- Válvula tipo charnela (para caja de bolas recirculantes)

Válvula rotativa

La válvula rotativa de la caja de engranajes determina hacia qué cámara va el fluido de la bomba de aspas. Cuenta con el eje de la válvula de control al volante de dirección que se aplica el torque, este tipo de válvula es utilizado para direcciones con caja cremallera.

Es la válvula de control, la misma que en conjunto con el engranaje del piñón están conectados por medio de una barra de torsión.

La válvula rotativa y el engranaje del piñón están fijados por un pasador y rotan integralmente. Si no se aplica presión a la bomba de aspas, la barra de torsión se tuerce completamente y el eje de la válvula de control y el engranaje de piñón hace contacto en el tope de forma que el torque del eje de la válvula de control se aplica directamente al engranaje de piñón.

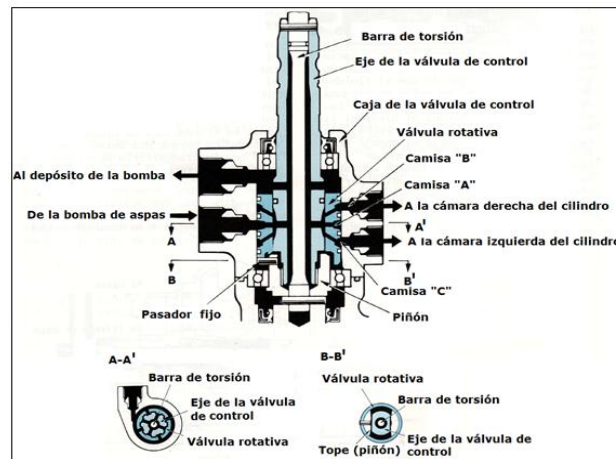


Figura 32. Válvula rotativa

Fuente: Toyota Service. Manual de entrenamiento

Válvula tipo carrete

Llamada también válvula de carrete y de camisa, tiene la misión de orientar a qué cámara se dirigirá el fluido de la bomba de aspas. El eje de la válvula de control y el piñón están conectados por medio de una barra de torsión.

Si no se aplica la presión de la bomba de aspas, la barra de torsión se tuerce por completo y el engranaje de piñón y el eje de la válvula de control hacen contacto en el tope, por lo que, el torque del eje de la válvula de control se aplica directamente al engranaje de piñón. El eje de la válvula de control, en su parte inferior, tiene unas ranuras espirales que contienen dos bolas que son máquinas en la porción inferior del eje de la válvula de control.

Dentro de la válvula de camisa, hay una válvula de carrete, y hay un orificio y una ranura en la porción inferior de la válvula de carrete, que está conectada al eje de la válvula de control por medio de dos bolas, y también está acoplada al engranaje del piñón por medio de dos pasadores de deslizamiento, a la válvula de carrete rota en la misma dirección del engranaje de piñón. La válvula de

camisa está situada entre la caja de engranajes y la válvula de carrete y está fijada al engranaje del piñón por medio de la placa de deslizamiento de la válvula de camisa y de un anillo de retención. La válvula de camisa no puede moverse hacia arriba y abajo.

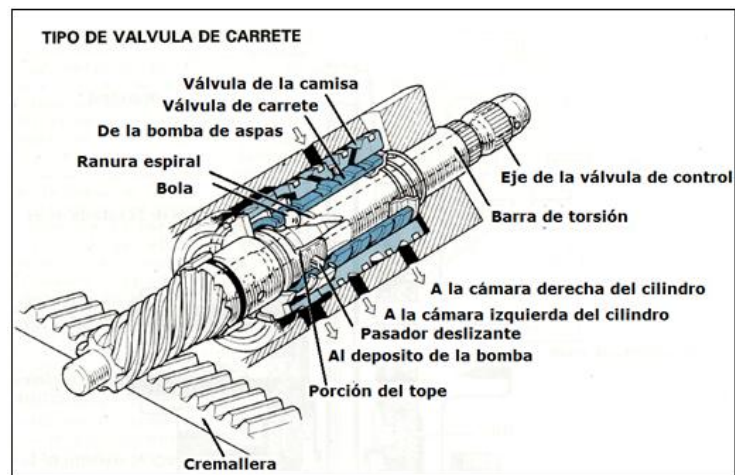


Figura 33. Válvula tipo carrete

Fuente: Toyota Service. Manual de entrenamiento

Válvula tipo charnela

Este tipo de válvula es utilizado para direcciones con caja tipo bolas recirculantes y tiene igual misión que la válvula rotativa.

Las válvulas tipo charnela son hechas integrales con el eje de torsión.

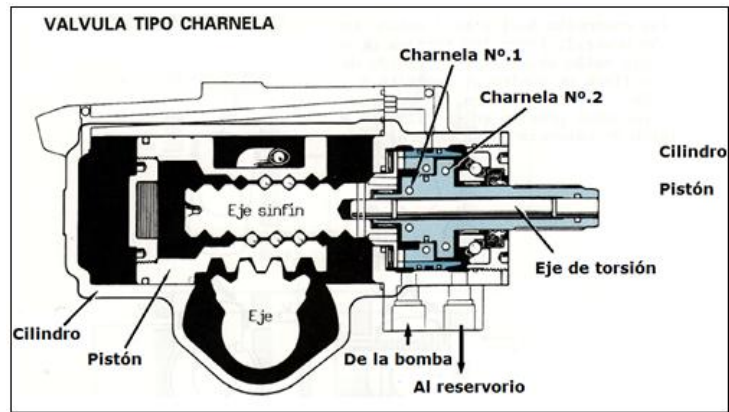


Figura 34. Válvula tipo charnela

Fuente: Toyota Service. Manual de entrenamiento

- Las válvulas V_1 y V_2 de la charnela N°1 actúan como válvulas de control direccional y seleccionan las rutas que siguen el fluido $P \rightarrow A \rightarrow T$ ó $P \rightarrow B \rightarrow T$ dependiendo del movimiento del volante de dirección.
- Las válvulas V_3 y V_4 de la charnela N° 2 actúan como válvulas de control de presión y controlan la presión en los puntos "A" y "B" dependiendo de la fuerza de dirección. En posición neutral, todas las válvulas V_1, V_2, V_3, V_4 están abiertas y no hay diferencia de presión entre los puntos "A" y "B".
- Cuando el volante de dirección es girado hacia la izquierda; V_1 se abre, V_2 se cierra, V_3 se abre parcialmente y V_4 se abre. La presión en el punto "A" aumenta forzando al pistón al pistón a ir

hacia la derecha y asistiendo a la vez a la fuerza de dirección(figura 35).

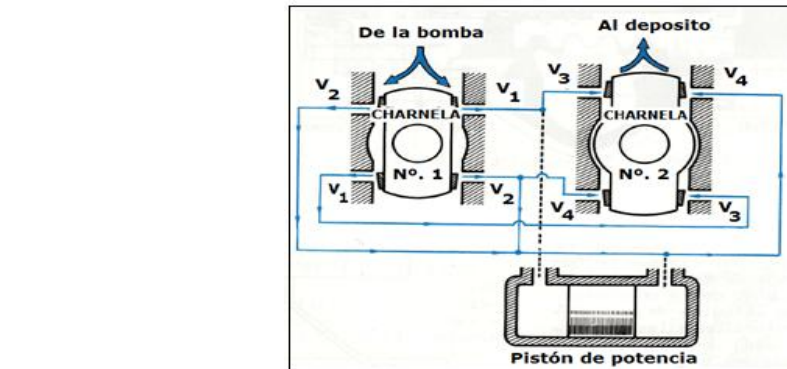


Figura 35. Estructura válvula tipo charnela

Fuente: Toyota Service. Manual de entrenamiento

2.4.3 Mecanismo de dirección

El mecanismo de dirección es el elemento que tiene la función de establecer el sentido de desplazamiento a través de su construcción y aplicación correspondiente, por lo general, son de:

- Tipo cilindro de dirección (para caja cremallera)
- Tipo cilindro operador (para caja de bolas recirculantes)

Tipo cilindro de dirección

Este es un tipo de cilindro de doble efecto que se encarga de transformar la presión del aceite en fuerza auxiliar que actuará sobre la cremallera de la dirección o los diferentes mecanismos de mando.

El sistema de piñón y cremallera es uno de los más extendidos y normalmente es utilizado como recurso con pistones exteriores. Estos pueden disponerse en dos tipos de configuración:

a) Cilindro paralelo: es un componente autónomo que se encuentra fuera de la caja de dirección, de acuerdo a su construcción geométrica permite un escaso desplazamiento axial y de fácil desmontaje.

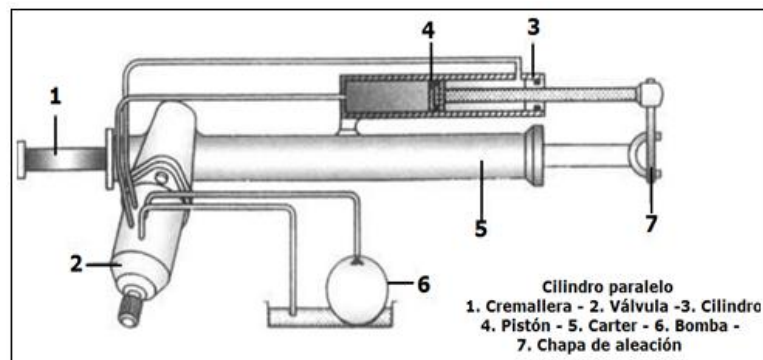


Figura 36. Cilindro tipo paralelo

Fuente: Manual Práctico del Automóvil "Reparación y Mantenimiento"

b) Cilindro en el eje: el cilindro en el eje es, por su misma construcción, integrado al mecanismo de prolongación de la cremallera. Esta disposición requiere de unos ajustes más perfectos, así como una mayor dificultad de desplazamiento. Al tener una unión de la cremallera con el pistón, le confiere una mayor longitud con lo que es necesario que su rectitud sea muy

buena y estén perfectamente alineados. Este nivel de prestaciones hace necesario un cilindro de cualidades a contradicciones:

- Bajo nivel de frotamiento
- Una estanqueidad perfecta

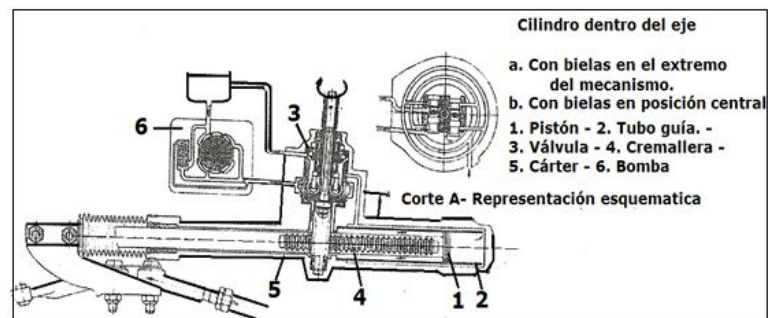


Figura 37. Cilindro tipo en el eje

Fuente:Manual Práctico del Automóvil "Reparación y Mantenimiento"

Tipo cilindro operador

La caja de bolas recirculantes contiene un doble cilindro operador (cámara de llenado), separados por un pistón como se muestra en la figura 38. Una válvula tipo charnela, a través de su distribución permite el llenado del cilindro tanto en la cámara A o cámara B según sea el requerimiento, el mismo que ejerce presión sobre el pistón operador permitiendo una rotación suave, dando facilidad el desplazamiento del eje sin fin transformando la presión del aceite en fuerza auxiliar que actuará sobre brazo pitman.

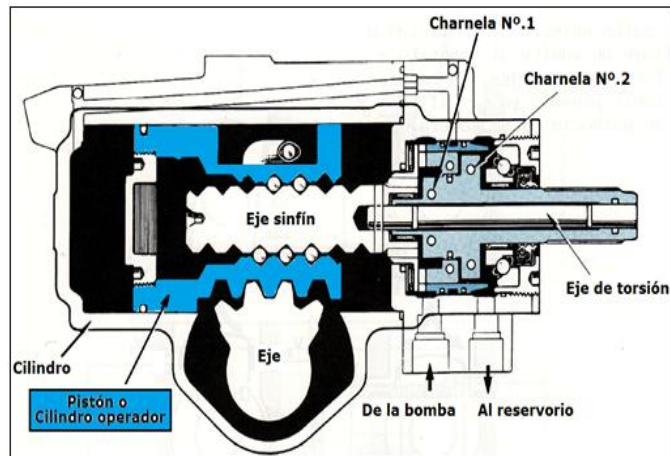


Figura 38. Cilindro tipo operador

Fuente: Toyota Service. Manual de entrenamiento

2.5 CINEMÁTICA Y MECANISMOS

Es la combinación de la matemática, cinemática y dinámica, elementos que llevan a cabo el diseño de mecanismos.

En la presente investigación, se llevará a cabo el tipo de mecanismos tipo bloques constituidos. Para efectuar un análisis adecuado se definirán los siguientes conceptos:

2.5.1 Terminología, definiciones de cinemática

Máquina: combinación de cuerpos resistentes de tal manera que por medio de ellos, las fuerzas mecánicas de la naturaleza se pueden

encauzar para realizar un trabajo acompañado de movimientos determinados (motor de combustión).

Mecanismos: combinación de cuerpos resistentes conectados por medio de articulaciones móviles para formar una cadena cinemática cerrada con un eslabón fijo y cuyo propósito es transformar el movimiento.

Existe cierta relación entre estructura y estática, mecanismo y cinemática, máquina y dinámica.

Eslabón: se define como una pieza de un mecanismo o máquina. Los eslabones generalmente se consideran rígidos. En los mecanismos los eslabones se deben conectar entre sí para transmitir el movimiento desde el eslabón impulsor o de entrada hasta el eslabón seguidor o de salida.

Pares cinemáticos: las conexiones entre eslabones, que restringen su movimiento relativo, se llaman pares cinemáticos. Los eslabones también se pueden considerar como uniones rígidas entre pares.

En los mecanismos, los eslabones se suelen esquematizar para facilitar su estudio. El mecanismo equivalente debe tener las mismas características cinemáticas y dinámicas que el mecanismo real.

Cadena cinemática: varios eslabones unidos por medio de pares cinemáticos. Cadenas cinemáticas abiertas y cerradas.

Pares superiores e inferiores: en los pares cinemáticos superiores el contacto entre eslabones se produce por lo general en una línea o un punto. En los pares inferiores el contacto entre eslabones se produce en una superficie.

2.5.2 Análisis cinemático de mecanismos

El análisis cinemático en la investigación corresponde a un tipo de mecanismo de bloques constituidos. Para el examen correspondiente, se efectuaron los procedimientos que se describen a continuación:

a. Diagrama cinemático

El diagrama tiene un propósito similar al de un diagrama o esquema de un circuito eléctrico; se trata de mostrar solo los aspectos esenciales del mecanismo, entre los que se cuentan las dimensiones básicas, que afectan su movimiento. El diagrama cinemático asume una de dos formas: un croquis (proporcional,

pero no exactamente a escala) y el diagrama cinemático a escala (usado generalmente para un análisis adicional de posición, desplazamiento, velocidad, aceleración, transmisión de fuerzas y pares, etc.).

Para una referencia conveniente, los eslabones se numeran (comenzando con el eslabón a tierra como número 1), y a las juntas se le asignan letras, los eslabones de entrada y salida también se rotulan. Un propósito del diagrama cinemático es proporcionar un esquema cinemático de los movimientos relativos en los mecanismos, en la figura 39, se muestra un mecanismo de bloques constituidos:

b. Grados de libertad

Por grado de libertad se entiende el número de entradas independientes requeridas para determinar la posición de todos los eslabones del mecanismo respecto a tierra. Los grados de libertad de un mecanismo se determinarán por la ecuación 1.

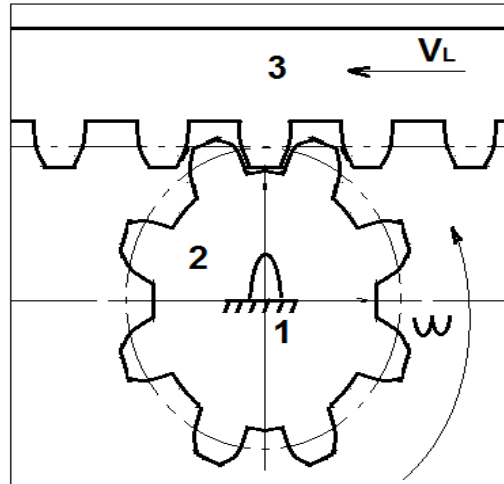


Figura 39. Diagrama cinemático (piñón cremallera)

Fuente: Erdman, Arthur. Diseño de mecanismos

$$F = 3(n - 1) - 2f_1 - 1f_2(1)$$

Donde:

F= número de grados de libertad

N = número de eslabones

f_1 = número de juntas de pasador

f_2 = número de juntas de contacto de rodamiento con deslizamiento

b. Análisis versus síntesis

Los procesos de dibujar diagramas cinemáticos y determinar grados de libertad de mecanismos más complejos, son los

primeros pasos en el proceso de análisis y síntesis cinemática. En el análisis cinemático se investiga un mecanismo particular dado con base en la geometría del mecanismo y posiblemente otras características conocidas del mismo (velocidad angular de entrada, aceleración angular. etc.), por otra parte la síntesis cinemática es el proceso de diseñar un mecanismo para desempeñar una tarea deseada.

c. Análisis de velocidad: método gráfico

El concepto de velocidad puede desarrollarse comenzando con solo dos elementos de un mecanismo; un eslabón tierra (eslabón 1) y un eslabón de entrada (eslabón 2) que está articulado directamente a tierra en A_0 (figura 40). El radio vector R_A de un punto arbitrario A sobre el eslabón 2 se localiza instantáneamente en la posición angular θ_A con respecto al eje x de un sistema de referencias absoluto fijo al eslabón 1. Observe que los ejes en la figura 40, representa un plano complejo x, iy. Los números complejos se usan en muchos casos, debido a su fácil aplicación a los análisis y síntesis de mecanismos planos.

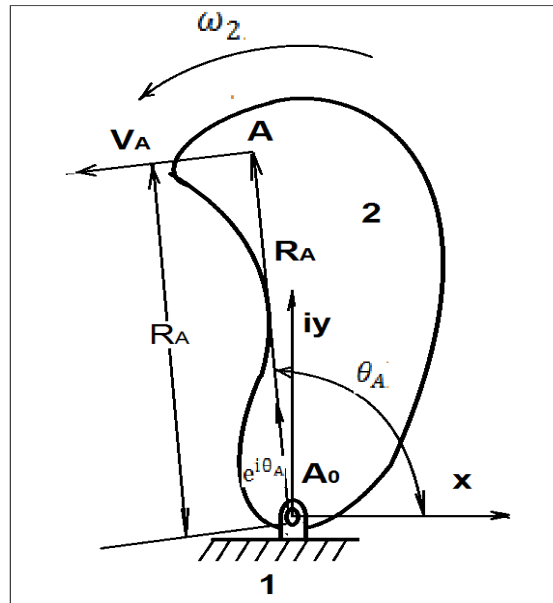


Figura 40. Velocidad absoluta V_A del punto A sobre el eslabón giratorio 2

Fuente: Arthur G. Erdman, Arthur. Diseño de mecanismos

El eslabón 2 está en proceso de cambiar de posición con respecto al eslabón 1. La velocidad de cambio de la posición angular del eslabón 2 con respecto al eje fijo x se llama velocidad angular (ω_2) del eslabón 2, y es positivo en sentido anti horario. La posición del punto A con respecto a A_0 puede definirse matemáticamente en forma polar o en forma cartesiana. Dos cantidades escalares, la longitud R_A y el ángulo θ_A con respecto al eje x , definen el vector de posición desde el punto A .

Forma polar:

$$\mathbf{R}_A = R_A e^{i\theta_A} (2)$$

Donde:

\mathbf{R}_A = vector de posición

R_A = magnitud de vector de posición

$e^{i\theta_A}$ = vector unitario

Usando la ecuación de Euler, se obtiene la forma cartesiana:

$$\mathbf{R}_A = (R_A)(\cos \theta_A) + i(R_A)(\sin \theta_A) (3)$$

La velocidad absoluta lineal de un punto es la velocidad de cambio del vector de posición de ese punto con respecto a tierra.

$$\mathbf{V}_A = iR_A \frac{d\theta_A}{dt} e^{i\theta_A} = R_A \omega_2 i e^{i\theta_A} = i\mathbf{R}_A \omega_2 \quad (4)$$

En forma cartesiana:

$$\mathbf{V}_A = (R_A)(\omega_2)(-\sin \theta_A + i \cos \theta_A) \quad (5)$$

2.6 UNIONES SOLDADAS

Las uniones soldadas no son elementos de máquinas, son medios o procesos de fabricación y unión de elementos. Una soldadura consiste en la adición de un metal fundido a base de calor proporcionado por la combustión de un gas, mediante un arco eléctrico o por la ignición de una mezcla de óxido de fierro y aluminio en polvo que recibe el nombre de thermita. El metal a añadirse viene en unos vástagos llamados electrodos.

Formas de uniones soldadas:

- Uniones al tope
- Unión traslapada o en ángulo: unión traslapada con cargas concéntricas, unión traslapada con cargas excéntricas.

Para la unión soldada de la presente investigación, se tomará una unión traslapada o en ángulo del tipo unión traslapada con cargas concéntricas.

a. Unión a tope

Los bordes a unirse se pueden dar en diversas formas, tales como en V, U, J, por razones relacionadas con el aspecto económico y la utilización a la que hay que hacer. Las uniones a tope pueden ser reforzadas por ambas caras, por una cara o en ninguna. Cuando no hay refuerzo, la práctica usual es formar el cordón y luego mecanizarlo o amolarlo al ras.

b. Unión traslapada con cargas concéntricas

Llamadas uniones o superposición o superpuestas, se observa que la carga P no actúa en forma colineal en ambas planchas, debido a que una está sobre la otra, entonces el llenado de soldadura se hará en forma angular:

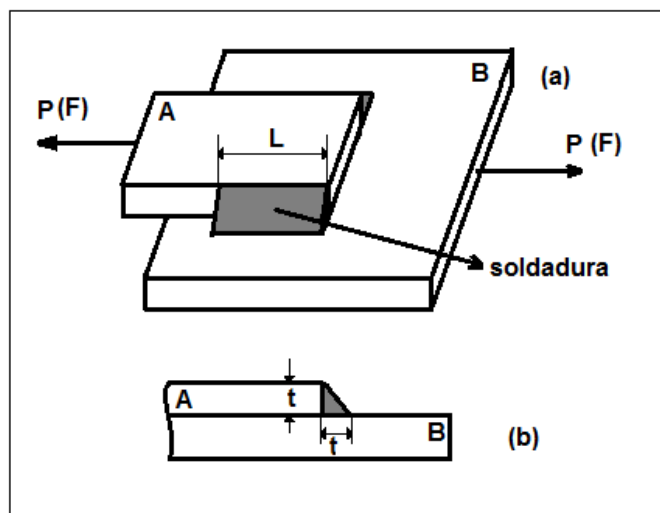


Figura 41. Unión soldada traslapada con cargas concéntricas

Fuente: Salvador G. Max. Elementos de máquinas

El pequeño par que puede producir las cargas P al no ser colineales son despreciables si es que la soldadura es uniforme en todo el cordón de llenado.

En estas uniones, la falla se produce generalmente en un rectángulo cuyo lado mayor es la longitud del cordón soldado y el lado menor es la altura del triángulo isósceles respecto a la hipotenusa, donde P estar definido por (9):

$$P = (S_s)(t)(\cos(45^\circ))(L) \quad (6)$$

Donde:

P = carga permisible (fuerza permisible)

S_s = esfuerzo de corte permisible

t = base del triángulo de cordón de soldadura

L = longitud de cordón de soldadura

Si el cordón está soldado por dos lados de una de las planchas, la carga P está soportado por ambos lados, se duplica el área del rectángulo crítico.

$$P = (S_s)(2)(a)(L) = (2)(S_s)(t)(L)(\cos(45^\circ)) \quad (7)$$

2.7 UNIONES ATORNILLADAS

Tipos de uniones atornilladas

2.7.1 Uniones con empaquetaduras

Son uniones con empaquetadura en toda la superficie de la brida, y en una superficie anular interior al círculo de pernos.

La unión atornillada que se aplica en la presente investigación, con la finalidad de obtener cálculos, corresponde al tipo unión de metal a metal.

2.7.2 Uniones metal-metal

En la figura 42, se observa una unión metal-metal, con las cargas actuantes de manera correspondiente.

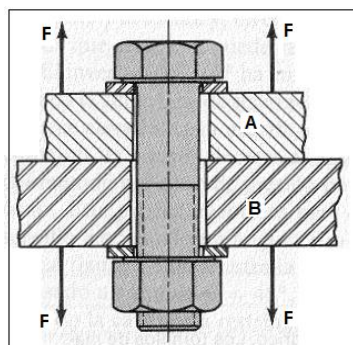


Figura 42. Unión atornillada metal-metal

Fuente: Salvador G. Max. Elementos de máquinas

Cargas actuantes en la unión

- a) Carga de tracción directa

$$F_t = \frac{W}{n} \quad (8)$$

Donde:

F_t = carga de tracción en el perno

W = carga actuante

n = número de pernos

- b) Carga de corte directa

$$F_s = \frac{W}{n} \quad (9)$$

Donde

F_s = carga de corte en el perno

W = carga de corte actuante

n = número de pernos

- c) Tracción en los pernos producidos

$$F_{ti} = \frac{(M)(c_i)}{\sum c_j^2} \quad (10)$$

Donde

F_{ti} = carga de tracción en el perno (i)

M = momento flector actuante

c_i = distancia entre el pivote y el perno (i)

c_j = Distancia entre el eje del pivote y un perno cualquiera

d) Carga de corte producido por el momento torsor

$$F_{si} = \frac{(T)(c_i)}{\sum c_j^2} \quad (11)$$

Donde:

F_{si} = carga de corte en el perno "i"

T= momento torsor actuante

c_i = distancia del centro de gravedad de los pernos al perno "i"

c_j = distancia del centro de gravedad de los pernos a un perno cualquiera.

Evaluación de las cargas y esfuerzo

Para el caso general, que sobre la unión actúan las cargas de tracción F_t , y de corte F_s , los pernos pueden calcularse por cualquiera de estos dos métodos.

a. Considerando que la fricción existente entre las superficies de contacto toma la carga de corte actuante, esto requiere que la fuerza de tracción en el perno sea:

$$F_j \geq F_t + \frac{F_s}{\mu} \text{ y que: } F_e \leq (0,6)(S_y)(A_s) \quad (12)$$

El perno se fijará con ajuste de:

$$F_j \leq (0,8)(S_y)(A_s)(13)$$

Siendo:

F_t = carga de tracción actuante

F_s = carga de corte actuante

μ = factor de fricción entre las superficies en contacto, se puede tomar: 0,2 a 0,35

S_y = esfuerzo de fluencia del material del perno

A_s = área del esfuerzo del perno

F_j = ajuste inicial del perno

b. Considerando que el perno toma la carga de corte por ajuste inadecuado, para esta situación, la carga de tracción equivalente de tracción será:

- De acuerdo al criterio de la máxima energía de distorsión:

$$F_e = \sqrt{(F_t)^2 + (3)(F_s)^2}$$

- De acuerdo al criterio de máximo esfuerzo cortante:

$$F_e = \sqrt{(F_t)^2 + (4)(F_s)^2}$$

Para calcular el área de esfuerzo requerido, podemos, hacer uso de las fórmulas de Seaton&Routhewaite:

$$A_S = \left(\frac{(6)(F_e)}{S_y}\right)^{2/3} \quad (14)$$

$$\text{Para } d_b < 1 \ 3/4 \text{ " } \emptyset; A_S = \frac{(4)(F_e)}{S_y} \text{ para } d_b > 1 \ 3/4 \text{ " } \emptyset$$

También por la expresión:

$$A_S = \frac{(F_e)}{(0,4)(S_y)} \quad (15)$$

Torque de ajuste

- Para pernos lubricados:

$$T = (0,10 \text{ a } 0,15)(F_i)(d_b) \quad (16)$$

- Para pernos no lubricados (seco):

$$T = (0,20)(F_i)(d_b) \quad (17)$$

Siendo:

d_b = diámetro del perno

CAPÍTULO III

DISEÑO CONCEPTUAL Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

3.1 CINEMÁTICA DEL MECANISMO DE CAJA DIRECCIÓN TOYOTA-PROBOX (COLUMNA DE DIRECCIÓN EN POSICIÓN DERECHA)

El funcionamiento del sistema de dirección asistida Toyota-Probox (tipo caja cremallera), es principalmente producido a través de la fuente de energía que está formado por la bomba de asistencia, la misma que se encarga de transmitir aceite hidráulico a presiones reguladas hacia la caja cremallera, donde mediante la válvula de control es distribuido hacia las cámaras A y B de la caja de dirección, para de esta manera, permitir la orientación de las ruedas directrices, este tipo de sistema de dirección se puede observar en la figura 43.

Para la presente investigación, se adoptará como modelo una caja cremallera de un vehículo Toyota-Probox con columna de dirección en posición derecha como parte del problema principal.

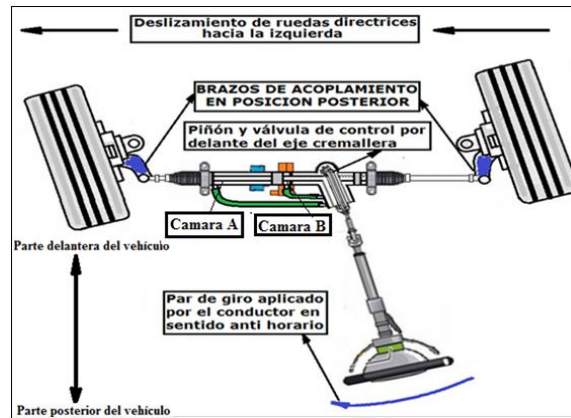


Figura 43. Sistema de dirección brazo de acoplamiento posterior

Fuente: Elaboración propia

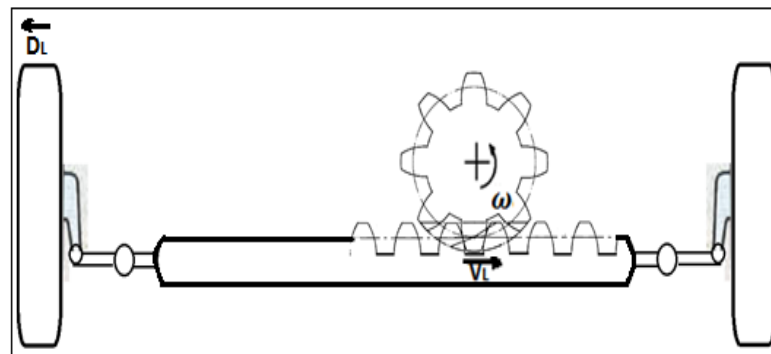


Figura 44. Diagrama cinemático de caja cremallera

Fuente: Elaboración propia

De forma correspondiente, se tomará en cuenta todas las características constructivas de la caja cremallera, asimismo, el diagrama cinemático es representado como se muestra en la figura 44, donde se observa que la forma de distribución del piñón de la cremallera se ubica en la parte delantera del eje cremallera, esta configuración permite el funcionamiento normal del sistema de

dirección que se da cuando el conductor maniobra el volante en rotación anti horaria, permitiendo un deslizamiento de las ruedas de giro hacia la derecha y de manera contraria, cuando el conductor maniobra el volante en rotación horaria permitirá un deslizamiento de las ruedas de giro hacia la derecha.

Al desarrollar el análisis a la cremallera Toyota-Probox, como objetivo principal de esta investigación, al retirar la caja cremallera de su posición original (timón a la derecha) y reacondicionarla sin realizar el rediseño obtendremos un sistema de dirección como se muestra en la Figura 45, donde el piñón acciona a la cremallera en posición posterior.

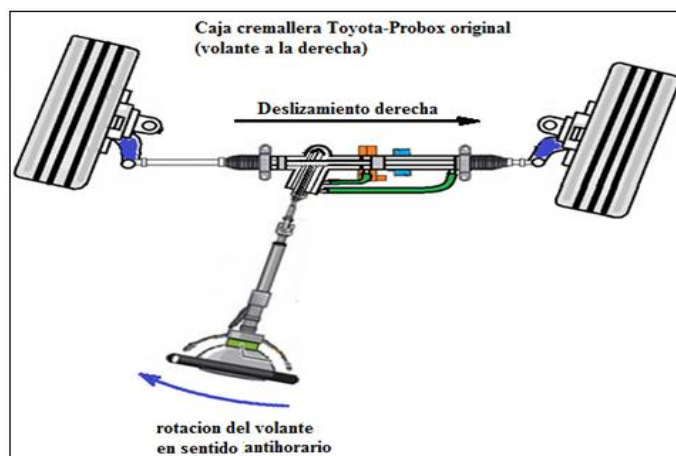


Figura 45. Sistema de dirección brazo de acoplamiento posterior

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que mientras se aplica un giro anti horario el volante, realiza un deslizamiento a la izquierda, contrario a las normas técnicas, por lo cual, se desarrollará una comparación previa de los tipos de caja cremallera.

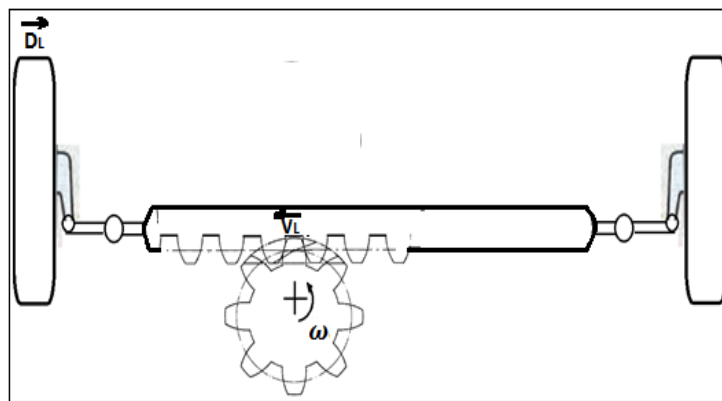


Figura 46. Diagrama cinemático, piñón en posición posterior

Fuente: Elaboración propia

En la figura 46, se muestra el diagrama cinemático de un sistema de dirección con brazo de acoplamiento posterior (donde se observa que el piñón acciona a la cremallera en posición posterior al mismo). En esta imagen, se observa que aplicando una fuerza en el volante con rotación anti horaria en el mismo, las ruedas directrices se deslizan hacia la izquierda.

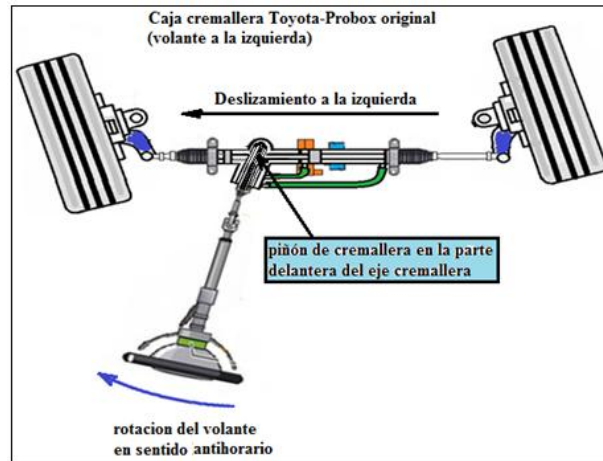


Figura 47. Sistema de dirección brazo de acoplamiento posterior (volante a la derecha)

Fuente: Elaboración propia

El diagrama cinemático del sistema de dirección es representado tal como se muestra en la figura 47.

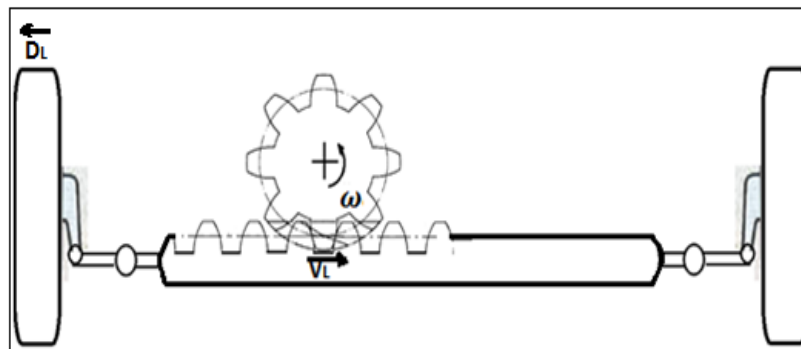


Figura 48. Sistema de dirección brazo de acoplamiento posterior

Fuente: Elaboración propia

Al comparar las figuras 46 y 48, se podrá observar que la diferencia entre ambas es, en la posición en la cual, tiene contacto el piñón o válvula de control con respecto a la cremallera, es decir, si la válvula de control acciona en la parte posterior al eje cremallera, los neumáticos se deslizarán a la derecha. Por el contrario, si esta acciona en la parte delantera al eje cremallera (con posición de timón a la izquierda), los neumáticos se deslizarán a la izquierda, siendo la diferencia principal la posición de accionamiento de la válvula de control (piñón), sobre el eje cremallera, estas diferencias de funcionamiento serán analizadas en los capítulos siguientes de la presente investigación.

Del estudio efectuado en este ítem se puede deducir, básicamente que la orientación de los neumáticos dependerán únicamente de la caja cremallera, el mismo que se analizará en su cinemática correspondiente, que es el objetivo de esta investigación, de acuerdo a los tipos de "bloques constituidos", obteniendo un diagrama del sistema cinemático como se aprecia en la figura 49.

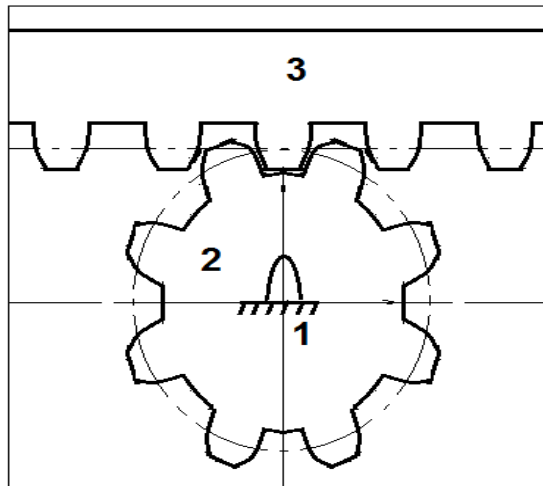


Figura 49. Engranaje entre rueda dentada y cremallera

Fuente: Elaboración propia

En la figura 49, los componentes representan:

- Apoyo o entrada independiente (1)
- Piñón de cremallera (2)
- Cremallera (3)

3.2. ANÁLISIS CINEMÁTICO DE DIRECCIÓN ASISTIDA DE CAJA CREMALLERA TOYOTA-PROBOX (BRAZO DE ACOPLAMIENTO DELANTERO) Y CAJA CREMALLERA TOYOTA-HIACE (BRAZO DE ACOPLAMIENTO POSTERIOR)

De acuerdo a la clasificación que se desarrolló en el marco tecnológico de esta investigación, el sistema de dirección en estudio

corresponde al tipo caja cremallera con paso de dientes invariable (hidráulico).

Para el desarrollo adecuado de esta investigación, se efectuará un análisis y descripción de las cajas cremalleras utilizadas en el área automotriz, donde se puede diferenciar distintas configuraciones en el sistema de dirección basados principalmente en la ubicación de los brazos de dirección, uno de ellos descrito en el ítem 3.1 de esta investigación (brazo de acoplamiento posterior).

Tomando en consideración las principales diferencias y características, se adoptará como clasificación dos tipos de cajas cremalleras las cuales se encuentran en el mercado, estas son:

- a) Caja cremallera para vehículos con brazo de acoplamiento delantero.
- b) Caja cremallera para vehículos con brazo de acoplamiento posterior.

3.2.1 Caja cremallera para vehículos con brazo de acoplamiento delantero

La estructura de construcción de este tipo de caja cremallera

asume como característica principal la posición del piñón de dirección, la misma que se encuentra ubicada en la parte posterior de la cremallera de dirección, esta misma configuración permite el funcionamiento normal del sistema de dirección para vehículos con brazo de acoplamiento delantero.

Las cajas cremalleras de mayor accesibilidad en el mercado (de origen japonés) con estas características son:

- Toyota Corolla
- Toyota Caldina
- Toyota Probox
- Nissan AD
- Hilux Surf
- Nissan Note
- Toyota Vitz.

Este tipo de caja cremallera es utilizado en vehículos que presentan brazo de acoplamiento delantero con respecto a la línea central formada por los ejes de dirección. Caja cremallera conruedas directrices, cuyo sistema de dirección se puede observar en la figura 50.

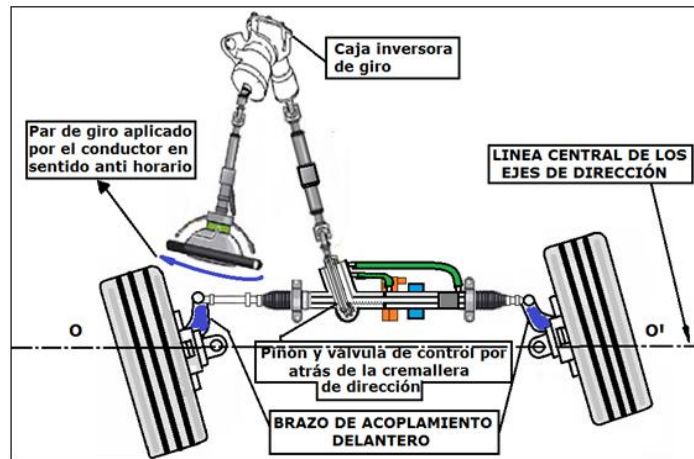


Figura 50. Sistema de dirección brazo de acoplamiento delantero

Fuente:Elaboración propia

El diagrama cinemático de la caja cremallera está representado, tal como se observa en la figura 46.

En el área automotriz existente en el mercado con este tipo de configuración del sistema de dirección, se puede mencionar los siguientes vehículos:

- Toyota Townace
- Nissan Caravan
- Toyota Hiace
- Nissan Terrano
- Nissan Atlas
- Mazda Bongo

De acuerdo a la figura 46, se determina que el tipo del mecanismo corresponde a un tipo de bloques constituidos. Para el análisis del rediseño se efectuará el siguiente examen.

Análisis cinemático de mecanismo caja cremallera

a) Diagrama esquemático del mecanismo

El diagrama del mecanismo de caja cremallera mostrado en la figura 50, es representado como se aprecia en la figura 51.

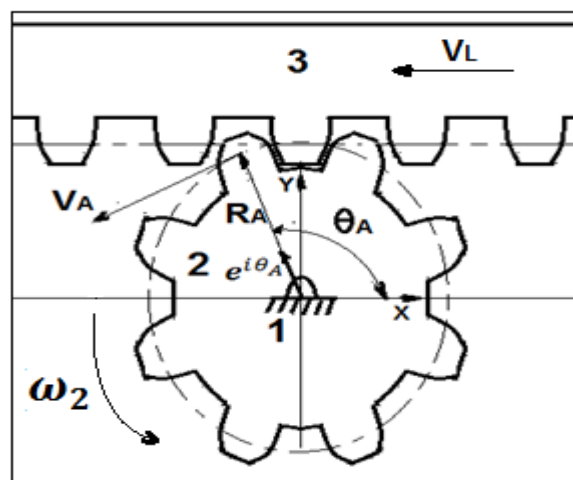


Figura 51. Diagrama cinemático caja cremallera

Fuente: Elaboración propia

b) Grados de libertad del mecanismo de caja cremallera

Aplicando la ecuación (1), descrita en el marco tecnológico, se obtiene los grados de libertad del mecanismo.

$$F = 3(n - 1) - 2(f_1) - 1(f_2)$$

Donde se tiene como datos:

$$n = 3$$

$$f_1 = 2$$

$$f_2 = 1$$

Reemplazando datos en la ecuación (1) se tiene:

$$F = 3(3 - 1) - 2(2) - 1(1)$$

$$F = 1 \quad (18)$$

De acuerdo al resultado de la fórmula 18, se determina que se requiere una entrada independiente para determinar la posición de los eslabones. En la figura 51, podemos observar que se cuenta con una entrada independiente, lo cual permite un análisis adecuado.

c) Análisis de velocidad del mecanismo

Para efectuar el análisis de velocidad del mecanismo se definirá, el vector de posición aplicando la ecuación (2).

$$\mathbf{R}_A = R_A e^{i\theta_A}$$

A su vez, la forma cartesiana está definida por la ecuación (3).

$$\mathbf{R}_A = (R_A)(\cos \theta_A) + i(R_A)(\sin \theta_A)$$

De manera semejante la velocidad está definida por la ecuación (5)

$$\mathbf{V}_A = (R_A)(\omega_2)(-\sin \theta_A + i \cos \theta_A)$$

Además en la figura 51, se observa que si la dirección de V_A está orientado a 90° , el resultado de la ecuación (5) quedará:

$$V_A = -(R_A)(\omega_2)(\sin \theta) \quad (19)$$

En la misma figura, también se aprecia que ω_2 posee una rotación anti horaria (cantidad positiva), entonces V_A ; estará determinado con un valor negativo (como se observa en la fórmula 19), en consecuencia el desplazamiento de V_A es hacia la izquierda, deslizamiento que toma la caja cremallera.

3.2.2 Caja cremallera para vehículos con brazo de acoplamiento posterior

De manera contraria a las cajas cremallera para vehículos de brazo de acoplamiento posterior, la estructura se diferencia en la

posición del piñón de dirección, la cual se ubica en la parte delantera con respecto a la cremallera de dirección; permitiendo esta configuración, un funcionamiento normal del sistema de dirección de los tipos de vehículos de brazo de acoplamiento posterior.

Las cajas cremalleras (origen japonés) de fácil acceso en el mercado con estas características son:

- Toyota Hiace
- Toyota Townace
- Toyota Litiace
- Nissan Terrano
- Mazda Bongo

Las cajas cremalleras con estas características son utilizadas en vehículos que presentan brazo de acoplamiento en posición posterior con respecto a la línea central formada por los ejes de dirección de las ruedas directrices, esta configuración se puede observar en la figura 52.

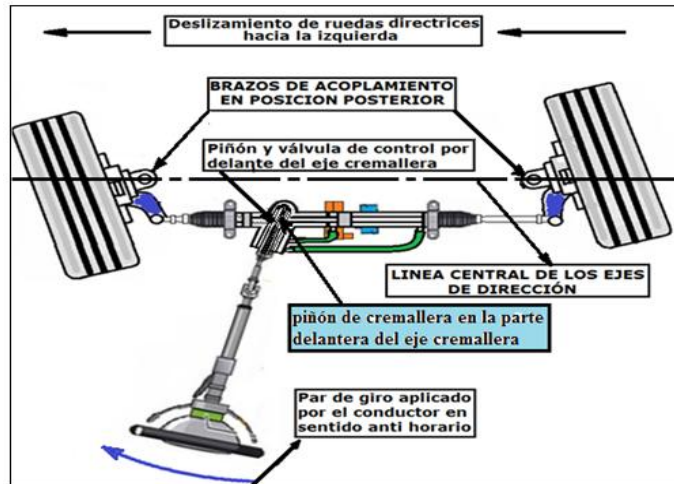


Figura 52. Sistema de dirección brazo de acoplamiento posterior (volante a la derecha)

Fuente:Elaboración propia

En el área automotriz, la configuración de sistema de dirección mostrada en la figura 50, es utilizada por la mayor cantidad de vehículos en el mercado local y automotriz, los mismos que son:

- Toyota Corolla
- Toyota Caldina
- Toyota Probox
- Nissan AD
- Hilux Surf
- Nissan Note
- Toyota Vitz

Debido a su gran demanda en el mercado, al realizar el requerimiento del tipo de caja cremallera para estos mismos, demanda un tiempo prolongado, lo que dificulta su reacondicionamiento. Para el presente estudio, se determina el siguiente análisis cinemático, donde el piñón acciona en forma delantera de la cremallera.

Análisis cinemático de mecanismo caja cremallera

a) Diagrama esquemático del mecanismo

El diagrama que representa el mecanismo de caja cremallera mostrado en la figura 52, es plasmada tal como se observa en la figura 53.

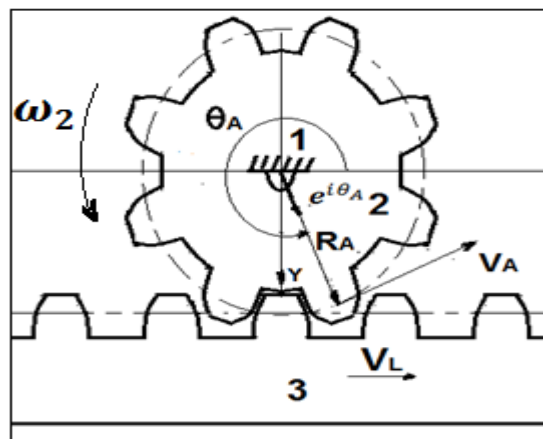


Figura 53. Diagrama cinemático caja cremallera, accionamiento posterior

Fuente: Elaboración propia

Donde principalmente se observa que el piñón acciona en la parte delantera a la cremallera.

b) Grados de libertad del mecanismo de caja cremallera

Aplicando la ecuación (1) tenemos:

$$F = 3(n - 1) - 2(f_1) - 1(f_2)$$

Donde se tiene como datos:

$$n = 3$$

$$f_1 = 2$$

$$f_2 = 1$$

Reemplazando datos en la ecuación (1) se tiene:

$$F = 3(3 - 1) - 2(2) - 1(1)$$

$$F = 1 \quad (20)$$

De acuerdo a (20) determinamos que se requiere una entrada independiente para definir la posición de los eslabones. En la figura 53, se observa que el mecanismo presenta una entrada, permitiendo de esta manera, un análisis cinemático adecuado.

c) Análisis de velocidad del mecanismo

Donde el vector de posición se define en forma polar:

$$\mathbf{R}_A = (R_A)(\cos \theta_A) + i(R_A)(\sin \theta_A)$$

De manera semejante la velocidad está definida por la ecuación (5)

$$\mathbf{V}_A = (R_A)(\omega_2)(-\sin \theta_A + i \cos \theta_A)$$

Además en la figura 53, se observa que la dirección está orientada a 270° el resultado de la ecuación (5) quedara:

$$V_A = -(R_A)(\omega_2)(\sin(270^\circ))$$

$$V_A = (R_A)(\omega_2) \quad (21)$$

En la figura 53, se observa que ω_2 posee una rotación antihoraria (cantidad positiva), entonces V_A ; estará determinado con un valor positivo (como se muestra en 21), en consecuencia el desplazamiento de V_A es hacia la derecha, deslizamiento que toma la cremallera, que finalmente es la requerida para la presente investigación.

3.3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE MODIFICACIÓN DE SENTIDO DE DESPLAZAMIENTO DE CAJA CREMALLERA MODELO TOYOTA-PROBOX

Tomando en consideración los distintos parámetros de construcción y disposición de los componentes de las cajas cremalleras definidas en la parte 3.2, se puede notar, que en ambas cajas cremalleras la diferencia de deslizamiento que presentan con respecto a la línea central de los ejes de dirección, es debido a la posición del piñón de dirección con respecto a la cremallera, conclusión que se obtiene previo análisis.

La caja cremallera en estudio es del tipo Toyota-Probox, el mismo que dentro de la clasificación establecida es del tipo “caja cremallera para vehículos con brazo de acoplamiento delantero”, lo que permite una dirección apropiada para vehículos con brazo de acoplamiento delantero como Toyota-Hiace y los establecidos en esta investigación.

Estableciendo una comparación entre ambas cajas cremalleras como muestra la figura 54, se puede notar que la diferencia de

rotación es como ya se analizó previamente, debido a la ubicación de la distribución que presenta el piñón de cremallera con respecto a esta. Por lo mencionado, se llega a la conclusión de que la alternativa de rediseño a la caja cremallera Toyota-Probox en sus características de construcción principales, se podría establecer con las siguientes innovaciones:

- Desarrollar una rotación adecuada del eje cremallera, de esta manera realizar la modificación principal que permita la inversión de giro.
- La rotación de este eje, dará origen a los rediseños requeridos para lograr la caja cremallera con sentido de desplazamiento invertido.
- Los cambios establecidos en la rotación de la cremallera, origina dentro de su construcción, principalmente un cambio de ángulo de inclinación de la válvula de control, el mismo que es aplicado a través de un análisis y criterios obtenidos bajo experiencia, por lo mismo que, para lograr la inclinación se dará una rotación a la válvula de control, efectuando procesos de mecanizado apropiados.
- Los análisis desarrollados anteriormente, define que para obtener una caja cremallera rediseñada para un vehículo con brazo de

acoplamiento posterior se efectuará distintos procesos de mecanizado y tratamiento térmicos, los mismos que se establecen en la presente investigación (figura 55).

- a. Rotación del eje cremallera
- b. Rotación de la válvula de control

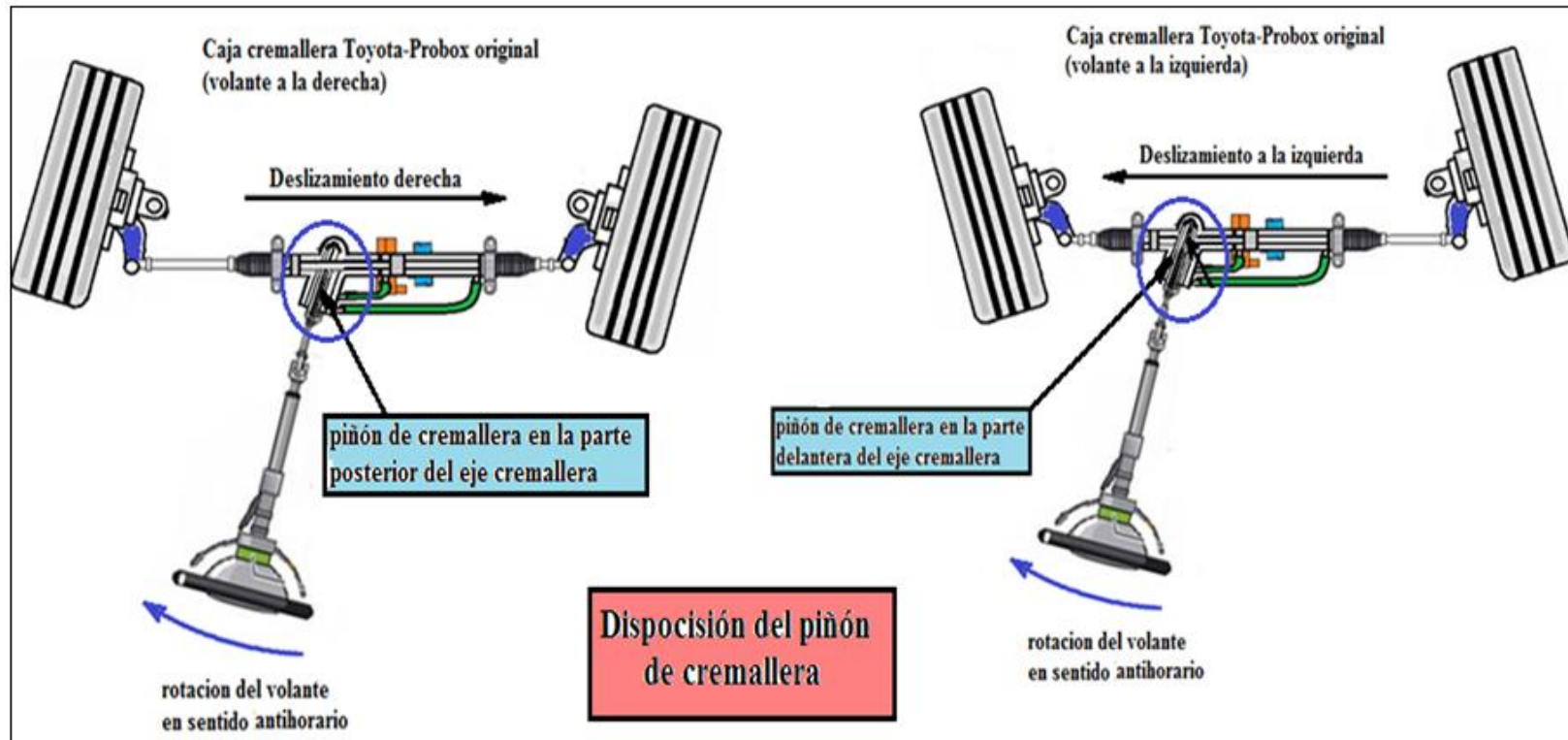


Figura 54. Comparación de funcionamiento de los tipos de caja cremallera según disposición del piñón

Fuente:Elaboración propia

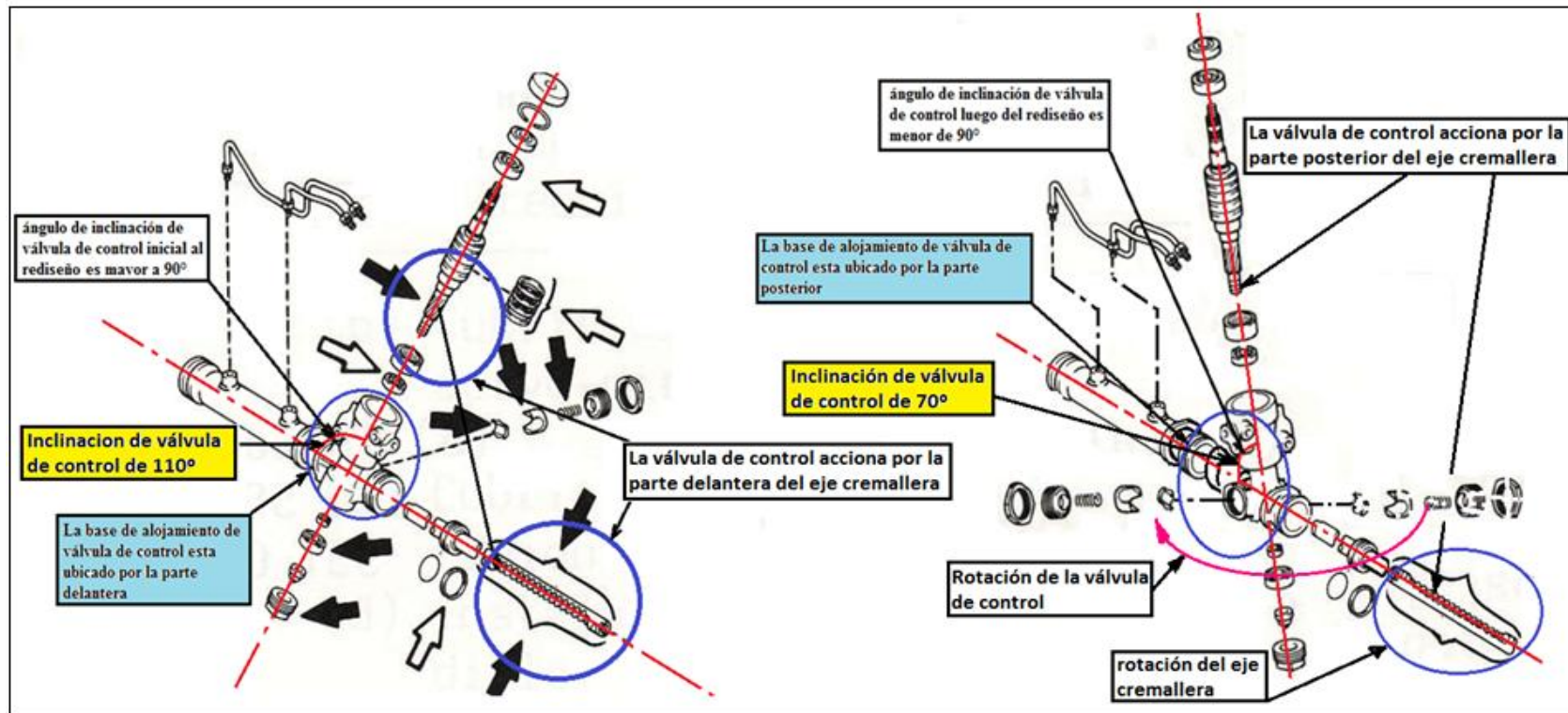


Figura 55. Comparación de funcionamiento de los tipos de caja cremallera según disposición del piñón

Fuente:Elaboración propia

3.4 DETERMINACIÓN DE TIPOS DE MECANIZADO Y TRATAMIENTOS TÉRMICOS ADECUADOS PARA MODIFICACIÓN DE SENTIDO DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE CAJA CREMALLERA

Los tipos de mecanizados y tratamientos térmicos que se aplicarán en el rediseño serán clasificados de acuerdo a los cambios a ejecutar en la caja cremallera.

3.4.1 Mecanizado y tratamientos térmicos para rotación del eje cremallera

Para el desarrollo de este proceso solo será necesario un cuidadoso desmontaje de la caja cremallera hidráulica (de acuerdo a normas y procesos de desmontaje establecido en los manuales). Una vez realizado el desmontaje se podrá efectuar la rotación de la válvula de control como se muestra en la figura 55. Este proceso es el más importante, ya que el mismo dará origen a la serie de rediseños requeridos para establecer la posición adecuada de la válvula de control.

3.4.2 Mecanizado y tratamientos térmicos para rotación de la válvula de control

La rotación de la válvula de control es el proceso que dará origen a la mayoría de los mecanizados y tratamientos térmicos en la investigación, los mismos que son de acuerdo al orden ejecución los siguientes:

3.4.2.1 Procesos de mecanizado de rediseño de válvula de control

- Corte por arco y cierre en válvula de control
- Roscado exterior de válvula de control
- Roscado exterior de la válvula de control
- Desbaste de unión soldada

3.4.2.2 Procesos de tratamientos térmicos del rediseño de válvula de control

- Soldadura de aluminio en uniones
- Soldadura oxiacetilénica

3.5 PRUEBAS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA

La prueba comúnmente efectuada de acuerdo al manual de fabricante está definida como:

a) Prueba de hermeticidad de aire

La prueba de hermeticidad de aire se realizará através de un banco de prueba el mismo que se muestra en la figura 56.

Esta prueba será efectuada através de un probador de vacío, como indica el manual:

Paso 1: instalar la c a la unión de la caja del cilindro

Paso 2: aplicar 400 mmHg (15,75 pulg, Hg, 53,3 KPa) de vacío por 30 segundos

Paso 3: comprobar que no haya cambio en el vacío.

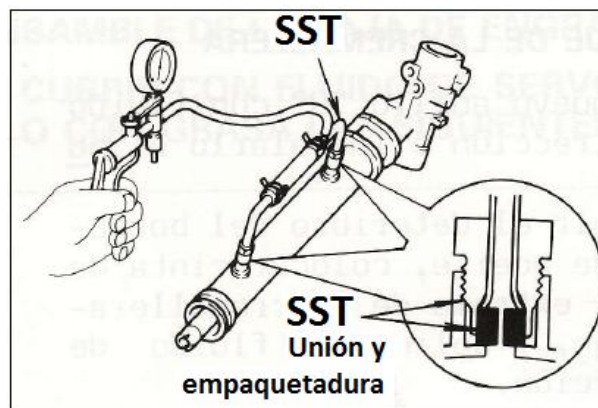


Figura 56. Prueba de hermeticidad en caja cremallera

Fuente: Toyota Service. Manual de entrenamiento

b) Prueba de funcionamiento de sistema de dirección

Este examen será efectuado a través de un banco de pruebas, para determinar el funcionamiento correcto del nuevo sistema de dirección rediseñado.

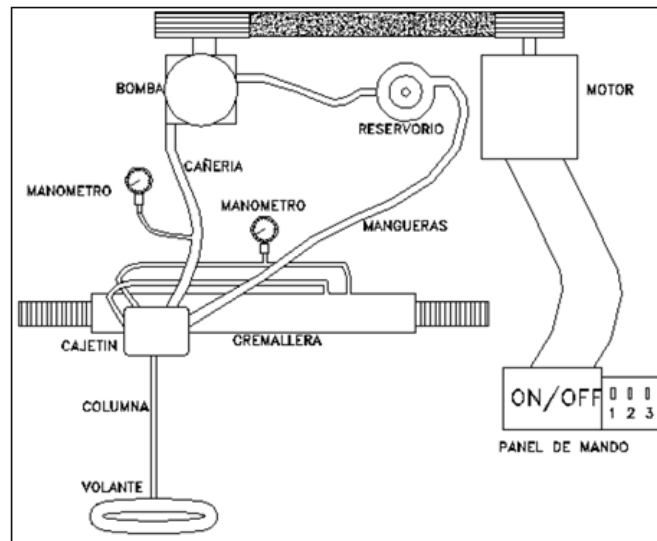


Figura 57. Prueba de funcionamiento de caja cremallera

Fuente: Pilamunga A. Edwin. Proyecto para la implementación de un banco de pruebas de la dirección hidráulica

CAPÍTULO IV

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE REDISEÑO

4.1. DEFINICIÓN DE UBICACIÓN DE CORTE DEL CUERPO DE VÁLVULA DE CONTROL Y ROSCADO EXTERIOR E INTERIOR

Para ejecutar este proceso se tomará en cuenta la distancia de roscado interior y exterior de los extremos de la válvula de control, ya que esto permitirá el acoplamiento posterior para lograr el rediseño de la caja cremallera. En la figura 58, se muestra las medidas a tomar para el efectuar el procedimiento de corte, en el cuerpo de válvula (aserrado determinado a 101 mm del extremo de cuerpo de válvula).

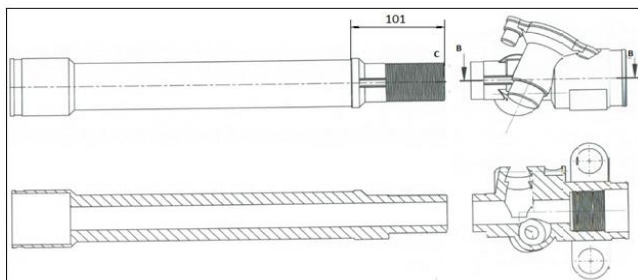


Figura 58. Distancia de corte por arco y sierra de cuerpo de válvula

Fuente:Elaboración propia

La distancia de proceso de corte por arco y sierra transversal en el cuerpo de la válvula se desarrolla tomando como referencia la línea central del piñón de accionamiento, con la finalidad de conservar la longitud de desplazamiento del eje cremallera como se muestra en la figura 59 (la distancia de corte por arco y sierra se tomará como referencia del extremo del cuerpo de válvula, según el modelo en investigación 52mm).

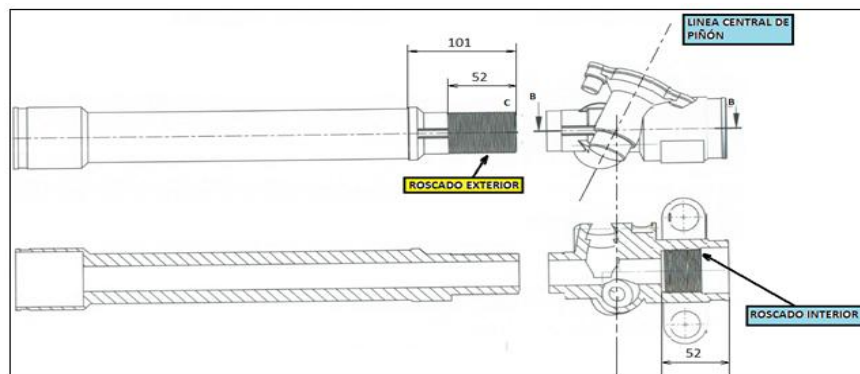


Figura 59. Distancia de corte por arco y sierra de válvula de control

Fuente:Elaboración propia

Una vez aserrado se procede a realizar el proceso roscado interior y exterior en el cuerpo de válvula para un paso 1,25. A una distancia de 60 mm este mismo roscado permitirá la sujeción del cuerpo de válvula, tal como se muestra en la figura 60.

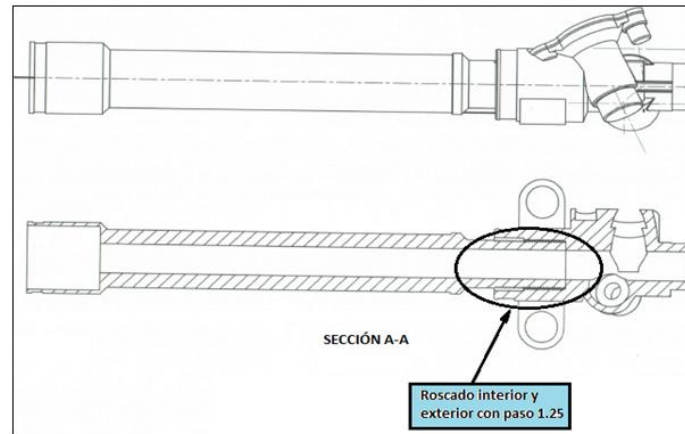


Figura 60. Sujeción de cuerpo de válvula a través de roscado interior y exterior

Fuente:Elaboración propia

En la figura 60, se puede observar el rediseño final del cuerpo de válvula de control, este mismo acoplado a través de la rosca interior y exterior, alcanzando de esta manera el rediseño de la caja cremallera para el modelo en la investigación.

4.2. DEFINICIÓN DEL ÁNGULO DE POSICIÓN EN REDISEÑO DE LA VÁLVULA DE CONTROL (PIÑÓN DE CREMALLERA) PARA CAJA CREMALLERA MODIFICADA

El ángulo de inclinación de la válvula de control (piñón) de la caja cremallera conservará el ángulo inicial antes de efectuar el rediseño.

El ángulo de inclinación de la válvula de control respecto a la línea de referencia X-X que se muestra en la figura 61 (caja cremallera original), cumple ciertas condiciones que permite el funcionamiento normal de la columna de dirección, siendo el principal elemento una junta cardan que permite una rotación sin presentar defectos de giro. En esta figura, se aprecia la posición la caja cremallera rediseñada, donde conserva la inclinación de la válvula de control, en este caso, la caja cremallera Toyota-Probox conserva el ángulo de inclinación, lo que no sucede si se emplea otros modelos de caja cremallera para este vehículo.

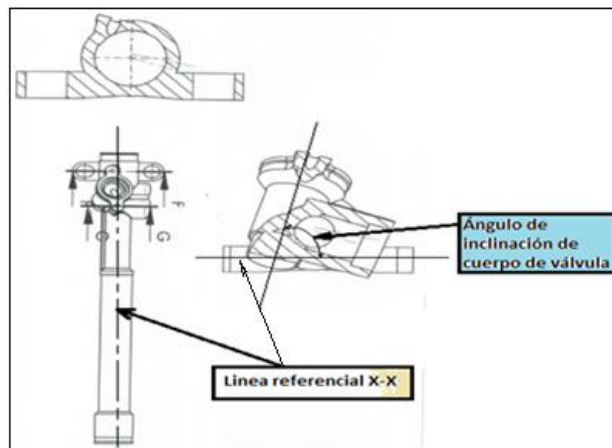


Figura 61. Ángulo de inclinación de cuerpo de válvula

Fuente:Elaboración propia

4.3 DEFINICIÓN DE ÁNGULO DE POSICIÓN DE EJE CREMALLERA

Una vez establecido el rediseño de posición de la caja

cremallera (válvula de control), el ángulo de giro de la cremallera se establecerá de acuerdo al accionamiento que se realizará sobre este mismo, a través de la válvula de control (piñón de accionamiento) como se muestra en la figura 62.

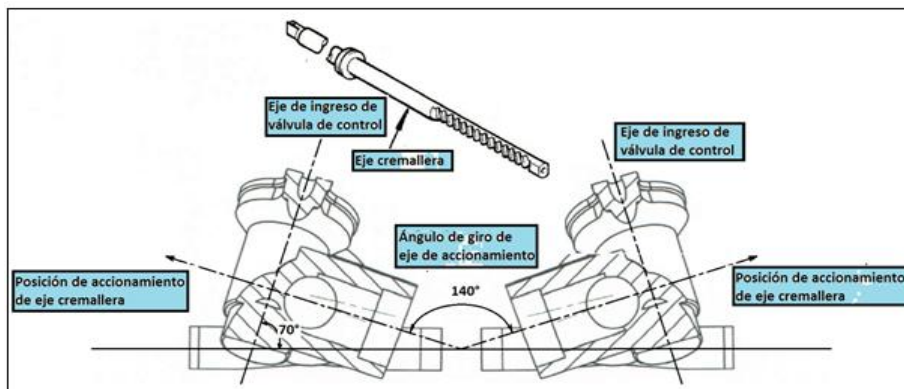


Figura 62. Ángulo de giro de eje cremallera

Fuente: Elaboración propia

En esta misma figura, se observa que a consecuencia de la rotación de la válvula de control el eje cremallera, realizará una rotación de 140° de su posición original, siendo este ángulo el que se tomará en el rediseño final.

4.4 DEFINICIÓN DE ELEMENTOS AUXILIARES Y COMPLEMENTARIOS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN REDISEÑADO

Al efectuar el procedimiento de reacondicionamiento de un

vehículo japonés, presenta múltiples variantes como reducción de brazos de dirección o uso de acoples, uso de juntas cardan, a consecuencia de emplear cajas cremalleras con diferentes características al original.

Al desarrollar el rediseño de la caja cremallera, no se presentará muchas variantes, por lo que se conserva la longitud del eje cremallera, los elementos auxiliares dependerán de la ubicación en la cual se establecerá la caja cremallera, a fin de no generar modificaciones en los elementos auxiliares se ubicarán en los mismos soportes de la caja cremallera original, con apoyo de abrazaderas, que permiten la fijación de la caja cremallera.

Los distintos tipos de cajas cremalleras ocasionan variaciones en la utilización de los elementos auxiliares. Las características principales que producen estas variantes son:

- Tamaño de cremallera de dirección
- Tamaño de bieletas de dirección
- Forma de las juntas cardan

El uso de los elementos auxiliares dependerá del tipo de caja

cremallera que se utilizará en el reacondicionamiento del sistema de dirección. Los elementos auxiliares a emplear debido a las características antes mencionadas son:

- Acoples de dirección
- Bieletas de dirección
- Juntas cardan

Tomando en cuenta los elementos auxiliares, la utilización de estos mismos dependerá de la ubicación y adicionalmente de la longitud de la caja cremallera de dirección a adaptar.

En la presente investigación, debido a la utilización de la misma caja cremallera, las modificaciones no alteran la longitud de la cremallera de dirección, lo que permitirá el uso original de los elementos auxiliares y complementarios, ya que se conserva el mismo modelo de caja cremallera del sistema dirección.

CAPÍTULO V

REDISEÑO Y ANÁLISIS DE OPERACIONES

5.1 OPERACIÓN DE SOLDADURA DE ALUMINIO EN CAJA CREMALLERA MODIFICADA

El aluminio y sus aleaciones pueden ser soldadas mediante oxiacetilénico (figura 63), la mayor ventaja del soldeo oxiacetilénico es la simplicidad del equipo de soldeo, el soldeo oxigas se suele aplicar a piezas de espesores comprendidos entre 0,7 y 25mm. En el caso del área de la zona a soldar de la unión de la caja cremallera (parte mecánica de la cremallera con la base de la zona hidráulica) se aplicará este tipo de soldadura, con la finalidad de permitir una fijación a la válvula de control, y también para que no presente rotación alguna durante el ensamblaje.

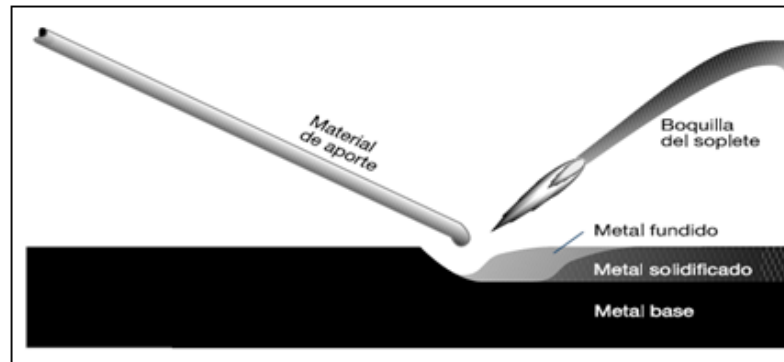


Figura 63. Proceso de soldadura oxiacetilénico

Fuente:Elaboración propia

Para este tipo de soldadura es necesario seleccionar los materiales y/o insumos a utilizar, para garantizar la calidad de la misma, estas son:

a. Combustible

Como combustible se recomienda el acetileno con llama neutra, aunque a veces una llama ligeramente carburante (con exceso de acetileno) da buenos resultados pues permite reducir la formación de óxidos.

b. Fundente

Para retirar la capa superficial de óxido de aluminio es imprescindible el empleo de un fundente, que suele obtenerse en polvo o mezclado con agua formando una pasta. La varilla de metal de aportación se recubrirá uniformemente con el fundente,

introduciendo la varilla en este o pintándola ligeramente, igualmente se deberán recubrir las superficies a unir del metal base.

Después del soldeo se debe eliminar completamente cualquier residuo de fundente, para ello, se introducen las piezas pequeñas en baños que contienen pequeñas cantidades de ciertos ácidos (nitríco o sulfúrico) y, posteriormente, se lavan con agua caliente o fría. También se pueden limpiar las piezas con vapor, especialmente las que por su tamaño o localización no pueden ser introducidas en un baño.

c. Geometría de la unión

Cuando las piezas tengan espesores mayores de 5 mm se realizarán chaflanes en V simple, que se emplearán hasta espesores de 12mm. No se recomienda la utilización de placas de respaldo permanente ni tampoco las uniones a solape, ya que el fundente se puede quedar atrapado y provocar la corrosión del metal base. Para soldar la unión de la cremallera, la zona a aplicar la soldadura se efectuará en V.

d. Técnica de soldeo

Será necesario realizar un precalentamiento cuando el espesor de la pieza sea elevado; para realizar el soldeo, inicialmente se

mueve circularmente la llama para calentar ambos bordes de la unión, la llama se mantiene sobre el lugar donde se va a comenzar el soldeo hasta que forme el baño de fusión, donde se introducirá la varilla de metal de aportación y se avanzará por la unión utilizando una técnica hacia delante y oscilando la llama para fundir ambos lados del chaflán; el cono de la llama se mantendrá a una distancia de 1,5 a 6 mm del baño de fusión.

La aplicación de la técnica adecuada del proceso de soldadura nos permitirá la obtención de la zona soldada de la caja cremallera rediseñada como se muestra en la figura 64.

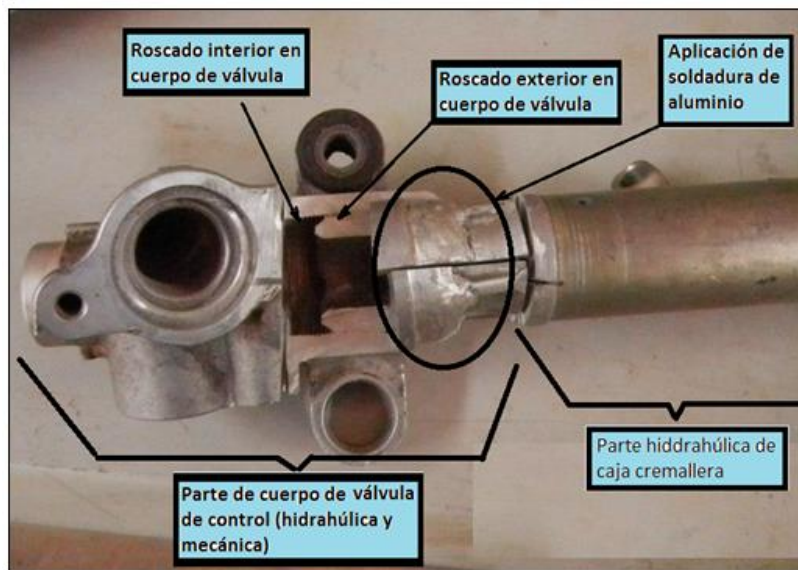


Figura 64. Aplicación de soldadura en caja rediseñada.

Fuente: Elaboración propia

e. Análisis de cargas actuantes en caja cremallera rediseñada

La cremallera sometida a rediseño está sujeta a diferentes cargas actuantes, producto de la función que cumple en el vehículo, para un análisis de estas cargas se consideran los procedimientos efectuados en la caja cremallera que influyen en la misma, asimismo, los diferentes tipos de cargas actuantes, los cuales determinaremos atravésde la observación de la figura 65.

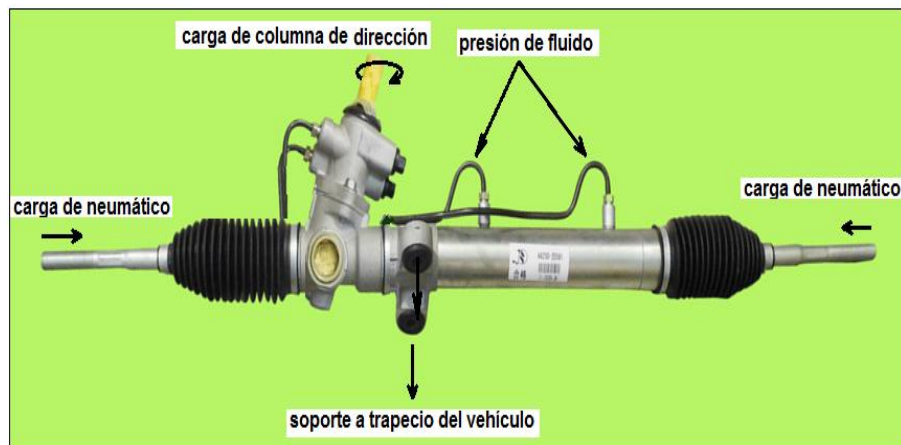


Figura 65. Cargas o fuerzas actuantes en caja cremallera rediseñada

Fuente:Elaboración propia

Las cargas actuantes efectúan una reacción en la unión soldada, las cargas o fuerzas se producen en el funcionamiento de la caja cremallera, siendo su diagrama de cuerpo libre como se muestra en la figura 66.

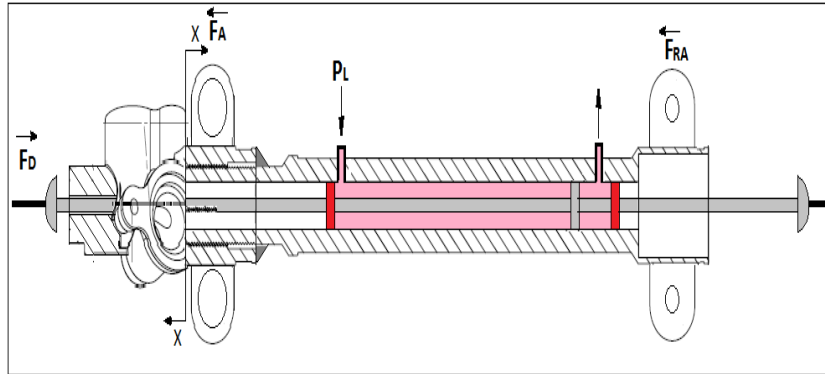


Figura 66. Diagrama de cuerpo libre (cargas actuantes en caja cremallera)

Fuente:Elaboración propia

Donde, F_v , F_{PL} , F_{ND} , F_{NI} , F_{RA} , son las cargas que intervienen directamente a la unión soldada de la caja cremallera, En la figura 66, se verifica que la caja cremallera está sometida a diferentes fuerzas, producto de los agentes externos propios del funcionamiento de la caja cremallera como externos, los cuales influyen directamente en la unión soldada, asimismo, en las uniones con tornillo, con el objetivo de asegurar la garantía de la caja cremallera se procede a un análisis de las cargas o fuerzas que actúan en la misma:

Fuerzas que soportan unión atornillada:

En la figura 66, se observan las fuerzas que actúan sobre la caja cremallera, para el análisis correspondiente se tomará la fuerza resultante del sistema de montaje en la caja cremallera.

$$F_R = F_v + F_{PL} - (F_{ND} + F_{NI} + F_{RA}) \quad (22)$$

Donde:

F_R : fuerza resultante

F_v : fuerza de accionamiento de volante

F_{PL} : fuerza debido a la presión de ATF

F_{ND} : fuerza de neumático derecho

F_{NI} : fuerza de neumático izquierdo

F_{RA} : fuerza de rozamiento de abrazadera sobre cremallera

a. Cálculo de fuerza de volante (F_v)

La fuerza de accionamiento dependerá del accionamiento del conductor, para el análisis correspondiente se considera una carga de 200 N, que es un valor nominal en un accionamiento máximo.

$$F_v = 200 \text{ N} \quad (23)$$

b. Cálculo de fuerza de neumáticos (F_{ND}, F_{NI})

La fuerza actuante en el neumático se tomará en el vehículo en marcha considerando una trayectoria de curva, debido que en ese tramo se presenta la mayor fuerza de los neumáticos, para lo cual, aplicaremos la ecuación(24)

$$F_{Ni} = m \frac{v^2}{r} \quad (24)$$

Donde:

m = masa del vehículo

V = velocidad del vehículo

r = radio de la curva

De acuerdo a la tabla 1 del Anexo D, para una curva de radio 210 m se tomara una velocidad de 60 km/h (16,7 m/s), reemplazando en la ecuación (24) tenemos.

$$F_{Ni} = m \frac{v^2}{r} = 1030 \text{ kg} \frac{(16,7 \text{ m})^2}{(210 \text{ m})}, \text{ resolviendo}$$

$$F_{Ni} = 1367,89 \text{ N} \quad (25)$$

c. Cálculo de fuerza debido a la presión de ATF (F_{PL})

La fuerza se determina a través de la presión que ejerce la bomba hidráulica sobre la cremallera, de acuerdo al manual $P_L = 6374 \text{ Kpa}$ (6374000 Pa), aplicando la ley de Pascal tenemos:

$$P_L = \frac{F_{PL}}{A_L} \quad (26)$$

Donde:

P_L = presión de ATF en cremallera

A_L = área de pistón de cremallera.

El diámetro del pistón presenta una medida de 38 mm (0,038 m), reemplazando en la ecuación de área.

$$A_L = (\pi) \frac{(\phi)^2}{4} \quad (27)$$

Reemplazando el valor del diámetro, el pistón de la cremallera presenta un área de:

$$A_L = (\pi) \frac{(0,038 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_L = 0,0011336 \text{ m}^2 \quad (28)$$

Reemplazando datos en la ecuación (26)

$$F_{PL} = (P_L)(A_L) = (6374000 \text{ Pa})(0,0011336 \text{ m}^2)$$

$$F_{PL} = 7225,56 \text{ N} \quad (29)$$

d. Cálculo de fuerza de rozamiento de abrazadera sobre cremallera(F_{RA})

$$F_{RA} = (\mu_K)(N) \quad (30)$$

Donde:

μ_K = coeficiente de rozamiento

N = fuerza normal

Además:

$$N = (m_c)(g) \quad (31)$$

Donde:

m_c = masa de cremallera

g= gravedad (9,81 m/s²)

La masa de cremallera será la efectiva sobre los apoyos, debido a que el cuerpo de válvula de control se ubica en el extremo del soporte de base de cremallera. Teniendo en cuenta lo anterior la masa de cremallera para efectuar el análisis será:

$$m_{ct} = m_{total} - m_{válvula} \quad (32)$$

Donde:

m_{ct} = masa de cremallera (sobre abrazadera de apoyo)

m_{total} = masa total de caja cremallera

$m_{válvula}$ = masa de cuerpo de válvula de cremallera

m_{ct} = 4,5 Kg

$$m_{\text{valvula}} = 1,7 \text{ kg}$$

Reemplazando datos en ecuación (32)

$$m_{\text{ct}} = 4,5 \text{ kg} - 1,7 \text{ kg} = 2,8 \text{ Kg} \quad (33)$$

m_{ct} , representa la masa total de la cremallera que actua sobre los apoyos, la masa efectiva sobre la abrazadera de apoyo representa la mitad de la masa total, por lo tanto:

$$m_c = 1,4 \text{ Kg} \quad (34)$$

Reemplazando datos en (34) en (31)

$$N = (1,4 \text{ Kg})(9,81 \text{ m/s}^2) = 13,734 \text{ N} \quad (35)$$

Reemplazando (34) en (29), la F_{RA} será, además $\mu_K = 0,50$ (ver tabla 1, Anexo E)

$$F_{\text{RA}} = (\mu_K)(N) = (0,50)(13,734 \text{ N})$$

$$F_{\text{RA}} = 6,865 \text{ N} \quad (36)$$

Reemplazando (23), (25), (29) y (36) en la ecuación (22) se tiene la fuerza resultante determinada en el sistema de caja cremallera.

$$F_R = F_v + F_{PL} - (F_{ND} + F_{NI} + F_{RA})$$

$$F_R = 200 \text{ N} + 7225,56 \text{ N} - (1367,89 \text{ N} + 1367,89 \text{ N} + 6,865 \text{ N})$$

$$F_R = 4682,92 \text{ N} \quad (37)$$

Esta fuerza representa la potencia que actúa sobre la línea de acción de la cremallera, así mismo en el cordón de soldadura que se analizará respectivamente en la investigación.

Cálculo de tornillo a emplear en unión de base de cremallera:

Por la ecuación (9) se tiene:

$$F_S = \frac{W}{n}$$

Donde:

$$W = 4682,92 \text{ N}$$

$$n = 2$$

Reemplazando en la ecuación (9)

$$F_S = \frac{4682,92 \text{ N}}{2} = 2341,46 \text{ N} = 526,38 \text{ lb}$$

$$F_S = 526,38 \text{ lb} \quad (38)$$

Además la fuerza de tracción en el perno está definida por la ecuación (12).

$F_j \geq F_t + \frac{F_s}{\mu}$, donde $F_t = 0, y \mu = 0,25$ (toma el valor entre 0,2 a 0,35)

$$F_j \geq \frac{526,38 \text{ lb}}{0,25} = 2109,42 \text{ lb} \quad (39)$$

Además en la ecuación (13)

$$\frac{F_j}{A_s} \leq (0,8)(S_y) \rightarrow A_s \geq \frac{F_j}{(0,8)(S_y)} = \frac{2109,42 \text{ lb}}{(0,8)(60000 \text{ psi})} = 0,0439 \text{ pulg}^2$$

$$A_s \geq 0,0439 \text{ pulg}^2 \rightarrow A_s \geq 28,323 \text{ mm}^2 \quad (40)$$

En la tabla 1 del anexo F, tenemos:

Tabla I. Área de aplicación

| A_s (mm ²) | Medida de perno |
|--------------------------|-----------------|
| 19,84 | M6 |
| 36,13 | M8 |
| 57,26 | M10 |

Fuente: Alva Dávila, Fortunato, Diseño de elementos de máquinas I

De acuerdo al resultado en (40), A_s tiene que ser mayor a 28,323 mm², el tornillo con rosca M8, permitirá un trabajo con rango de sobredimensionamiento, los tornillos empleados en la sujeción de la caja cremallera, son de medida M10 x 1,00, lo cual permite resistencia adecuada al tipo de trabajo sometido.

Cálculo en unión soldada:

Las reacciones que ejerce el cordón de soldadura sobre la válvula de control dependerán de la orientación de la fuerza resultante en la caja cremallera, así mismo en el análisis respectivo de las cargas sobre el cordón se tiene:

- Fuerzas actuantes con giro de válvula de control en sentido horario: En la figura 66, se observa que en el sentido horario de la válvula de control, las cargas que actúan sobre el cordón de soldadura provienen del extremo de la caja cremallera; concentrando la fuerza resultante sobre los pernos de sujeción. Para el análisis respectivo consideramos en el cálculo F_{RA} , como única fuerza que actúa sobre el cordón de soldadura.
- Fuerzas actuantes con giro de válvula de control en sentido anti horario: de manera semejante en la misma figura, se observa que cuando la válvula de control tiene una rotación anti horaria, se produce que la F_{RA} total, actúa sobre el cordón de soldadura.

De acuerdo al resultado de las fuerzas que actúan sobre el cordón de soldadura, se determinará la fuerza máxima que el cordón de soldadura de aluminio podrá soportar.

Cálculo de fuerza máxima permisible en la unión soldada

En la figura 66, se observa que la unión soldada corresponde al tipo de unión traslapada con cargas concéntricas; aplicando la ecuación (6) para determinar la carga máxima permisible en la unión soldada se tiene:

$$P = (S_s)(t)(\cos(45^\circ))(L)$$

Además para el cordón de soldadura se tiene (usando una varilla de aluminio ER – 4043 de acuerdo a AWS)

$$S_s = 14200 \text{ lib/pulg}^2 \text{ (tabla 5, anexo C)}$$

$$t = 0,008 \text{ m} \approx 0,3149 \text{ pulg}$$

$$L = 0,126 \text{ m} \approx 4,961 \text{ pulg}$$

Reemplazando datos en la ecuación 6:

$$P = (14200 \text{ lib/pulg}^2)(0,3149 \text{ pulg})(\cos(45^\circ))(4,961 \text{ pulg})$$

$$P = 15686,11 \text{ lb} \quad (41)$$

Finalmente el resultado de P en (41), muestra que la unión soldada puede soportar una fuerza o cargade 15686,11 lb.

Las cargas actuantes en la unión soldada, así mismo, la carga máxima que puede soportar la unión soldada, se observa en la tabla II, donde se efectúa la comparación correspondiente.

Tabla II. Cargas actuantes en unión soldada de caja cremallera

| Denominación de fuerza o carga | Fuerza actuante (lb) |
|---|-----------------------------|
| Fuerza resultante (giro de válvula de control en sentido horario) | 0,00099 |
| Fuerza resultante (giro de cremallera en sentido anti horario) | 0,6792 |
| Carga permisible de unión soldada | 15686,11 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla II, se puede apreciar que la fuerza permisible de la unión soldada, supera a las fuerzas producidas por los agentes externos sobre la caja cremallera, lo cual permite garantizar que la unión brinde garantía al sistema de dirección rediseñado cuando este se encuentre en funcionamiento.

5.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO MEDIANTE SEM-EDX

El análisis cuantitativo de elementos químicos, de la aleación

de aluminio se realizará mediante el microscopio electrónico de barrido (MEB) y micro analizador por R-X (EDX), lo cual se preparó en el Laboratorio de Metalurgia de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Metalúrgica de la UNJBG y el análisis cuantitativo mediante MEB-EDX, que se efectuó en el Instituto de Altos Estudios de Investigación de la Universidad de Tarapacá en Arica Chile. (preparado de la zona fundida que se muestra en la figura 67).

5.2.1 Observación macroscópica:

De acuerdo a la figura 67, en el cordón de soldadura se puede identificar las siguientes zonas.

ZF = zona fundida (cordón de soldadura)

MB1 = metal base 1 (zona de metal original cercana al cordón de soldadura)

MB2 = metal base 2 (zona sobrecalentada)

MB3 = metal base 3 (zona de metal original bien alejado del cordón de soldadura)

Estas mismas serán sometidas a los ensayos de análisis cuantitativo mediante SEM-EDX.

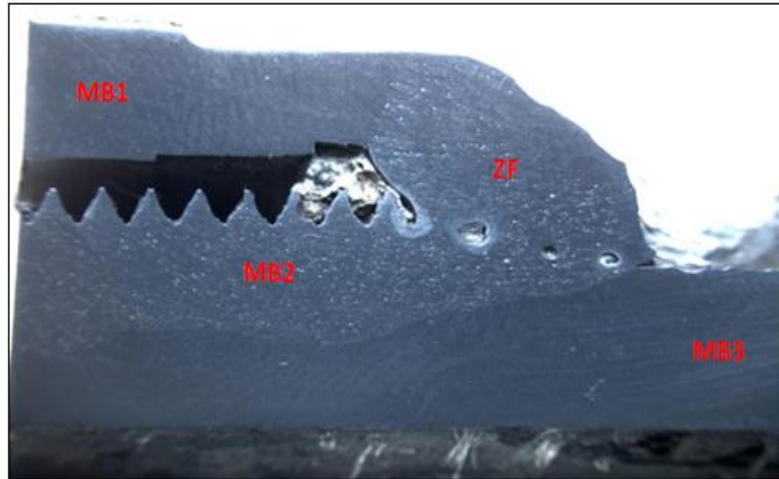


Figura 67. Observación con ataque químico de zona aplicando soldadura

Fuente: Laboratorio de Metalurgia de la UNJBG.

5.2.2 Imagen y microanálisis de la zona fundida

a) Imagen MEB de la zona fundida (ZF)

En la figura 68, se muestra la Imagen SEM a 205x de la zona fundida (aumentado 205 veces).

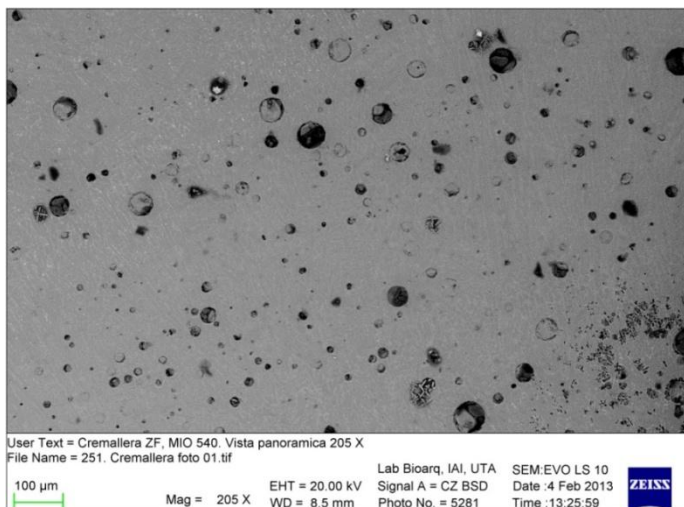


Figura 68. Observación con ataque químico de ZF

Fuente: Laboratorio de Metalurgia de la UNJBG.

Se aprecia una matriz de aleación Al-Si con fase Al(Si) áreas gris claro y eutéctico Al-Si, pequeñas áreas blancas, abundante huecos o microporos por la absorción de oxígeno durante el soldeo.

b) Microanálisis MEB-EDX de la zona fundida (ZF)

El microanálisis del área que muestra la imagen SEM nos reporta la presencia de aluminio con pequeño contenido de silicio y cobre, tratándose, por lo tanto, de aluminio casi puro, con pequeña cantidad de eutéctico Al-Si. El alto contenido de oxígeno absorbido del aire durante la operación de soldeo, que en la imagen se evidencia por la abundante cantidad de microporos, lo cual, evidentemente debilita al material en dicha zona.

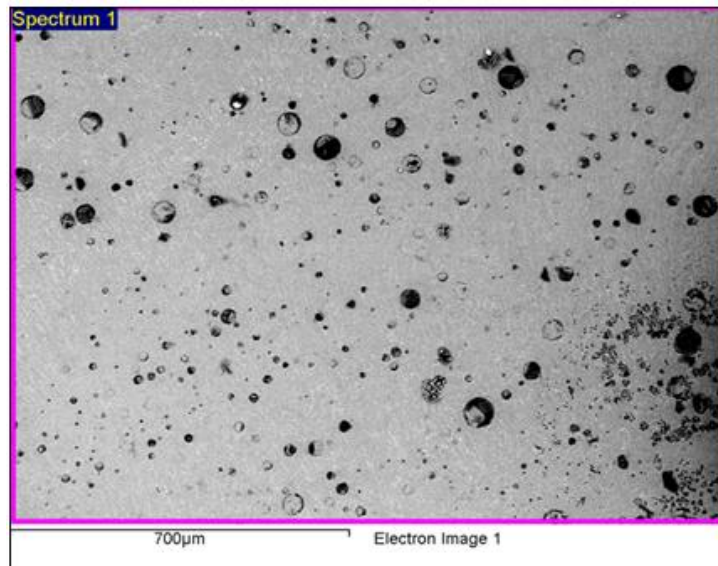


Figura 69. Imagen de la zona fundida analizada con MEB-EDX (ZF)

Fuente: Laboratorio de Metalurgia de la UNJBG.

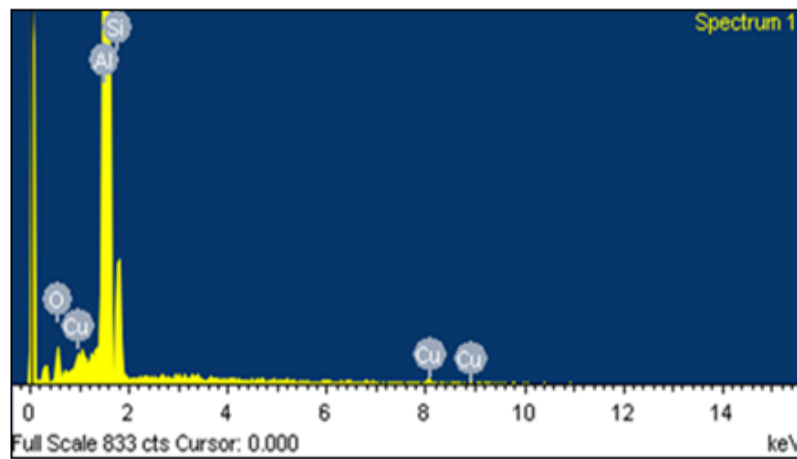


Figura 70. Espectro de análisis con MEB-EDX de la zona fundida (ZF)

Fuente: Laboratorio de Metalurgia de la UNJBG.

**Tabla III. Análisis de elementos químicos
en la zona fundida**

| Elemento | % En peso | % Atómico |
|--------------|---------------|-----------|
| Al | 48,94 | 37,06 |
| Si | 3,22 | 2,34 |
| Cu | 0,51 | 0,16 |
| O | 47,33 | 60,44 |
| Total | 100,00 | |

Fuente: Laboratorio de Metalurgia de la UNJBG.

5.2.3 Imagen y microanálisis de metal base 1

a) Imagen MEB de metal base 1

En la figura 71, se observa una imagen SEM a 1010x, donde se aprecia una matriz (área más abundante) de fase Al(Si), color gris oscuro, eutéctico Al-Si área gris claro-blancas como mallas y fase Al(Cu) áreas blancas continuas.

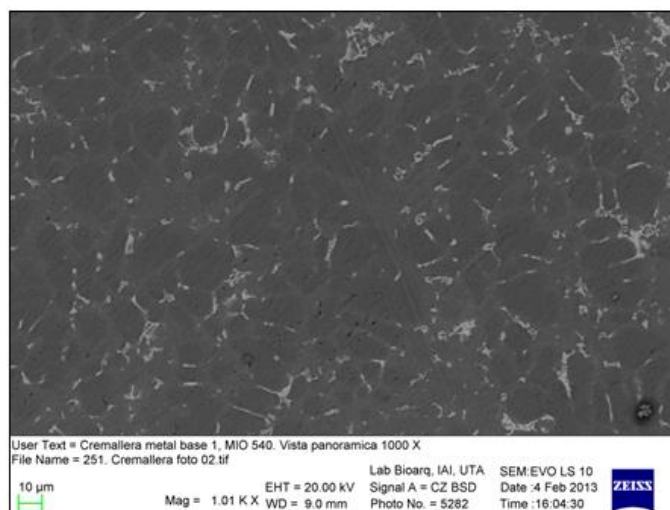


Figura 71. Imagen MEB de metal base 1

Fuente: Laboratorio de Metalurgia de la UNJBG.

b) Microanálisis MEB-EDX de metal base 1

Por los elementos presentes en la muestra y la imagen SEM de la figura 72, se deduce que se trata de una aleación Al-Si, con contenidos bajos de Fe y Cu, que se encuentran como impurezas.

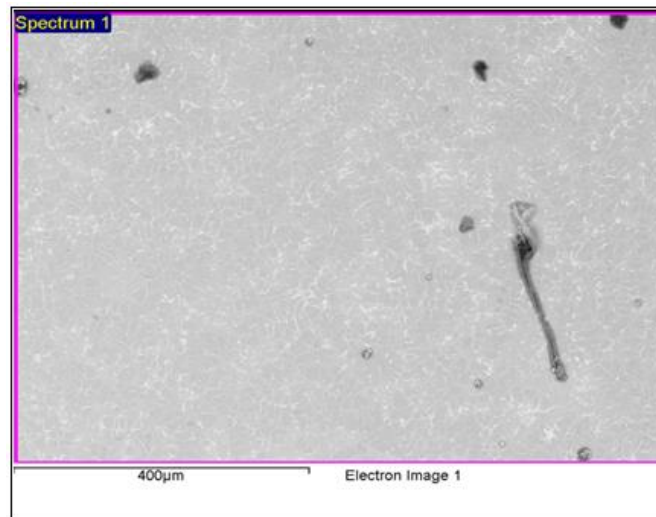


Figura 72. Imagen de metal base 1 analizada con MEB-EDX
Fuente: Laboratorio de Metalurgia de la UNJBG.

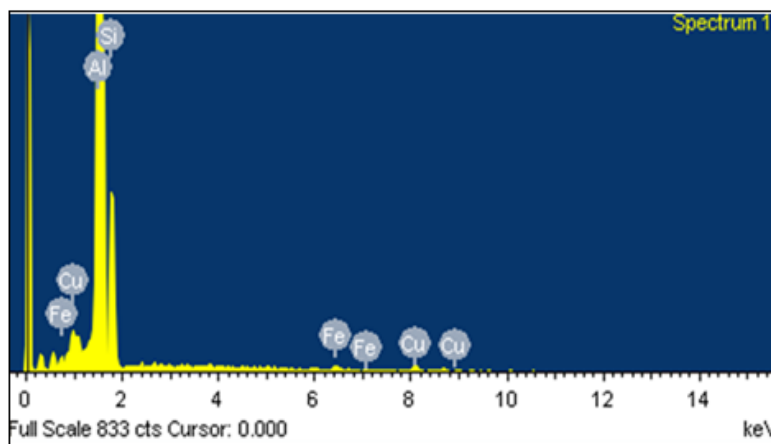


Figura 73. Espectro de análisis con MEB-EDX de metal base 1
Fuente: Laboratorio de Metalurgia de la UNJBG.

Tabla IV. Análisis de elementos químicos del metal base 1

| Elemento | % En peso | % Atómico |
|--------------|---------------|-----------|
| Al | 83,78 | 85,37 |
| Si | 13,86 | 13,57 |
| Cu | 0,73 | 0,36 |
| O | 1,62 | 0,70 |
| Total | 100,00 | |

Fuente: Laboratorio de Metalurgia de la UNJBG.

c) Microanálisis MEB-EDX puntual de metal base 1

Microanálisis sobre la imagen del eutéctico Al-Si nos reporta una composición muy cercana a la composición teórica del eutéctico Al-Si (87,4 % Al, 12,6 % Si), lo que nos confirma que se trata de una aleación Al-Si con presencia de Fe y Cu. La presencia de microporos en el material circundante al cordón de soldadura hace suponer que el sobrecalentamiento de la zona hace que el oxígeno del aire se difunda dentro de la aleación.

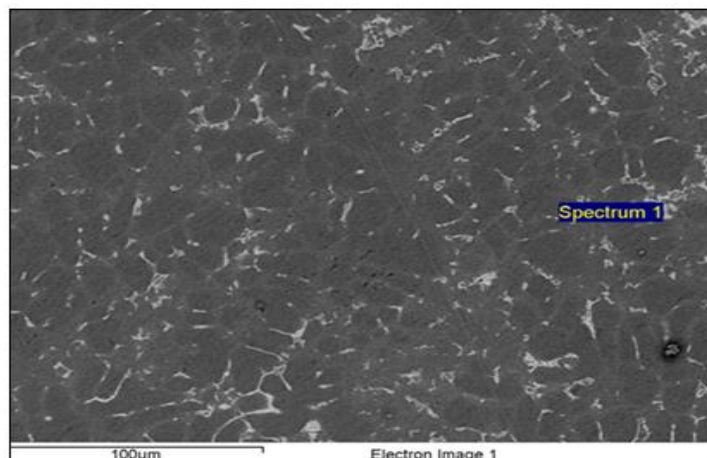


Figura 74. Imagen de metal base 1 con análisis puntual MEB-EDX

Fuente: Laboratorio de Metalurgia de la UNJBG.

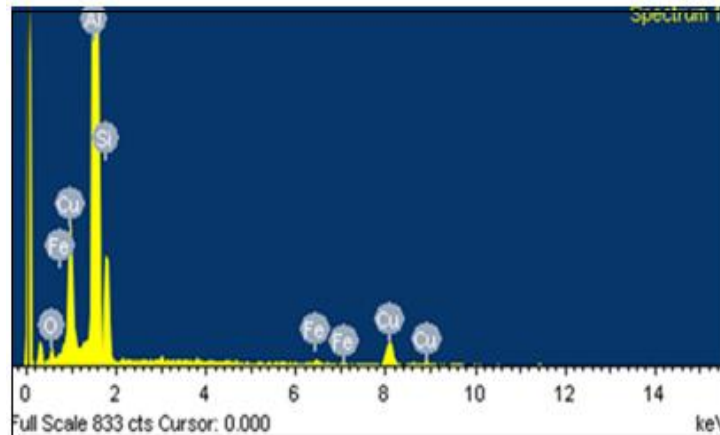


Figura 75. Espectro de análisis puntual MEB-EDX de metal base 1

Fuente: Laboratorio de Metalurgia de la UNJBG.

Tabla V. Análisis puntual de elementos químicos de metal base 1

| Elemento | % En peso | % Atómico |
|--------------|---------------|-----------|
| O | 3,07 | 5,39 |
| Al | 76,64 | 79,96 |
| Si | 10,03 | 10,05 |
| Fe | 0,72 | 0,36 |
| Cu | 9,54 | 4,23 |
| Total | 100,00 | |

Fuente: Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

5.2.4 Imagen y microanálisis de metal base 2

a) Imagen MEB de metal base 2

En la Imagen SEM a 203x del metal base 2, se aprecia una fase Al(Si) áreas gris claro y eutéctico Al-Si, pequeñas áreas blancas. Los microporos evidencian la absorción de oxígeno durante el soldeo.

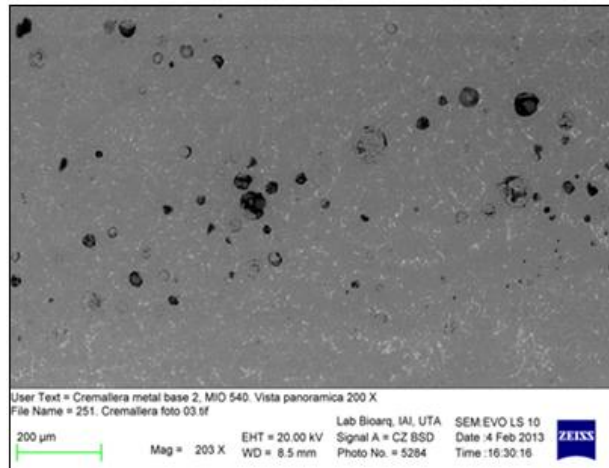


Figura 76. Observación con ataque químico

Fuente: Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

b) Microanálisis MEB-EDX de metal base 2

En la tabla VI, de acuerdo al contenido de Al y Si confirma que la aleación de la cremallera hidráulica se trata de una aleación de Al-Si con presencia de Cu para mejorar las propiedades.

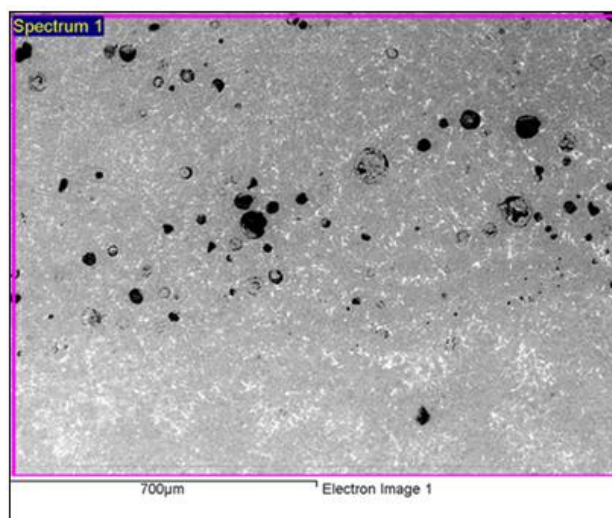


Figura 77. Imagen de metal base 2 analizada con MEB-EDX

Fuente: Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

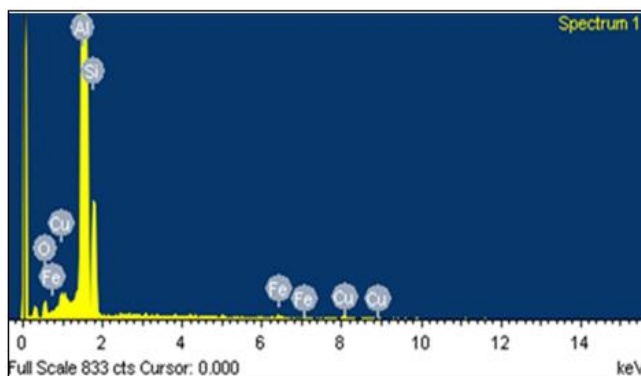


Figura 78. Espectro de análisis MEB-EDX de metal base 2

Fuente: Laboratorio de Metalurgia de la UNJBG.

Tabla VI. Análisis de elementos químicos de metal base 2

| Elemento | % En peso | % Atómico |
|--------------|---------------|-----------|
| O | 4,37 | 7,27 |
| Al | 81,06 | 80,03 |
| Si | 12,38 | 11,74 |
| Fe | 0,69 | 0,33 |
| Cu | 1,50 | 0,63 |
| Total | 100,00 | |

Fuente: Laboratorio de Metalurgia de la UNJBG.

5.2.5 Imagen y microanálisis de metal base 3

a) Imagen MEB de metal base 3

En la figura 79, se muestra una Imagen SEM a 1020x. Se nota claramente la presencia de eutéctico Al-Si, áreas gris claro en forma de esqueletos. También se ve áreas pequeñas continuas de fase Al(Cu) y un fondo de color gris oscuro de fase Al(Si).

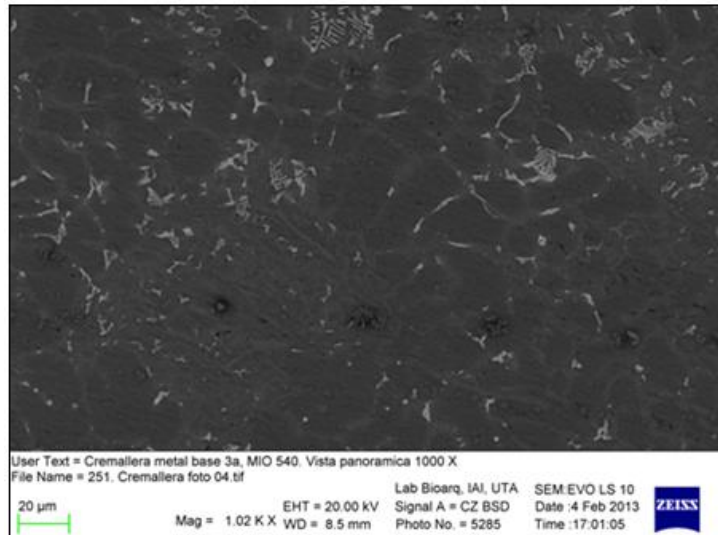


Figura 79. Observación con ataque químico

Fuente: Laboratorio de Metalurgia de la UNJBG.

b) Microanálisis MEB-EDX de metal base 3

De acuerdo al contenido de Al y Si, en la aleación original, nos confirma que la aleación de la cremallera hidráulica es una aleación de Al-Si con presencia de Cu para mejorar las propiedades y Fe como impureza. El oxígeno presente, procedente del aire absorbido durante la fabricación, posiblemente se encuentra combinado con el aluminio (Al_2O_3), justifica la presencia de los microporos.

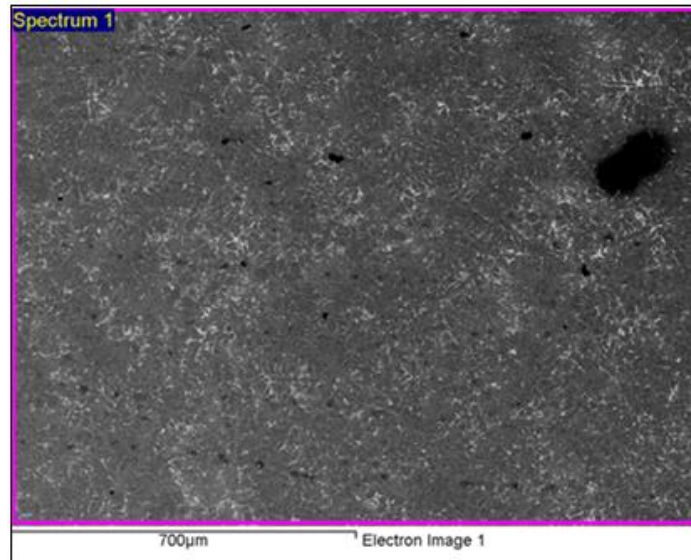


Figura 80.Imagen de metal base 3 analizada con MEB-EDX
Fuente:Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

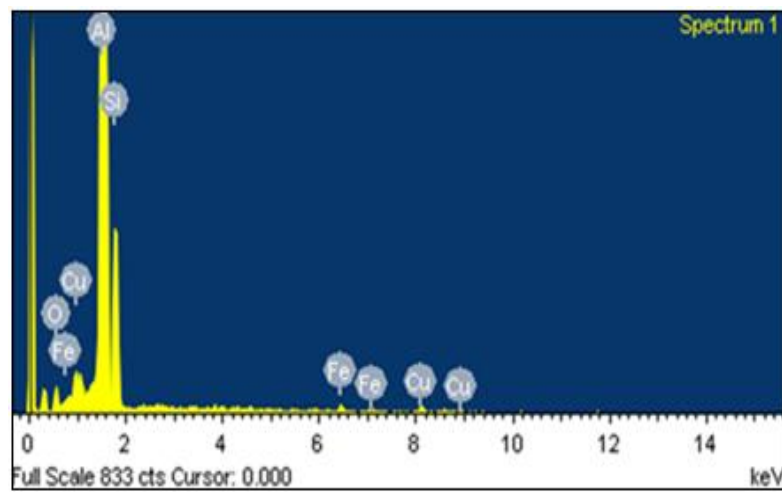


Figura 81.Espectro de análisis con MEB-EDX de metal base 3
Fuente:Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

Tabla VII. Análisis de elementos químicos de metal base 3

| Elemento | % En peso | % Atómico |
|--------------|---------------|-----------|
| O | 4,11 | 6,87 |
| Al | 80,03 | 79,28 |
| Si | 13,44 | 12,79 |
| Fe | 0,69 | 0,33 |
| Cu | 1,73 | 0,73 |
| Total | 100,00 | |

Fuente: Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

c) Microanálisis MEB-EDX puntual de metal base 3

Microanálisis sobre el eutéctico Al-Si, de la aleación original, nos da un porcentaje de Al y Si muy cercano a la composición química teórica del eutéctico Al-Si.

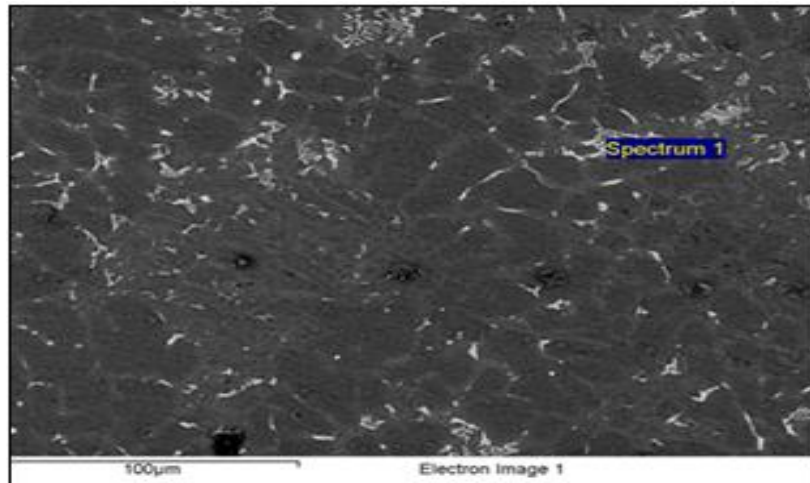


Figura 82. Imagen de metal base 3 con análisis puntual MEB-EDX

Fuente: Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

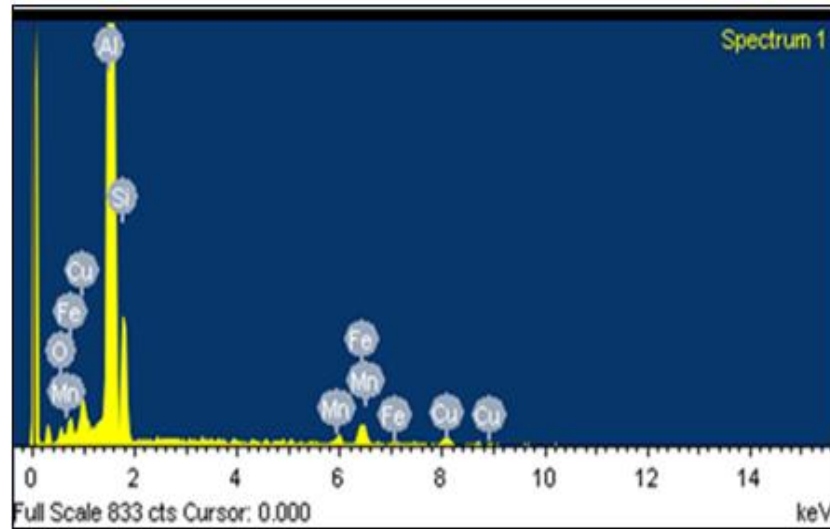


Figura 83.Espectro de análisis puntual MEB-EDX de metal base 3

Fuente:Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

Tabla VIII. Análisis puntual de elementos químicos de metal base 3

| Elemento | % En peso | % Atómico |
|--------------|---------------|-----------|
| O | 2,93 | 5,08 |
| Al | 78,71 | 81,03 |
| Si | 9,97 | 9,86 |
| Mn | 1,16 | 0,59 |
| Fe | 4,58 | 2,28 |
| Cu | 2,65 | 1,16 |
| Total | 100,00 | |

Fuente:Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

5.2.6 Análisis general

A continuación, se presenta la imagen de la macrografía y una tabla resumen con el contenido de elementos químicos

presentes en las diferentes zonas; con la finalidad de comparar y ubicarlos sobre el diagrama de equilibrio del sistema AL-Si.

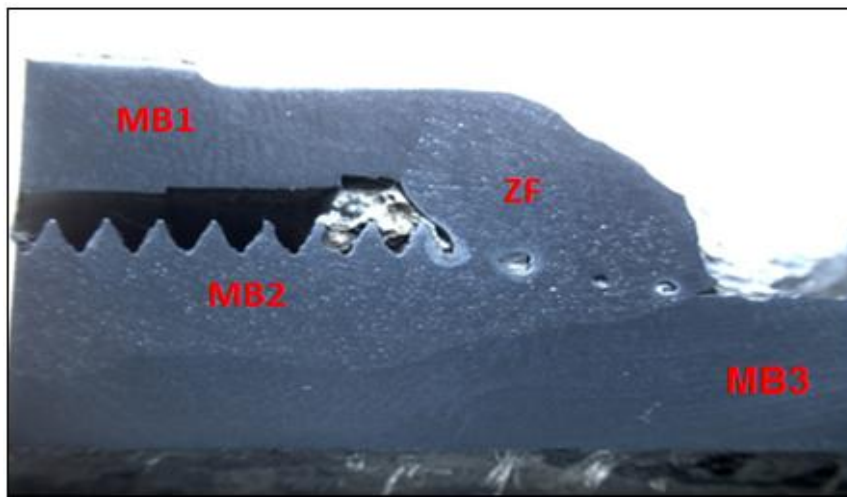


Figura 84. Macroscopía general de soldadura por zonas

Fuente: Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

Tabla IX. Análisis puntual de elementos químicos de metal base por zonas

| Elemento | Zona Fundida ZF | Metal Base 1 Barrido MB1 | Metal Base 1 Puntual MB1-P | Metal Base 2 Barrido MB2 | Metal base 3 Barrido MB3 | Metal base 3 Puntual MB3-P |
|----------|---------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| O | 47,33 | - | 3,07 | 4,37 | 4,11 | 2,93 |
| Al | 48,94 | 83,78 | 76,64 | 81,06 | 80,03 | 78,71 |
| Si | 3,22 | 13,86 | 10,03 | 12,38 | 13,44 | 9,97 |
| Mn | - | - | - | - | - | 1,16 |
| Fe | - | 0,73 | 0,72 | 0,69 | 0,69 | 4,58 |
| Cu | 0,51 | 1,62 | 9,54 | 1,50 | 1,73 | 2,65 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Fuente: Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

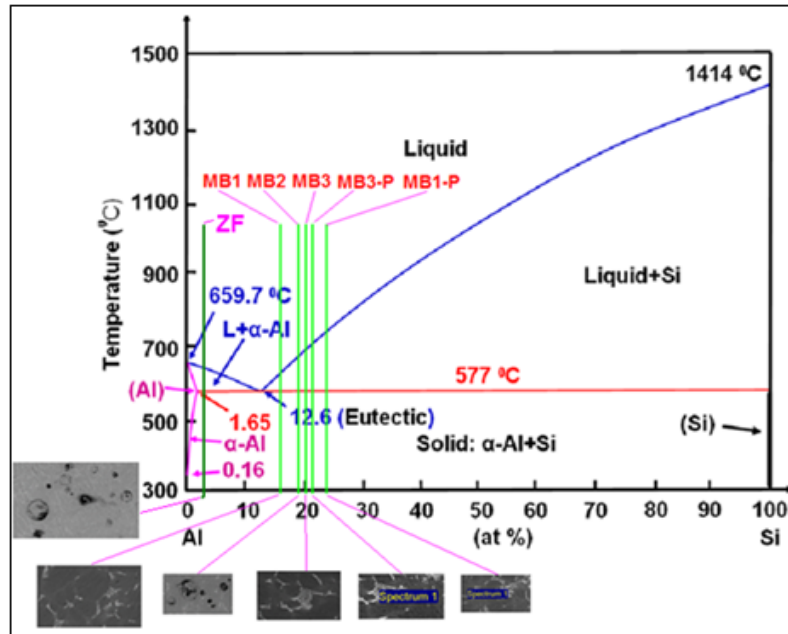


Figura 85. Diagrama de equilibrio del sistema AL-Si

Fuente: Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

Según el diagrama de equilibrio del sistema Al-Si el porcentaje de composición del cuerpo de válvula de control de caja cremallera está dentro de un rango de:

- Al (Aluminio) <76,64% - 83,78%>
- Si (Silicio) <9,97% - 13,86%>

En la zona soldada se observa la siguiente composición:

- Al (Aluminio) <48,94%>
- Si (Silicio) <3,22%>

En la figura 85, se observa que la composición química del material en estudio no presenta mayores variaciones, lo cual, permite un adecuado trabajo del mismo en el sistema rediseñado. Mientras que en el metal base fundido presenta una modificación en porcentajes de composición, lo mismo que es compensado, con propiedades de mayor elasticidad, que permite que el sistema rediseñado ante una posible falla o fractura, tener un diagrama antes de llegar a fractura, formado a través de un diagrama de elasticidad. Debido a la poca presencia de Si (silicio), por lo que tiene una reacción mínima a rotura.

5.3 ANÁLISIS DE DUREZA EN UNIÓN MECANIZADA Y SOLDADA DE CAJA CREMALLERA (ensayo de dureza)

Con el ensayo de los materiales debe determinarse los valores de resistencia, verificarse las propiedades y establecer el comportamiento de aquellos, bajo la acción de las influencias externas. El factor económico juega un rol de importancia en el campo de la fabricación en general, imponiendo un perfecto conocimiento de los materiales a utilizar, de manera que se pueda seleccionarlos para cada fin y poder hacerlos trabajar en el límite de sus posibilidades,

cumpliendo con las exigencias de menor peso, mejor calidad y mayor rendimiento. En los ensayos físicos se determinan generalmente la forma y dimensiones de los cuerpos, su peso específico y densidad, contenido de humedad, etc., y en los mecánicos la resistencia, elasticidad y plasticidad, ductilidad, tenacidad y fragilidad, etc.

La dureza de un material es la resistencia que opone a la penetración de un cuerpo más duro. La resistencia se determina introduciendo un cuerpo de forma esférica, cónica o piramidal, por el efecto que produce una fuerza determinada durante cierto tiempo en el cuerpo a ensayar. Como indicador de dureza se emplea la deformación permanente (plástica). En algunos casos, es necesario determinar las características mecánicas de los materiales sin llegar a su destrucción. También, podemos determinar la dureza conseguida mediante un tratamiento de dureza. Podemos mencionar tres tipos de ensayos de dureza más importantes:

- a) Dureza Rockwell
- b) Dureza Brinell
- c) Dureza Vickers

En esta investigación, emplearemos el ensayo de dureza del tipo Brinell, ya que se cuenta con el equipo respectivo en el laboratorio de la E.A.P. de Metalurgia de la UNJBG.,cuyo procedimiento está definido en los anexos.

En la figura 86,se muestra la preparación de la probeta a ser sometida a ensayo correspondiente de dureza del sistema de dirección.



Figura 86. Probeta de ensayo de dureza (a)

Fuente:Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

En la figura 87, se observa la muestra que será sometida a pruebas de dureza, la misma que ha sido preparada en el laboratorio

de la E.A.P. de Ingeniería Metalúrgica de la UNJBG, siguiendo los procedimientos establecidos para realizar dicho ensayo.

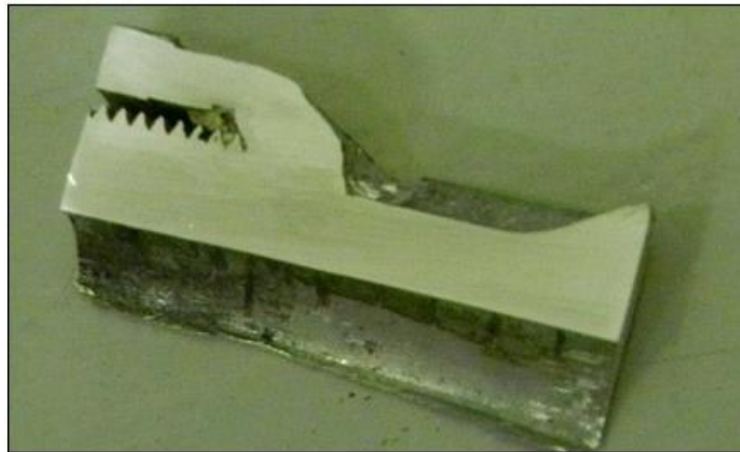


Figura 87. Probeta de ensayo de dureza (b)

Fuente: Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

En la muestra (probeta), mostrada en la figura 83, podemos diferenciar dos zonas notables como:

- ZF : zona fundida
- MB: metal base

Estas mismas se pueden observar en la figura 88, para finalmente efectuar los ensayos respectivos en el escleroscopio que permite los ensayos de dureza en la probeta respectiva (figura 89).

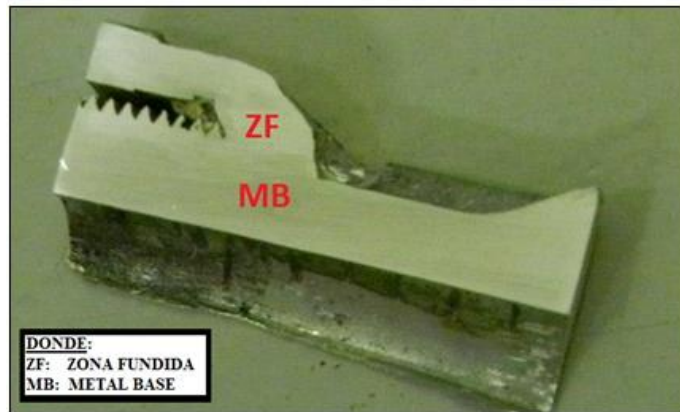


Figura 88. Probeta de ensayo de dureza por zonas (ZF MB)
Fuente:Laboratorio de Metalurgia UNJBG.



Figura 89. Escleroscopio
Fuente:Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

Los ensayos de dureza correspondientes se efectuaron en las dos zonas respectivas del material considerando que la probeta es una aleación de Al-Si. Por lo mismo, para un mejor estudio, los resultados serán analizados en ambas zonas de manera separada.

5.3.1 Ensayo de dureza Brinell en metal base (Zona MB)

La probeta de aleación (aleación de Al-Si) es sometida a ensayo de dureza según el procedimiento, a cada 5 mm de separación, lo que se puede visualizar en la figura 90.

A través del ensayo de dureza sometido con el escleroscopio se obtuvo la tabla X, los resultados en el metal base.

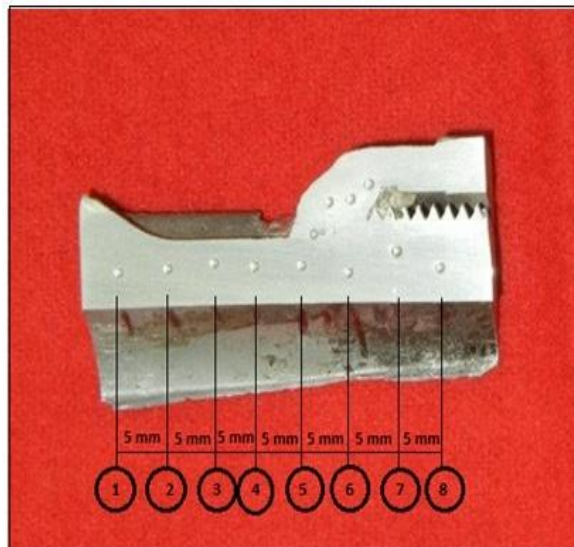


Figura 90. Ensayo de dureza Brinell en Metal base (Zona MB)

Fuente: Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

Tabla X. Ensayo de dureza Brinell en MB (metal base) (a)

| MÁQUINA | INDENTEC | | | | | |
|------------------------------------|------------------|--------|-------------------|-----------------------------------|---------|----------------|
| Material a ensayar | Aluminio-Silicio | | Id. de muestra: | Ensayo: Edwin César Nina H: | | |
| Carga aplicada P | 62,5 | | kg | | | |
| Diámetro de la bola D | 2,5 | | mm | Dmax | 1,5 | mm |
| Relación P/D ² | 10 | | | | | |
| Tiempo de carga t | 10 | | seg | | | |
| MEDICIÓN DE HUELLA CON MICROSCOPIO | | | | | | |
| Aumento de objetivo | | | | | | |
| Aumento de ocular | | | | | | |
| Factor (f) | | | | | | |
| CUADRO DE DATOS | | | D | | | |
| Nºhuella | diámetro huella | | diámetro promedio | dureza BrinellKgf/mm ² | | Distancia (mm) |
| | d1 | d2 | | Calculado | Lectura | |
| 1 | 0,9379 | 0,9363 | 0,9371 | 87,4 | 87,3 | 5 |
| 2 | 0,9441 | 0,9365 | 0,9403 | 86,7 | 86,5 | 10 |
| 3 | 0,9315 | 0,9412 | 0,9364 | 87,5 | 87,4 | 15 |
| 4 | 0,9233 | 0,9303 | 0,9268 | 89,4 | 89,3 | 20 |
| 5 | 0,9246 | 0,9323 | 0,9285 | 89,1 | 88,9 | 25 |
| 6 | 0,9216 | 0,9372 | 0,9294 | 88,9 | 88,8 | 30 |
| 7 | 0,9447 | 0,9667 | 0,9557 | 83,9 | 83,8 | 35 |
| 8 | 0,9312 | 0,9085 | 0,9199 | 90,8 | 90,7 | 40 |

Fuente:Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

De los resultados obtenidos en los ensayos dureza de la tabla X, se obtiene el criterio de Chauvenet para el rechazo de lecturas sospechosas, lo que se observa en la tabla XI.

Tabla XI.Rechazo de lecturas sospechosas

| | Cálculo de la relación | |
|----------|------------------------|----------------------|
| Lecturas | d_i / σ | Aceptación o Rechazo |
| N | | |
| 1 | -0,25558525 | Si |
| 2 | -0,63599119 | Si |
| 3 | -0,2080345 | Si |
| 4 | 0,69542962 | Si |
| 5 | 0,50522665 | Si |
| 6 | 0,45767591 | Si |
| 7 | -1,91986127 | No |
| 8 | 1,36114003 | Si |

Fuente:Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

De la tabla XI, se deduce que la dureza está dentro del rango calculado para el material de aluminio, lo cual establece que la zona está logrando trabajar adecuadamente en sus propiedades de dureza.

Para realizar la aceptación de las zonas sometidas a ensayo de dureza, se muestra la tabla XI, donde la zona 7 presenta un rechazo respectivo, esto debido a la posición de la zona sometida. Según la figura 86, se puede observar que se encuentra alejada de la línea de aplicación a ensayo.

5.3.2 Ensayo de dureza Brinell en zona fundida (ZF)

Los ensayos de dureza en la zona fundida serán sometidos a cada 3mm de distancia para obtener los resultados correspondientes.

Los resultados obtenidos en la superficie del metal base (figura 91). Los valores de dureza obtenidos en los ensayos se pueden observar en la tabla XII.

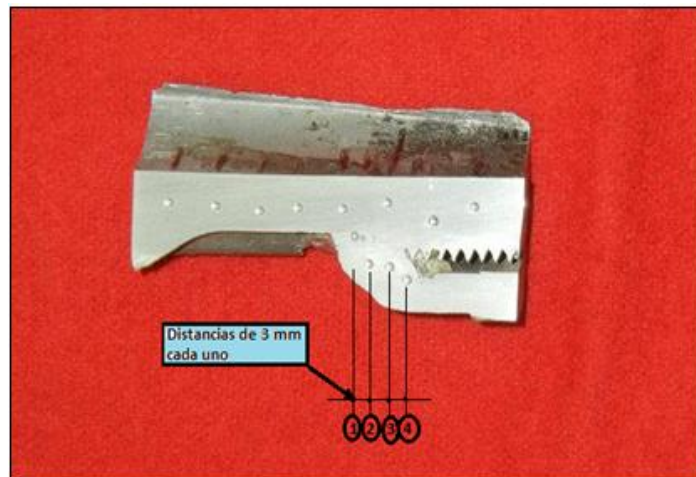


Figura 91. Ensayo de dureza Brinell en zona fundida (ZF)

Fuente: Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

Tabla XII. Ensayo de dureza Brinellen MB (metal base) (b)

| MÁQUINA | INDENTEC | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|--------|-------------------|-----------------------------------|---------|--------------|
| Material a ensayar | Cordón de aluminio | | Id. de muestra: | Ensayo: Edwin César Nina H: | | |
| Carga aplicada P | 62,5 | | kg | | | |
| Diámetro de la bola D | 2,5 | | mm | Dmax | 1,5 | |
| Relación P/D ² | 10 | | | | | |
| Tiempo de carga t | 10 | | seg | | | |
| MEDICIÓN DE HUELLA CON MICROSCOPIO | | | | | | |
| Aumento de objetivo | | | | | | |
| Aumento de ocular | | | | | | |
| Factor (f) | | | | | | |
| CUADRO DE DATOS | | | D | | | |
| Nº huella | Diámetro huella | | Diámetro promedio | Dureza Brinell Kg/mm ² | | Distancia mm |
| | d1 | d2 | | Calculado | Lectura | |
| 1 | 1,0714 | 1,0621 | 1,0668 | 199,863 | 66,5 | 3 |
| 2 | 1,1028 | 1,1042 | 1,1035 | 186,078 | 61,9 | 6 |
| 3 | 1,1165 | 1,1087 | 1,1126 | 182,873 | 60,9 | 9 |

Fuente: Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

Tabla XIII. Rechazo de lecturas sospechosas

| | Cálculo de la relación | |
|-------------|------------------------|----------------------|
| Lecturas N° | d_i / σ | Aceptación o Rechazo |
| 1 | 2,13089701 | No |
| 2 | -0,75810759 | Si |
| 3 | -1,37278942 | Si |

Fuente: Laboratorio de Metalurgia UNJBG.

En la tabla XII, se muestra el valor de la dureza determinada por cálculo, tiene distanciamiento de la dureza determinada por ensayo, debido al tipo de material (aluminio) de aporte usado en el cordón de soldadura.

Al someter al ensayo de rechazo (tabla XIII) podemos notar que la zona de soldadura está dentro de un rango de dureza, de esta manera brindando aceptación, a excepción de la zona 1 debido a que esta misma, se encuentra ubicada alejado de la zona del cordón de soldadura.

5.4 ENSAYO, CONTROL DE CALIDAD Y ANÁLISIS DEFUNCIONAMIENTO DE CAJA CREMALLERA MODIFICADA EN EL EQUIPO DE PRUEBA DE DIRECCIÓN

En la figura 92, se puede observar la caja cremallera rediseñada, la misma que será sometida a ensayos de funcionamiento en el banco de pruebas de sistema de dirección antes desarrollado. De esta manera, se asegura el funcionamiento normal, antes de realizar el montaje al vehículo.



Figura 92. Caja cremallera modificada

Fuente: Elaboración propia

Una vez ensayada la nueva caja cremallera, el rediseño de la misma servirá para los diferentes modelos como se planteó al inicio de esta investigación.

En el proceso de funcionamiento no se presentan variaciones, debido a que se cumple con las normas establecidas en los manuales del modelo y marca del sistema de dirección, de esta manera se asegura un montaje de la caja cremallera con garantía.

5.5 CONTROL DE CALIDAD DE CAJA CREMALLERA TOYOTA – PROBOX

Antes de describir las normas ISO – 9001, se destaca algunas definiciones que permiten la definición de calidad.

Un producto o servicio es de calidad cuando satisface las necesidades y expectativas del cliente o usuario, en función de parámetros como:

Seguridad que un producto o servicio es de calidad cuando satisface las necesidades y expectativas del cliente o usuario, en función de parámetros como:

- Seguridad que el producto o servicio confieren al cliente.
- Capacidad que tiene el producto o servicio para cumplir las funciones especificadas, sin fallo y por un periodo determinado del tiempo.
- Servicio o medida en que el fabricante y distribuidor respondan en caso de fallo del producto o servicio.

Para las diferentes normas desarrolladas en la ISO – 9001 se maneja de manera frecuente el término procedimiento, el mismo que describe con detalle un trabajo, actividad u operación particular y que debe explicar cómo van a realizarse las mismas, por quién, dónde y en qué condiciones.

De acuerdo a los proceso efectuados en Toyota, para garantizar la funcionalidad de un sistema de dirección, este debe reunir los siguientes requisitos o características(cada uno de ellos bajo parámetros de funcionamiento)

- a) Maniobrabilidad excelente
- b) Esfuerzo apropiado de dirección
- c) Recuperación suave

d) Transmisión mínima del golpe proveniente de la superficie del camino

En el sistema de dirección rediseñado se efectuarán además las pruebas correspondientes al proceso de soldadura, los que estarán definidos como:

- Análisis de dureza en unión mecanizada y soldada de caja cremallera
- Análisis cuantitativo mediante SEM-EDX

Como se describe en el proceso de control de calidad de caja cremallera Toyota-Probox, los resultados de cada uno de los procedimientos se muestran en la tabla XIV.

Tabla XIV. Control de calidad de caja cremallera Toyota – Probox

| Procedimientos de prueba | Valores de prueba Nominal | Valores de prueba de rediseño |
|---|--------------------------------|--------------------------------|
| Maniobrabilidad excelente (par de giro en válvula de control) | 0 N.m | 0 N.m |
| Esfuerzo apropiado de dirección | 5,9 N.m | 5,5 N.m |
| Recuperación suave | 5,9 N.m | 5,5 N.m |
| Transmisión mínima del golpe proveniente de la superficie del camino (frecuencia) | 1 Hz | 1 Hz |
| Análisis de dureza en unión mecanizada y soldada de caja cremallera | 87,9 <i>Kgf/mm²</i> | 87,8 <i>Kgf/mm²</i> |
| Análisis cuantitativo mediante SEM-EDX | Ver tabla IX | Ver tabla IX |

Fuente: Toyota Service. Manual de Entrenamiento. Volumen 11

Los valores tomados en cada uno de los procedimientos, nos brinda la garantía necesaria para que el sistema de dirección rediseñado pueda trabajar de manera adecuada en los vehículos sometidos a la caja cremallera rediseñada.

5.6 CONDICIONES DE SEGURIDAD EN EL SISTEMA DE REDISEÑO DE CAJA CREMALLERA

Los fabricantes adaptan las nuevas tecnologías en función de las normas dictadas por organismos internacionales que realizan investigaciones sobre las causas de los accidentes de tráfico. La finalidad última es mejorar la seguridad vial protegiendo la vida del conductor y los acompañantes. Pero, cabe destacar que por muchas novedades que introduzcan los fabricantes para mejorar la seguridad, nada será último. La seguridad en un vehículo se clasifica en:

Seguridad activa

Es el conjunto de todos aquellos elementos que contribuyen a proporcionar una mayor eficacia y estabilidad al vehículo en marcha, y en la medida de lo posible, evitar un accidente.

- El sistema de frenado

- El sistema de dirección
- El sistema de suspensión
- Los neumáticos y su adherencia al suelo
- La iluminación
- Sistemas de control de estabilidad

Seguridad pasiva

Son los elementos que reducen al mínimo los daños que se pueden producir cuando el accidente es inevitable:

- Los cinturones de seguridad
- Los airbags

Debido a que el sistema de dirección debe presentar una seguridad activa. Las pruebas efectuadas en el sistema de dirección, principalmente en la caja cremallera son aquellas que aseguran la correcta maniobra del vehículo, las pruebas efectuadas se observan en la tabla XIV.

5.7. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES DEL PROCESO DE REDISEÑO DE CAJA CREMALLERA

Debido a la instauración de normas medioambientales en los diferentes centros de servicios por las instituciones, los procedimientos efectuados en el proceso de “Rediseño de caja cremallera”, cumplieron en estricto dichas disposiciones.

Las evaluaciones correspondientes consideradas y evaluadas en el rediseño serán desarrolladas de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 14001:1996.

Los diferentes procedimientos a desarrollar, serán efectuados según los tipos de trabajo en un área determinado, zona de metal mecánica, de 15 x 30 metros.

Las evaluaciones correspondientes están sujetas a los criterios de índice de Bacharach. Los resultados serán sometidos a un proceso de mejora continua orientado a la conservación del medio ambiente.

Como resultado, se refleja la evaluación de aspectos medioambientales, de cada una de las etapas de rediseño disponibles desarrollados en el último ejercicio semestral relativo, que será tomado en cuenta para la aplicación de la evaluación correspondiente, contando con los resultados de las tablas XV, XVI y XVII.

Tabla XV. Resultados de aspectos medioambientales

| CONDICIONES NORMALES | APROXIMACIÓN AL LIMITE (AL) | MAGNITUD (M) | NATURALEZA SENSIBILIDAD (N) | TOTAL AL+M+N | TOTAL 2*AL+M+N |
|---|-----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|----------------|
| CRITERIOS ASPECTOS | | | | | |
| Emisiones | | | | | |
| Emisiones de NOx del foco 1 | 20 | 20 | 20 | 60 | 80 |
| Emisiones de CO del foco 1 | 10 | 20 | 10 | 40 | 70 |
| Emisiones de NOx del foco 2 | 20 | 20 | 20 | 60 | 80 |
| Emisiones de CO del foco 2 | 10 | 20 | 10 | 40 | 50 |
| Emisiones de NOx del foco 3 | 10 | 20 | 20 | 50 | 60 |
| Emisiones de CO del foco 3 | 20 | 20 | 10 | 50 | 70 |
| Emisiones de NOx del foco 4 | 10 | 20 | 20 | 50 | 60 |
| Emisiones de CO del foco 4 | 10 | 20 | 10 | 40 | 50 |
| Emisiones de SO ₂ del foco 4 | 30 | 20 | 30 | 80 | 110 |
| Partículas del foco 4 | 30 | 20 | 10 | 60 | 90 |
| Vertidos | | | | | |
| DQO | 20 | 20 | 20 | 60 | 80 |
| SS | 20 | 20 | 10 | 50 | 70 |
| Cloruros | 10 | 20 | 30 | 60 | 70 |
| PH | 10 | 20 | 30 | 60 | 70 |
| Residuos | | | | | |
| Aceites /grasas | 10 | 20 | 30 | 60 | 70 |
| Tintas | 10 | 20 | 30 | 60 | 70 |
| Disolventes | 20 | 30 | 30 | 80 | 100 |
| Sólidos impregnados de aceite | 20 | 30 | 30 | 80 | 100 |
| Fluorescentes | 10 | 20 | 30 | 60 | 70 |
| Envases | 10 | 20 | 30 | 60 | 70 |
| Chatarra | 10 | 10 | 20 | 40 | 50 |
| Madera | 10 | 10 | 20 | 40 | 50 |
| RSU | 10 | 20 | 20 | 50 | 60 |
| Ruido | | | | | |
| Diurno | 20 | 20 | 30 | 70 | 90 |
| Nocturno | 30 | 20 | 30 | 80 | 110 |
| Consumos | | | | | |
| Energía eléctrica | 20 | 20 | 20 | 60 | 80 |
| Agua | 30 | 30 | 30 | 90 | 120 |
| Acetileno | 20 | 30 | 30 | 80 | 100 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla XVI. Evaluación de actividades pasadas

| CRITERIOS | EXTENSIÓN PROFUNDA (Ex) | 4*Ex |
|-----------------|-------------------------|------|
| ASPECTOS | | |
| Suelos | | |
| 3 manchas | 20 | 80 |
| 5 manchas | 20 | 80 |
| 12 manchas | 10 | 40 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla XVII. Condiciones incidentales/accidentales

| CRITERIOS | FRECUENCIA (F) | GRAVEDAD (G) | 2*F+2*G |
|------------------------------------|----------------|--------------|---------|
| ASPECTOS | | | |
| Derrames de aceites | 30 | 20 | 100 |
| Fuga de agua | 20 | 10 | 60 |
| Conato de incendio | 10 | 10 | 40 |
| Aspectos de escenario incendio | 10 | 20 | 60 |
| Aspectos de escenario de explosión | 10 | 20 | 60 |

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI

ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO

6.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA

El proceso del rediseño del sistema de dirección se efectuó a través de una serie de procedimientos y operaciones, donde se emplean herramientas, accesorios e insumos, los mismos que cumplieron rigurosas especificaciones técnicas a fin de brindar un óptimo control de calidad y seguridad establecido en las normas.

Además, se tendrá en cuenta durante la ejecución del rediseño, que este nuevo sistema rediseñado permita un posterior mantenimiento y reparación, correspondiente.

Las especificaciones técnicas del proyecto, se muestran en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. Especificaciones técnicas de los procesos de rediseño

| DESCRIPCIÓN DE PROCESOS DE REDISEÑO | TIPOS DE OPERACIÓN DESARROLLADOS | HERRAMIENTAS E INSUMOS A UTILIZAR |
|--|--|--|
| Desmontaje de caja cremallera | Proceso de desmontaje | Destornillador plano/estrella 3/16-1/4 y/o a 3" (juego x 10) Llaves mixta 8 a 24 mm Dados métrico mando 1/2 " 10-32 mm (jgo22 pzas) Llave ajustable francesa 10" Llave ajustable p/tubo Stilson 6" Alicate d/presión universal grip 10 Alicate universal aislado 8" Alicate extractor d/seguros (d/15 pzas) Torquímetro d/golpe 6-52 lb-pie encastre 14" Llave hexagonal Allen 21 mm Martillo de bola 2 lb |
| Mecanizado de rediseño de válvula de control | Proceso de tronzado Proceso de aserrado Proceso de roscado | Arco d/sierra manual c/empalme d/12" Cuchilla p/torno cuadrada HSS 1/4"x1/4"x3" Cuchilla p/tronzar 1/8"x1/2"x4" Aceite refrigerante tornol 1441 Brocha plana d/cerda 2" Cardas d/alambre Lima triangular fina D/6" Lima triangular semifina D/10" Wype extra seleccionado Trapo d/algodón d/70x50cm Carda limpia limas |
| Tratamiento térmico del rediseño de válvula de control | Proceso de soldadura en aluminio | Electrodo d/aluminio acord 5-51 1/8" ø Gas acetileno Gas oxígeno Soplete de acetileno – Optimus N° 406 Refrigerante de jabón |
| Ensayo de prueba al sistema de dirección | Proceso de análisis cuantitativo mediante SEM-EDX Proceso de análisis de dureza BRINELL | 50 ml de lechada de alumina de 0,3 micras 20 ml de Nital 5 5 ml de alcohol etílico |

Fuente: Elaboración propia

Tabla XIX. Equipos y máquinas utilizados en el proceso de rediseño

| DESCRIPCIÓN DE PROCESOS DE REDISEÑO | EQUIPOS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD UTILIZADOS | MÁQUINAS Y EQUIPOS UTILIZADOS |
|--|--|---|
| Desmontaje de caja cremallera | Zapatos de seguridad punta de acero. Lentes d/seguridad medico Mameluco d/algodón m/corta cl/azul acero t/l Guantes d/cuero cortos Tapón d/oído en espuma c/cordón Casco d/seguridad industrial | Pistola d/aire comprimido d/impacto Pistola d/aire comprimido d/impacto |
| Mecanizado de rediseño de válvula de control | Zapatos de seguridad punta de acero. Lentes d/seguridad medico Mameluco d/algodón m/corta cl/azul acero t/l Guantes d/cuero cortos Tapón d/oído en espuma c/cordón Casco d/seguridad industrial | Torno paralelo Esmeriladora p/piedra 2 1/2"x1/2"x3/8" Esmeril portátil d/4 1/4"Ø Pistola d/aire comprimido d/impacto |
| Tratamientos térmicos en el rediseño de válvula de control | Zapatos de seguridad punta de acero. Lentes d/seguridad medico Mameluco d/algodón m/corta cl/azul acero t/l Guantes d/cuero cortos Tapón d/oído en espuma c/cordón Casco d/seguridad industrial Lunas p/soldadura autógena N°6 (2051) Respirador contra gases d/un filtro | Equipo soldadura autógena. Equipo de refrigerante para soldadura |
| Ensayo de prueba al sistema de dirección | Zapatos de seguridad punta de acero. Lentes d/seguridad medico Mameluco d/algodón m/corta cl/azul acero t/l Guantes d/cuero cortos Tapón d/oído en espuma c/cordón Casco d/seguridad industrial | Desbastadora manual de 4 cintas. marca Struers. Pulidora mecánica de disco y paño, marca Buheler. Microscopio electrónico de barrido, marca Carl Zeiss, modelo EVO LS 10. Cámara fotográfica digital, marca Panasonic. Escleroscopio HP – 250 |

Fuente:Elaboración propia

6.2 ANÁLISIS DE COSTOS

Los costos del proyecto han sido debidamente analizados, con precios establecidos en la localidad.

6.2.1 Presupuesto referencial con aplicación de rediseño en caja cremallera

El presupuesto efectuado en la investigación, estará sujeto a los costos que presenta el mercado local, incluye los efectuados por análisis en la caja cremallera, los mismos que se muestran en la tabla XX.

Tabla XX. Presupuesto referencial de reacondicionamiento en el proceso de rediseño de caja cremallera

| DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN | OPERACIONES DESARROLLADAS | COSTO UNITARIO S/. | NÚMERO DE OPERACIONES | COSTO TOTAL S/. |
|--|--|--------------------|-----------------------|-----------------|
| Desmontaje de caja cremallera | Proceso de desmontaje de caja cremallera. | 15,00 | 2 | 30,00 |
| Mecanizado de rediseño de válvula de control | Proceso de tronzado | 40,00 | 1 | 40,00 |
| | Proceso de aserrado | 40,00 | 1 | 40,00 |
| | Proceso de roscado | 40,00 | 2 | 40,00 |
| Tratamientos térmicos en el rediseño de válvula de control | Proceso de soldadura en aluminio | 15,00 | 1 | 15,00 |
| Ensayo de prueba al sistema de dirección | Proceso de análisis cuantitativo mediante SEM – EDX. | 100,00 | 3 | 300,00 |
| | Proceso de análisis de dureza BRINELL | 85,00 | 2 | 170,00 |
| COSTO TOTAL | | | | 635,00 |

Fuente:Elaboración propia

Para determinar un análisis de costos de la caja cremallera, en el proceso de reacondicionamiento se suprimirá los costos de ensayo de pruebas al sistema de dirección, de esta manera se

obtendrá el costo efectivo del rediseño de caja cremallera y está dado como sigue:

$$C_{\text{costo de rediseño}} = \text{Costo total} - \text{Costo de ensayo de pruebas} \quad (42)$$

$$C_{\text{costo de rediseño}} = 635,00 - 470,00 = S/. 165,00(43)$$

En la ecuación (42) se observa el costo efectivo en procesos de rediseño de la caja cremallera.

Tabla XXI. Presupuesto de materiales e insumos en proceso de rediseño de caja cremallera

| PRESUPUESTO DE MATERIALES E INSUMOS | | | | |
|--|-----------------|-----------------|---------------------------|------------------------|
| Materiales e insumos | Unidades | Cantidad | Costo unitario S/. | Costo total S/. |
| Hoja d/sierra d/1/2"x1/2"x18 dientes | Und | 1 | 7,00 | 7,00 |
| Aceite refrigerantetornol 1441 | Gl | 1/8 | 25,00 | 3,13 |
| Brocha plana d/cerda 2" | Und | 1 | 2,00 | 2,00 |
| Wype extra seleccionado | kg | ¼ | 20,00 | 5,00 |
| Trapo d/algodón d/70x50cm | Und | 1 | 4,00 | 4,00 |
| Electrodo d/aluminio alcord 5-51 1/8" ø | Und | 1 | 2,50 | 2,50 |
| Gas acetileno | MT ³ | 1/16 | 130,00 | 8,13 |
| Gas oxígeno | MT ³ | 1/16 | 15,00 | 0,94 |
| Refrigerante de jabón | Gl | ¼ | 8,50 | 2,13 |
| | | | COSTO TOTAL | 34,83 |

Fuente:Elaboración propia

La tabla XXI, muestra los costos de los materiales empleados en el proceso de rediseño, los cuales serán adicionados al presupuesto de las operaciones efectuadas que están determinadas por el resultado en la ecuación (43), de esta forma se obtiene el costo óptimo para lograr el rediseño de la caja cremallera, que se determina como:

$$\begin{aligned} \text{Costo óptimo de rediseño} &= \text{Costo de materiales e insumos} + \\ &\quad \text{Costo de rediseño} \end{aligned} \quad (44)$$

$$\text{Costo óptimo de rediseño} = \frac{S}{.} 34,83 + \frac{S}{.} 165,00 \quad (4)$$

$$\text{Costo óptimo de rediseño} = S/. 199,83 \quad (45)$$

Finalmente el costo óptimo del rediseño es de S/. 199,83, cantidad que permite brindar funcionalidad a la caja cremallera de la investigación.

Tabla XXII. Presupuesto de materiales e insumos en proceso de análisis cuantitativo de caja cremallera

| PRESUPUESTO DE MATERIALES E INSUMOS | | | | |
|--|-----------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|
| Materiales e insumos | Unidades | Cantidad | Costo unitario (S/) | Costo total (S/) |
| Alúmina de 0,3 micras | L | 0,05 | 47,4 | 2,37 |
| Nital 5 | L | 0,02 | 14,00 | 0,28 |
| Alcohol etílico | L | 0,005 | 4,00 | 0,02 |
| Lija al agua N° 240 | Und | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Lija al agua N° 320 | Und | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Lija al agua N° 400 | Und | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Lija al agua N° 600 | Und | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Algodón industrial | Kg | 0,025 | 40,00 | 1,00 |
| Disco d/caucho d/1" p/rototflex | Und | 1 | 5,00 | 5,00 |
| Caja cremallera de Toyota Probox | Und | 1 | 300,00 | 300,00 |
| | | | COSTO TOTAL | 312,67 |

Fuente:Elaboración propia

De acuerdo a lastablas XXI y XXII,se muestran los costos efectuados en la investigación, y para determinar el costo total se efectuará la suma correspondiente, de la siguiente manera:

$$\text{Costo}_{\text{Total}} = \text{Costo de materiales e insumos} +$$

$$\text{Costo óptimo de rediseño} + \text{Costo de ensayos de prueba} \quad (46)$$

$$\text{Costo}_{\text{Total}} = S/.312,67 + S/.199,83 + S/.470,00$$

$$\text{Costo}_{\text{Total}} = S/.982,50 \quad (47)$$

6.2.2 Presupuesto referencial con aplicación de caja cremallera internada

Para el presupuesto en el proceso de reacondicionamiento de vehículos con aplicación de una caja cremallera internada, se considera los accesorios necesarios que se emplean en el proceso, estos se detallan en la tabla XXIII.

Tabla XXIII. Presupuesto de materiales e insumos en proceso de análisis cuantitativo de caja cremallera internada

| DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN | UNIDAD | COSTO UNITARIO | CANTIDAD | COSTO TOTAL |
|--|--------|----------------|----------|---------------|
| Desmontaje de caja cremallera | Und | 20,00 | 1 | 20,00 |
| Caja cremallera | Und | 400,00 | 1 | 400,00 |
| Bieletas de dirección Toyota – Probox. | Und | 15,00 | 1 | 15,00 |
| Roscado de bieleta de dirección | Und | 10,00 | 1 | 10,00 |
| Abrazadera de sujeción | Und | 7,00 | 1 | 7,00 |
| Pernos M12x1,25 | Und | 4,00 | 2 | 8,00 |
| Electrodo E-6010 1/8" ø | kg | 11,00 | ½ | 5,50 |
| Aceite refrigerantetornol 1441 | Gl | 45,00 | 1/8 | 5,60 |
| Tubería de presión | Und | 5,00 | 1 | 5,00 |
| Tubería de retorno | Und | 5,00 | 1 | 5,00 |
| COSTO TOTAL | | | | 481,10 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla XXIV, se observa las comparaciones de los costos efectuados en el proceso de reacondicionamiento a través de la obtención de una cremallera internada, y una cremallera aplicada en un proceso de rediseño.

Tabla XXIV. Diferencia de costos de cremallera rediseñada e internada

| DESCRIPCIÓN DE COSTO | COSTOS REFERENCIALES (S/.) |
|--------------------------------|----------------------------|
| Costo de cremallera internado | 481,00 |
| Costo de cremallera rediseñado | 199,83 |
| Diferencia de costos | 281,17 |

Fuente: Elaboración propia

La ventaja económica del uso de la caja cremallera rediseñada es notable, asu vez del tiempo efectivo que permite el reacondicionamiento de los vehículos importados, con respecto a la utilización de una cremallera internada o a través de una cremallera nueva.

CONCLUSIONES

1. Mediante la presente investigación, se concluye que es posible el rediseño de la caja cremallera con sentido de desplazamiento invertido, técnica y económicamente.
2. A través del análisis cuantitativo mediante SEM – EDX realizado a la caja cremallera rediseñada, permite finalmente brindar la garantía de funcionalidad en las zonas sometidas en rediseño bajo rangos establecidos.
3. En los ensayos cuantitativos y de dureza, se observó que el sistema rediseñado presenta mejores reacciones a posibles fallas de fatiga y dureza (roturas) que la caja cremallera original.
4. Mediante el rediseño elaborado, se preparó un modelo para efectuar procesos de rediseño en otros tipos de vehículos, brindando las condiciones de garantía.

RECOMENDACIONES

1. Para las pruebas del sistema de dirección usar aceite de las especificaciones y cantidad recomendada.
2. Calentar previamente el sistema hidráulico, antes de aplicarle carga.
3. Verificar las posibles fugas de aceite por mangueras, empaquetaduras en el momento de prueba del sistema de dirección.
4. Verificar periódicamente o cuando se requiera, la máxima presión del sistema usando instrumentos y personal especializado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alva Dávila, Fortunato. (2002). "Diseño de elementos de máquinas I". 1° edición. Editorial Talleres Gráficos de Pool Producciones, Lima – Perú.
2. Askeland, Donald R. (1998). "Ciencia e Ingeniería de los Materiales". 3° edición. Editorial International Thomson Editores, S.A., Madrid – España.
3. Erdman, Arthur G/Sandor, George N., (1998). "Diseño de Mecanismos Análisis y Síntesis". 3° edición. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México – México.
4. Font M., J., (2001). "Tratado sobre Automóviles", Tomo II. 1° edición. Editorial Alfaomega, Madrid – España.
5. Gil Martínez, D. Hermógenes. (Coordinador General). (2008). "Manual Práctico del Automóvil, Reparación y Mantenimiento". Edición MMVIII. Editorial U.E. – Printed in U.E. Madrid – España

6. Gonzales Martinez, Roberto. (2009). "Manual de Sistema de Dirección en vehículos". 1° edición. Madrid – España.

7. Gutierrez Quispe, Dionicio. "Sistema de suspensión, dirección y frenos", (17 de mayo de 2013). Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos95/sistema-suspension-direccion-y-frenos/sistema-suspension-direccion-y-frenos.shtml>

8. Leiva Bugler, Hernán. "Sistema de Dirección", (12 de agosto de 2013). Disponible en:
<http://suspensionydireccion.bligoo.com/content/view/192461/Sistema-de-Direccion.html>

9. Maciel Almiron, Catherine Pamela. "Sistemas Tecnológicos: Sistema Mecánico", (11 de noviembre de 2013). Disponible en:
<http://st32caren2.blogspot.com/>

10. Moreno Flores, Alex Jherry. "Sistemas de Dirección Del Automóvil", (12 de julio de 2013). Disponible en:
<http://es.scribd.com/doc/136159658/89525430-Sistemas-de-Direccion-Del-Automovil>

11. Ortuñez, Lorena. "El aluminio", (18 de junio de 2013). Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos95/el-aluminio/el-aluminio.shtml>

12. Palacios Abad, Rubén Darío/Palacios Abab, Stalin Eduardo. (2012).
"Estudio de un sistema de dirección asistida para un vehículo LADA
Modelo NIVA 2121 motor 1600 c.c. 4x4". 1° edición. Cuenca –
Ecuador.

13. Pérez Barragán, Miguel Ángel. "La nueva ciencia de los materiales",
(18 de junio de 2013). Disponible en:
[http://www.monografias.com/trabajos94/nueva-ciencia-
materiales/nueva-ciencia-materiales.shtml](http://www.monografias.com/trabajos94/nueva-ciencia-materiales/nueva-ciencia-materiales.shtml)

14. Pérez Morales, Jafé David. "Procedimiento para el diseño de vehículo
categoría mini baja-SAE", (19 de diciembre de 2012). Disponible en:
<http://es.scribd.com/doc/58475907/42/Tipos-de-Sistemas-de-Direccion>

15. Pilamunga Agualongo, Edwin Aníbal. (2009). "Proyecto para la
implementación de un banco de pruebas de la dirección hidráulica en
el Taller de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Facultad de
Mecánica de la ESPOCH". 1° edición. Riobamba – Ecuador.

16. Reyes R., Efraín Alexander. “Sistema de dirección del vehículo”, (23 de noviembre de 2012). Disponible en:
<http://www.slideshare.net/efrain1-9/sistema-de-direccion-14009412>
17. Salvador G., Max. (19939. “Elementos de máquinas”. 3° edición. Editorial “Ciencias” S.R.Ltda, Lima – Perú.
18. Shackelford, James F. (2005). “Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros”. 6° edición. Editorial Pearson Educación S.A. Madrid – España.
19. Toyota Service-Training. (1990). Manual de Entrenamiento Volumen 11, “Sistema de Dirección”, Etapa 2. Pub. N°. TTM2115. Lima- Perú.
20. Toyota Service-Training. (1990). Manual de Entrenamiento Volumen 12, “Alineamiento de Ruedas y Neumáticos”, Etapa 2. Pub. N°. TTM2125. Lima – Perú.
21. ZabalzaVillalva, Isidro. (2010). “Síntesis cinemática y Dinámica de Mecanismos. Manipulador Paralelo 6 – RKS”. 1° edición. Editorial Universidad Pública de Navarra, Pamplona – España.

ANEXOS

ANEXO A

Análisis cuantitativo mediante SEM – EDX

INFORME TÉCNICO N° 01

A : MSc. Avelino Pari Pinto
DE : Bach. Edwin César Nina Huaynapata
ASUNTO : Análisis cuantitativo mediante SEM-EDX.
FECHA : 04 de Febrero del 2013.

1. INTRODUCCIÓN

Muestras de aleación de aluminio de cremallera hidráulica rectificadas y soldadas por Edwin C. Nina Huaynapata, preparadas en el Laboratorio de Metalurgia de la E.A.P. de Ingeniería Metalúrgica de la UNJBG y el análisis cuantitativo mediante MEB-EDX se efectuó en el Instituto de Altos Estudios de Investigación de la Universidad de Tarapacá en Arica Chile.

2. OBJETIVO

Análisis cuantitativo de elementos químicos, de una aleación de aluminio mediante microscopio electrónico de barrido (MEB) y microanalizador por R-X (EDX).

3. EQUIPOS MATERIALES

- 01 Desbastadora manual de 4 cintas, marca Struers.
- 01 Pulidora mecánica de disco y paño, marca Buheler.
- 50 Mililitros de lechada de alúmina de 0,3 micras.
- 20 Mililitros de Nital 5
- 05 Mililitros de alcohol etílico
- 01 Microscopio electrónico de barrido, marca Carl Zeiss, modelo EVO LS 10
- 01 Cámara fotográfica digital, marca Panasonic.

4. MUESTRAS

Aleación de aluminio de cremallera hidráulica rectificadas y soldadas

5. PREPARACIÓN METALOGRAFICA

- 5.1. **Desbaste manual fino:** 4 etapas, lijas de agua N° 240, 320, 400 y 600.

- 5.2. **Pulido grueso:** por 3 minutos en disco de plástico con paño pelo corto y lechada de alúmina de 0,3 micras.
- 5.3. **Pulido fino:** por 3 minutos en disco de plástico con paño pelo corto suave y lechada de alúmina de 0,05 micras.
- 5.4. **Ataque químico:** con Nital 5 por lapso de 1 minuto.
- 5.5. **Limpieza y desengrase:** con algodón y alcohol etílico.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

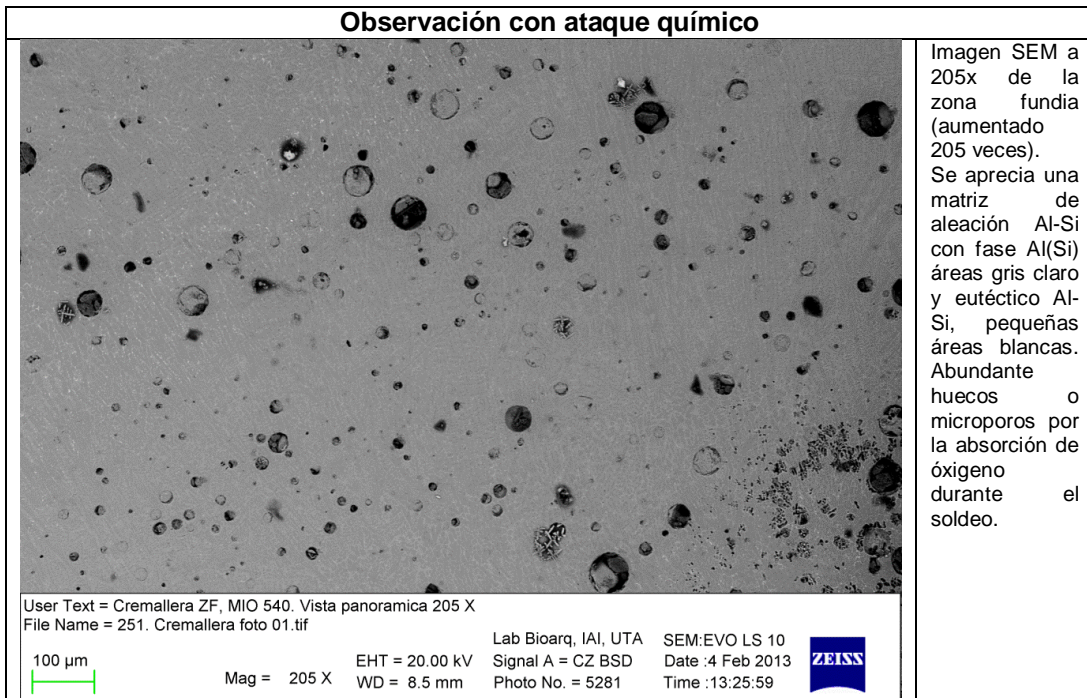
6.1. OBSERVACIÓN MACROSCÓPICA



Fuente: Elaboración propia

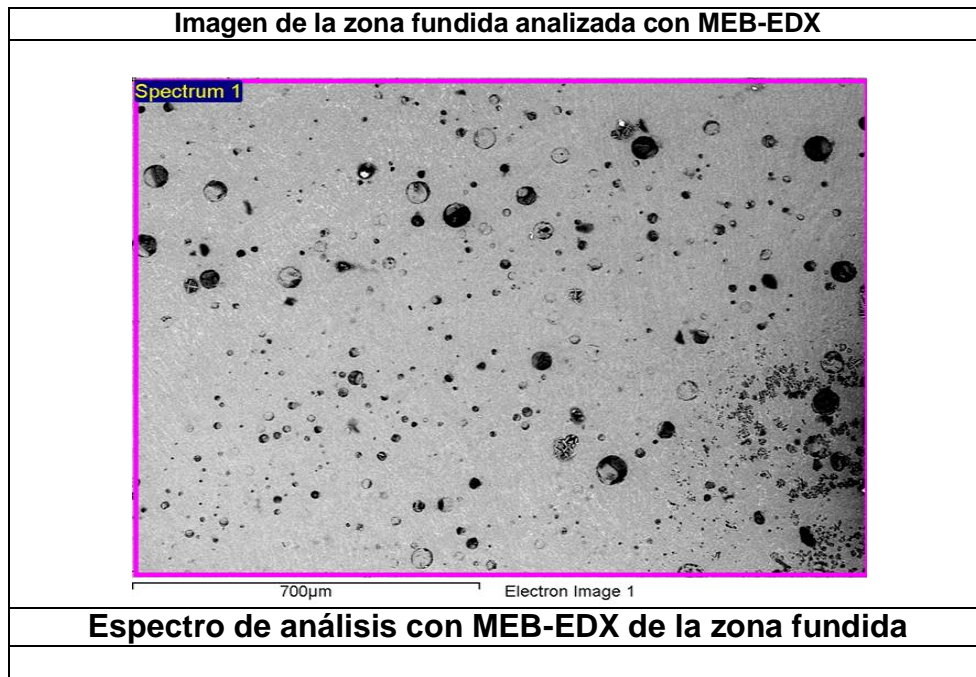
6.2. IMAGEN Y MICROANÁLISIS DE LA ZONA FUNDIDA

a) Imagen MEB de la zona fundida



Fuente: Elaboración propia

b) Microanálisis MEB-EDX de la zona fundida



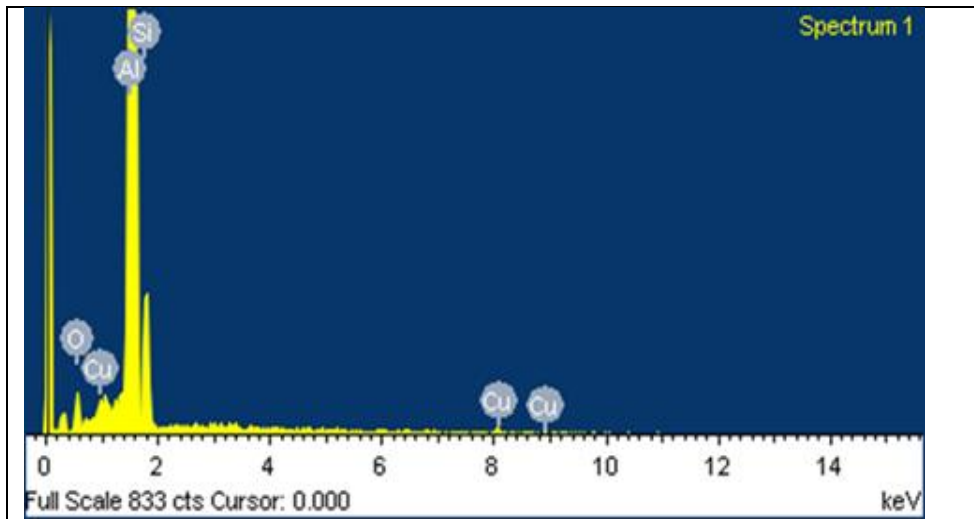


Tabla de análisis elementos químicos en la zona fundida

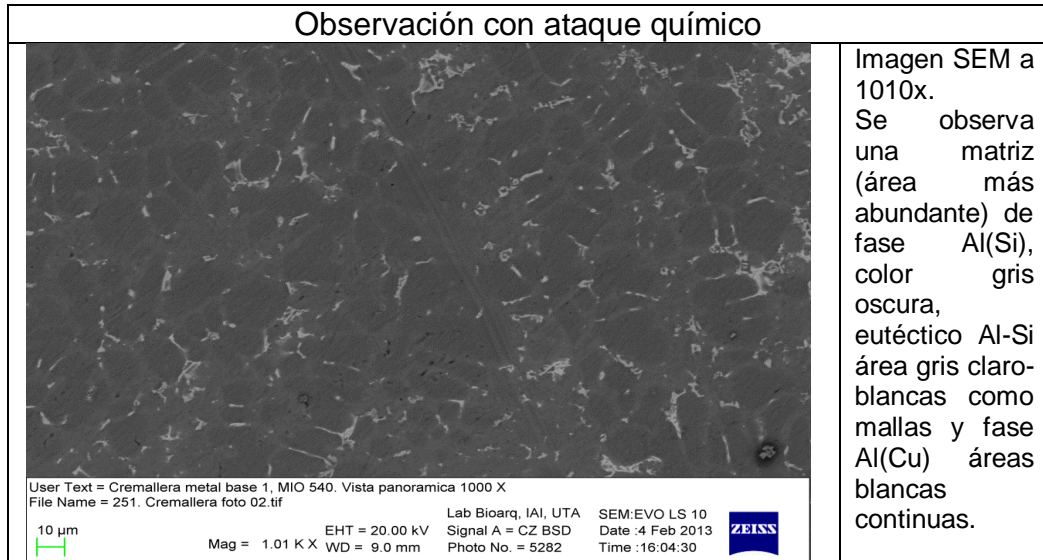
| Elemento | % en peso | % Atómico |
|--------------|---------------|-----------|
| Al | 48,94 | 37,06 |
| Si | 3,22 | 2,34 |
| Cu | 0,51 | 0,16 |
| O | 47,33 | 60,44 |
| Total | 100,00 | |

El microanálisis del área que muestra la imagen SEM nos reporta la presencia de Aluminio con pequeño contenido de silicio y cobre; tratándose por lo tanto de aluminio casi puro, con pequeña cantidad de eutéctico Al-Si. El alto contenido de oxígeno absorbido del aire durante la operación de soldeo, que en la imagen se evidencia por la abundante cantidad de microporos, lo cual evidentemente debilita al material en dicha zona.

Fuente: Elaboración propia

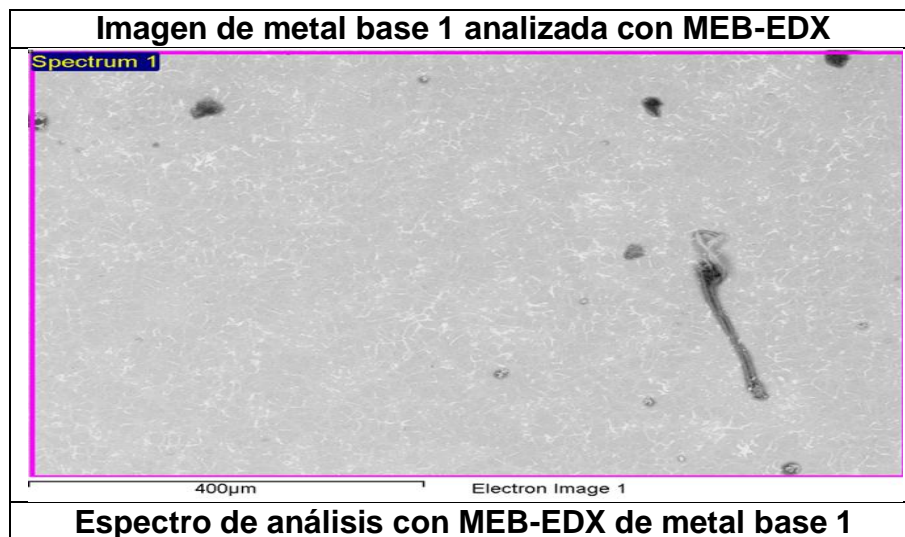
6.3. IMAGEN Y MICROANÁLISIS DE METAL BASE 1

a) Imagen MEB de metal base 1



Fuente: Elaboración propia

b) Microanálisis MEB-EDX de metal base 1



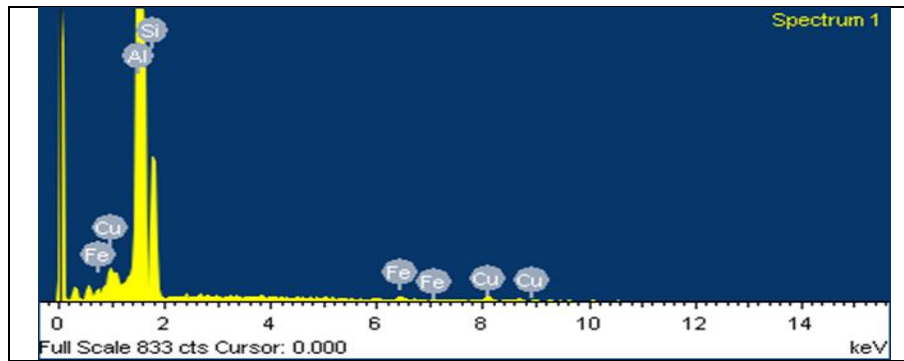


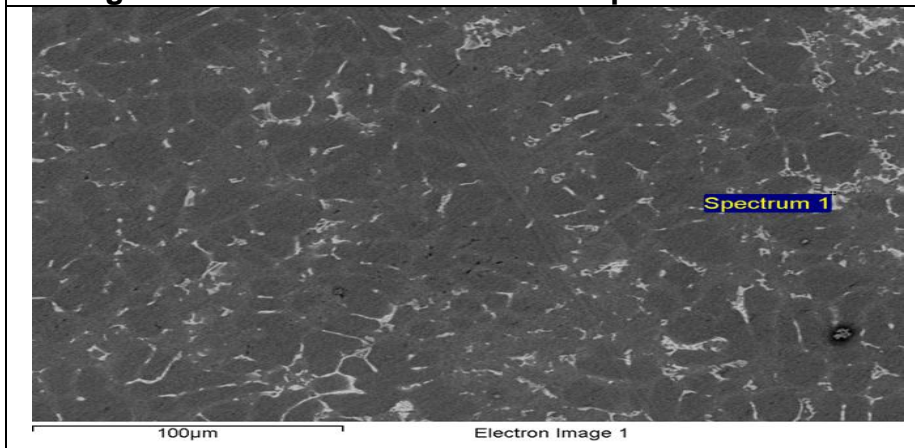
Tabla de análisis elementos químicos del metal base 1

| Elemento | % En peso | % Atómico |
|--------------|---------------|-----------|
| Al | 83,78 | 85,37 |
| Si | 13,86 | 13,57 |
| Fe | 0,73 | 0,36 |
| Cu | 1,62 | 0,70 |
| Total | 100,00 | |

Por los elementos presentes en la muestra y la imagen SEM se deduce que se trata de una aleación Al-Si, con contenidos bajos de Fe y Cu, que se encuentran como impurezas.

c) Microanálisis MEB-EDX puntual de metal base 1

Imagen de metal base 1 con análisis puntual MEB-EDX



Espectro de análisis puntual MEB-EDX de metal base 1

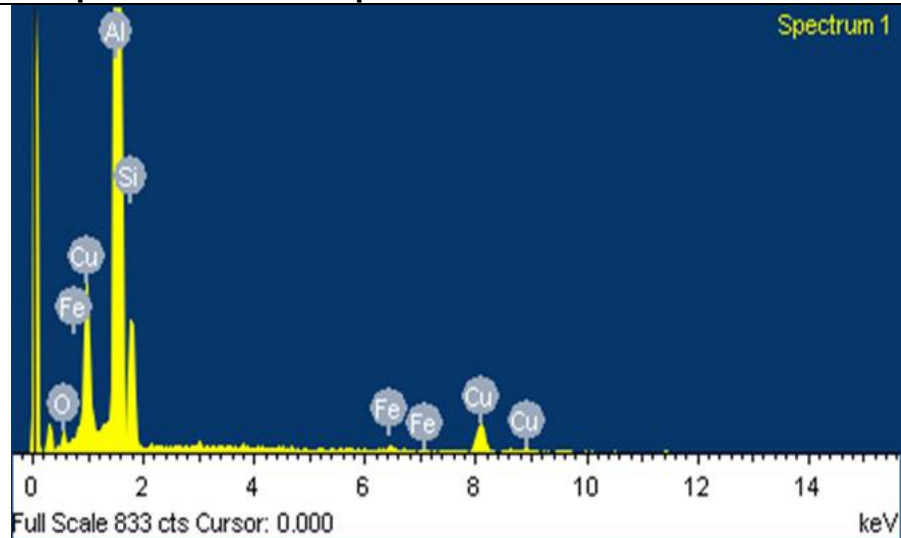


Tabla de análisis puntual de elementos químicos de metal base 1

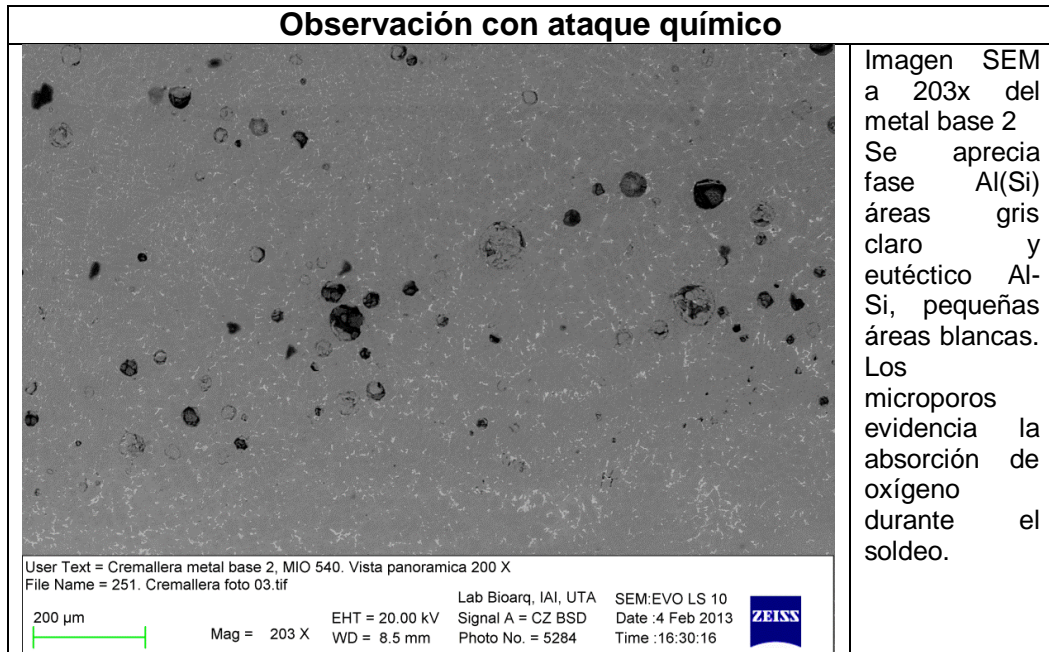
| Elemento | % En peso | % Atómico |
|--------------|---------------|-----------|
| O | 3,07 | 5,39 |
| Al | 76,64 | 79,96 |
| Si | 10,03 | 10,05 |
| Fe | 0,72 | 0,36 |
| Cu | 9,54 | 4,23 |
| Total | 100,00 | |

Microanálisis sobre la imagen del eutéctico Al-Si nos reporta una composición muy cercana a la composición teórica del eutéctico Al-Si (87,4 % Al, 12,6 % Si), lo que nos confirma que se trata de una aleación Al-Si con presencia de Fe y Cu. La presencia de microporos en el material circundante al cordón de soldadura hace suponer que el sobrecalentamiento de la zona hace que el oxígeno del aire se difundiera dentro de la aleación.

Fuente: Elaboración propia

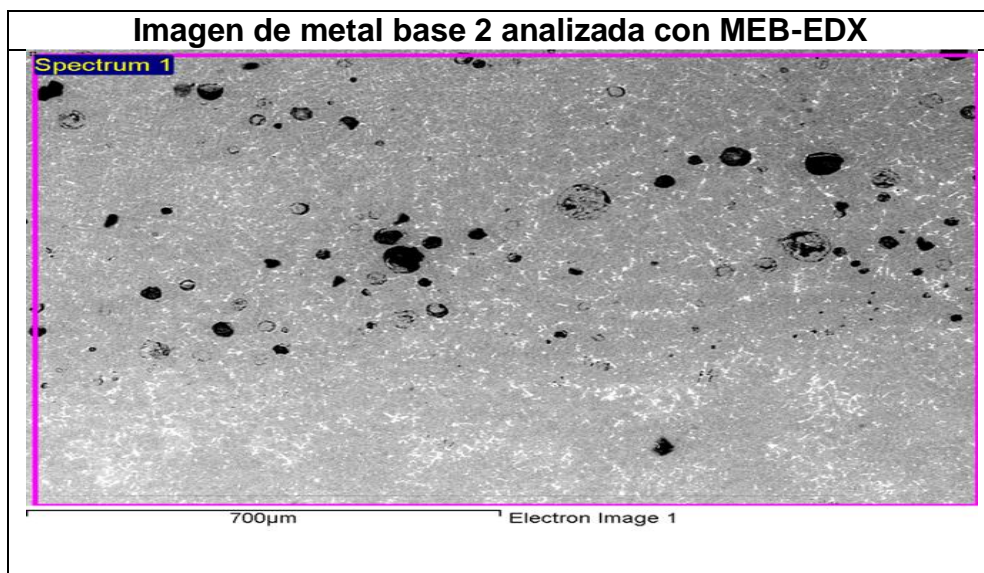
6.4. IMAGEN Y MICROANÁLISIS DE METAL BASE 2

a) Imagen MEB de metal base 2

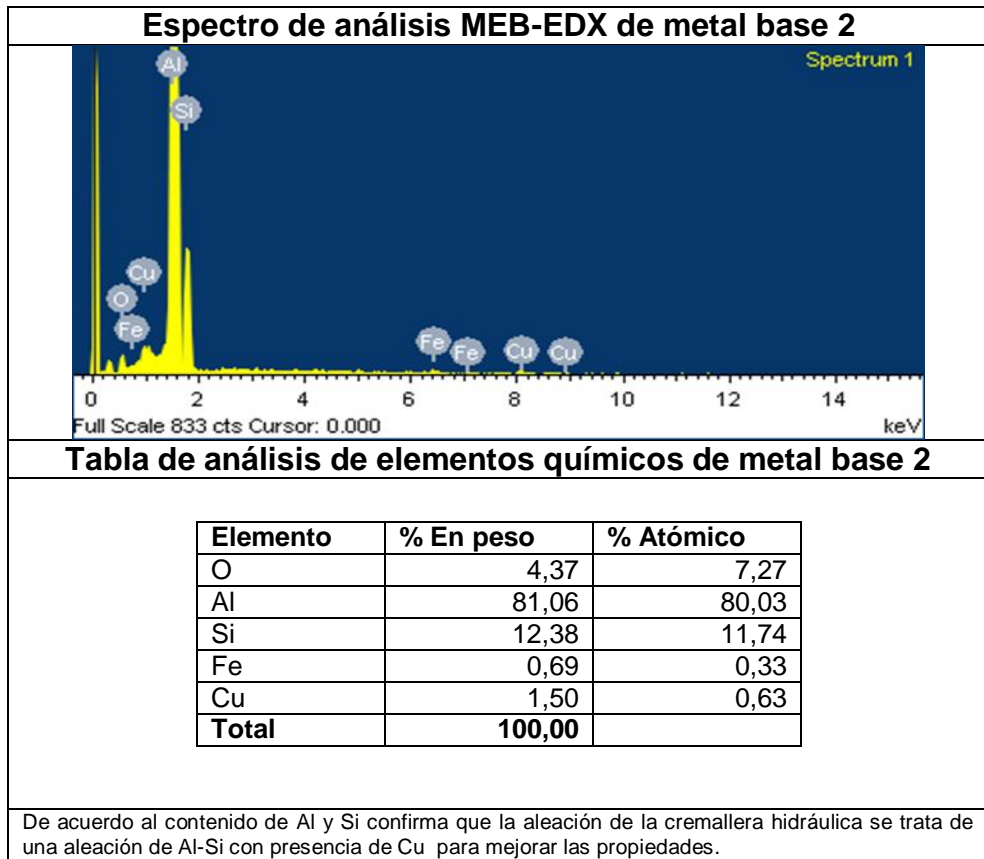


Fuente: Elaboración propia

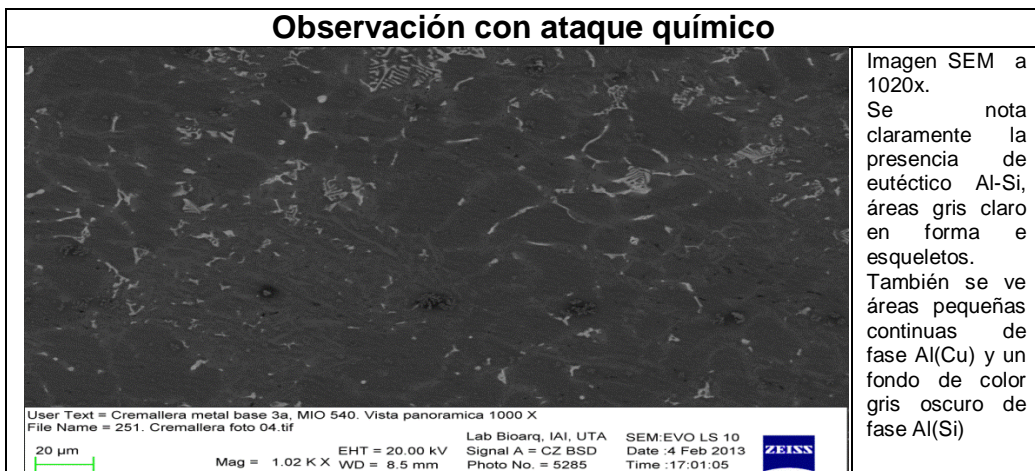
b) Microanálisis MEB-EDX de metal base 2



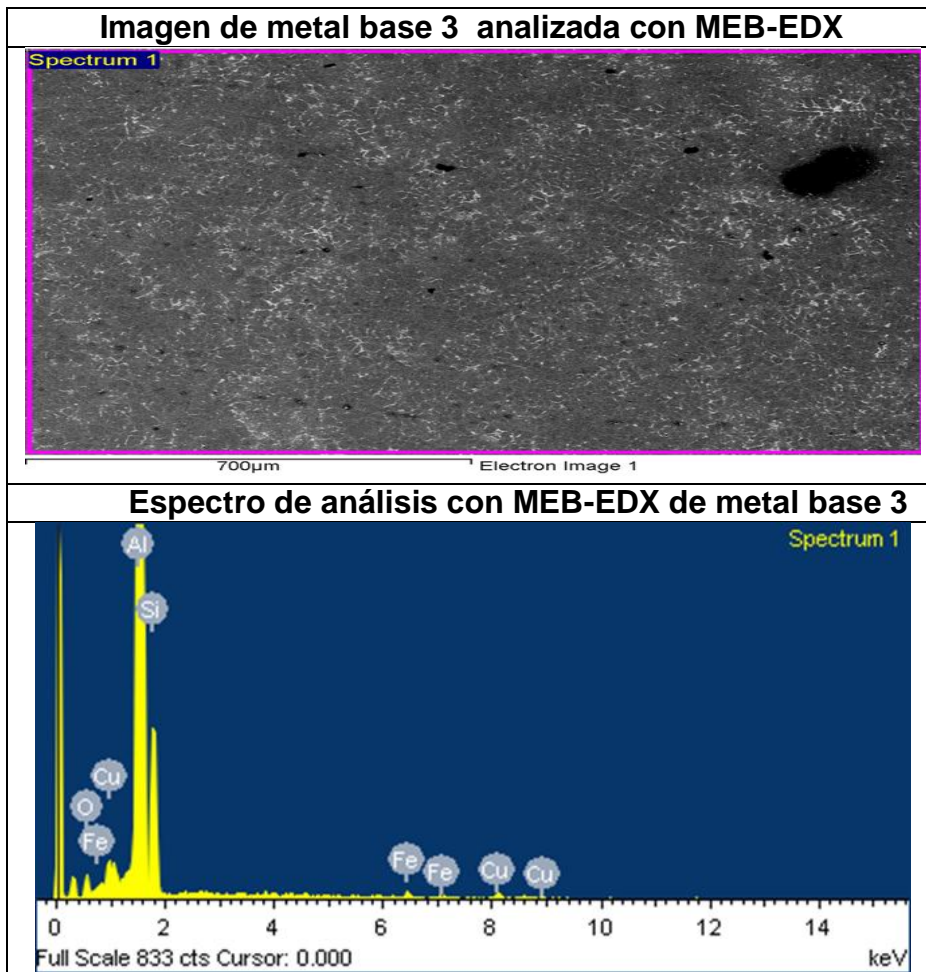
Fuente: Elaboración propia



6.5. IMAGEN Y MICROANÁLISIS DE METAL BASE 3
a) Imagen MEB de metal base 3



b) Microanálisis MEB-EDX de metal base 3



Fuente: Elaboración propia

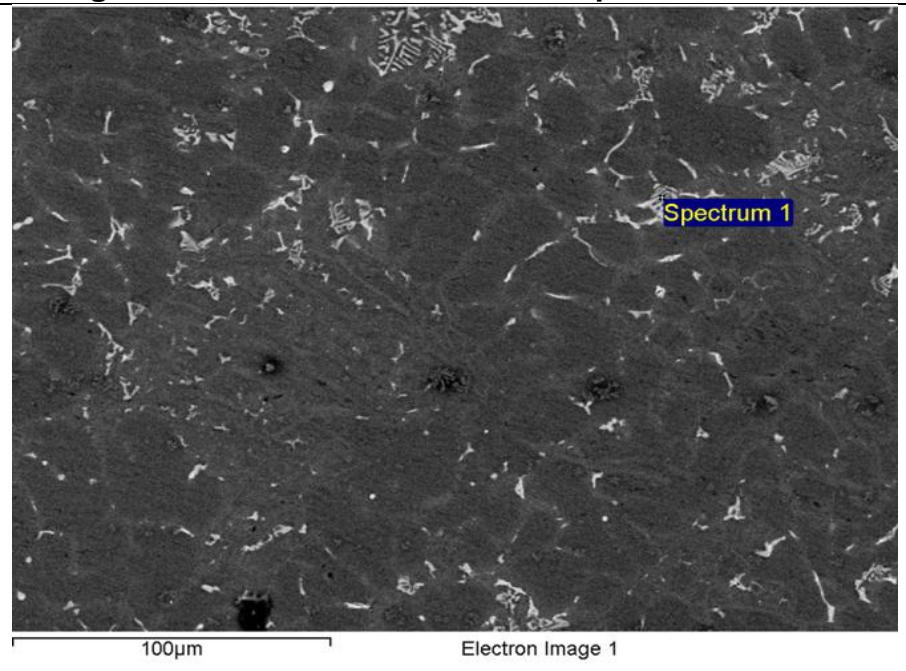
Tabla de análisis de elementos químicos de metal base 3

| Elemento | % En peso | % Atómico |
|--------------|---------------|-----------|
| O | 4,11 | 6,87 |
| Al | 80,03 | 79,28 |
| Si | 13,44 | 12,79 |
| Fe | 0,69 | 0,33 |
| Cu | 1,73 | 0,73 |
| Total | 100,00 | |

De acuerdo al contenido de Al y Si, en la aleación original, nos confirma que la aleación de la cremallera hidráulica es una aleación de Al-Si con presencia de Cu para mejorar las propiedades y Fe como impureza. El oxígeno presente, procedente del aire absorbido durante la fabricación, posiblemente se encuentra combinado con el aluminio (Al_2O_3), justifica la presencia de los microporos.

c) Microanálisis MEB-EDX puntual de metal base 3

Imagen de metal base 3 con análisis puntual MEB-EDX



Espectro de análisis puntual MEB-EDX de metal base 3

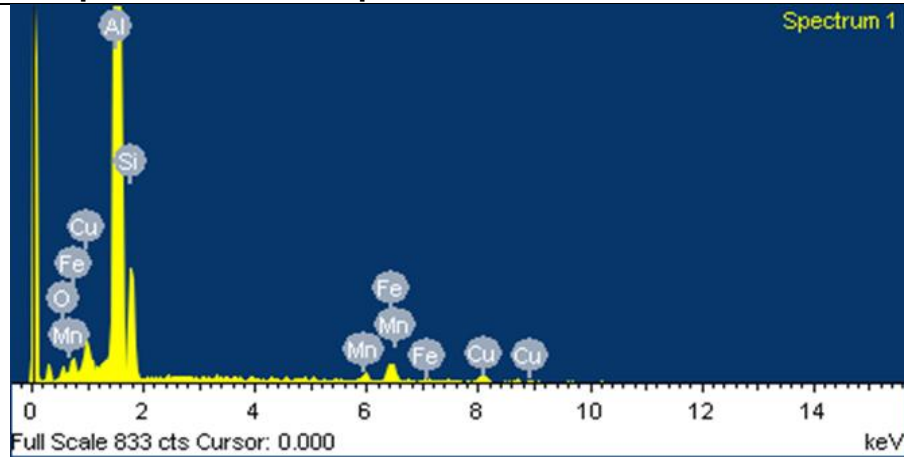


Tabla de análisis puntual de elementos químicos de metal base 3

| Elemento | % En peso | % Atómico |
|--------------|---------------|-----------|
| O | 2,93 | 5,08 |
| Al | 78,71 | 81,03 |
| Si | 9,97 | 9,86 |
| Mn | 1,16 | 0,59 |
| Fe | 4,58 | 2,28 |
| Cu | 2,65 | 1,16 |
| Total | 100,00 | |

Microanálisis sobre el eutéctico Al-Si, de la aleación original, nos da un porcentaje de Al y Si muy cercano a la composición química teórica del eutéctico Al-Si.

Fuente: Elaboración propia

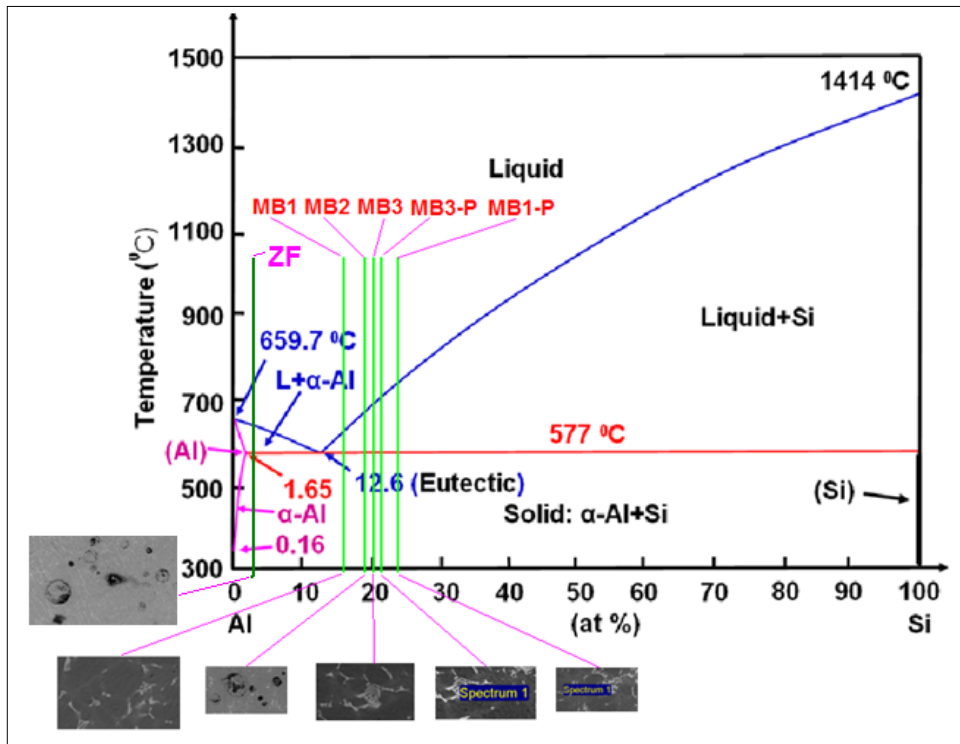
7. ANÁLISIS GENERAL

A continuación, se presenta la imagen de la macrografía y una tabla resumen con el contenido de elementos químicos presentes en las diferentes zonas; con la finalidad de comparar y ubicarlos sobre el diagrama de equilibrio del sistema AL-Si.



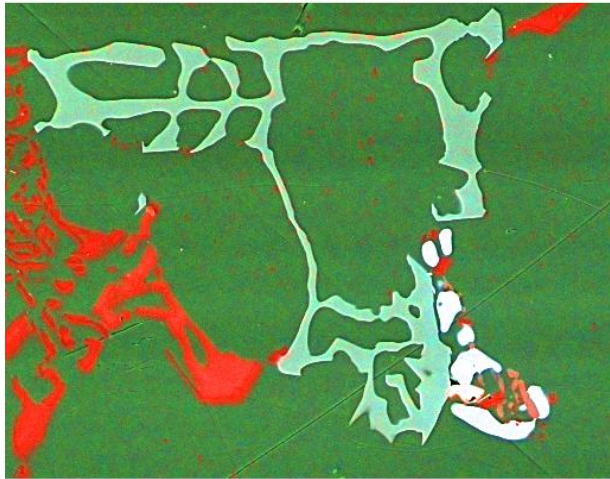
| ELEMENTO | ZONA FUNDIDA ZF | METAL BASE 1 BARRIDO MB1 | METAL BASE 1 PUNTUAL MB1-P | METAL BASE 2 BARRIDO MB2 | METAL BASE 3 BARRIDO MB3 | METAL BASE 3 PUNTUAL MB3-P |
|--------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| O | 47,33 | - | 3,07 | 4,37 | 4,11 | 2,93 |
| Al | 48,94 | 83,78 | 76,64 | 81,06 | 80,03 | 78,71 |
| Si | 3,22 | 13,86 | 10,03 | 12,38 | 13,44 | 9,97 |
| Mn | - | - | - | - | - | 1,16 |
| Fe | - | 0,73 | 0,72 | 0,69 | 0,69 | 4,58 |
| Cu | 0,51 | 1,62 | 9,54 | 1,50 | 1,73 | 2,65 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Fuente: Elaboración propia



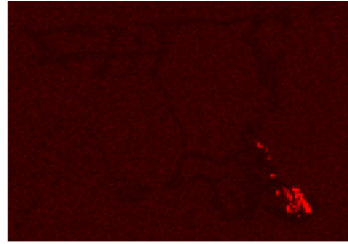
Fuente: Elaboración propia

PhaseAnalysis of Al Alloy

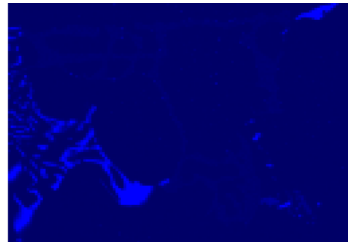


100µm

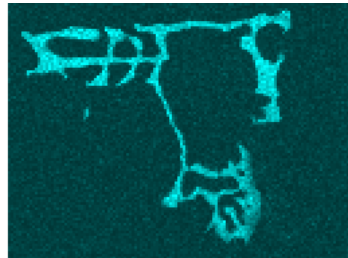
Cameo+



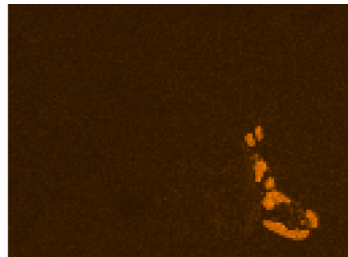
Magnesium Ka1_2



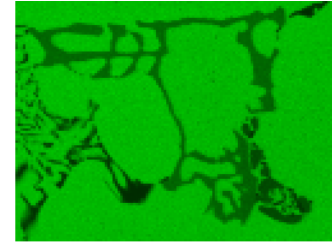
Silicon Ka1



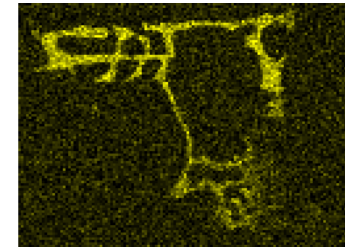
Manganese Ka1



Copper Ka1



Aluminum Ka1



Chromium Ka1



Iron Ka1

Comment:

ANEXO B

MÉTODO DE ENSAYO POR: DUREZA BRINELL

OBJETIVO DEL ENSAYO. Determinar experimentalmente la dureza Brinell. Estudiar su campo de aplicación.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS GENERALES.

Definición de dureza: Se entiende por dureza la propiedad de la capa superficial de un material de resistir la deformación elástica, plástica y destrucción, en presencia de esfuerzos de contacto locales inferidos por otro cuerpo, más duro, el cual no sufre deformaciones residuales (indentador o penetrador), de determinada forma y dimensiones.

Un análisis de la anterior definición nos lleva a las siguientes conclusiones: 1) la dureza, por definición, es una propiedad de la capa superficial del material, no del material en sí; 2) los métodos de dureza por indentación presuponen la presencia de esfuerzos de contacto, por lo tanto la dureza puede ser cuantificada como tal; 3) el indentador o penetrador no debe sufrir deformaciones residuales.

El estándar ASTM E 10-78 define la dureza Brinell como un método de ensayo por indentación por el cual, con el uso de una máquina calibrada, se fuerza una bola endurecida, bajo condiciones específicas, contra la superficie del material a ensayar y se mide el diámetro de la impresión resultante luego de remover la carga (figura 1).

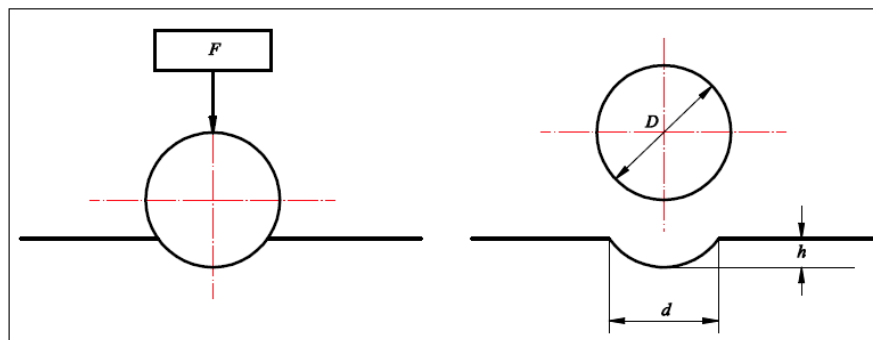


Figura 1. Símbolos que describen la dureza Brinell

Ateniéndonos a la definición, el número de dureza Brinell (como esfuerzo de contacto), es la relación de la carga P que efectúa el indentador esférico de diámetro D , al área de la superficie de la huella:

$$HBS \text{ o } HBW = \frac{F}{A} = \frac{F}{\left(\frac{\pi D}{2}\right)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{F}{D^2 \left[\frac{\frac{2}{\pi}}{1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2}} \right]}$$

HBS para los casos en que se utilice bola de acero

HBW para cuando se utilice bola de carburo de tungsteno

El **carburo de tungsteno** es un compuesto cerámico formado por tungsteno y carbono. Pertenece al grupo de los carburos con composición química de W3C hasta W6C.

La deducción de la fórmula de cálculo del área A del casquete esférico, puede verse en el anexo 1.

En la práctica se usa la siguiente fórmula de trabajo:

Donde:

D = es el diámetro de la bola en mm ,

F = es la carga aplicada en kgf , y

d = es el diámetro medio de la indentación en mm .

El método estándar como tal se realiza bajo las siguientes condiciones:

Diámetro de la bola (D): 10 mm

Carga (F): 3000 kgf

Duración de la carga (t): 10...15 s

En el caso de realizarse el ensayo bajo estas condiciones el número de dureza Brinell se denota sin ningún sufijo. Ejemplo: 220 HB

Esta notación indica una dureza Brinell de 220 bajo las condiciones estándar arriba nombradas. (10/3000/15).

Si por alguna razón no pueden aplicarse las condiciones estándar es posible aplicar cargas menores y utilizar indentadores esféricos de diámetros menores (estas mediciones no se consideran como estándar). En este caso la obtención de resultados comparables de los ensayos exige la observación del criterio de semejanza que para el caso dado corresponde a la constante de la relación de la carga respecto al cuadrado del diámetro de la bola (obsérvese la fórmula de dureza), es decir,

$$\frac{P}{D^2} = const$$

Se toma esta relación igual a 30, 10 y 2,5 según la naturaleza y dureza supuesta del material investigado (ver tablas de anexo 2).

En el caso de realizarse el ensayo bajo condiciones distintas a las estándar y atendiendo a la consideración anterior, la dureza Brinell se denota también como HB , pero con la adición de sufijos que indiquen el diámetro de la bola, la carga y el tiempo de aplicación de la misma. Ejemplo:

63 HB 10/500/30

Esta notación indica una dureza Brinell de 63 medida con una bola de 10 mm de diámetro y una carga de 500 kgf aplicada durante 30 s.

Para la escogencia de la relación de carga y la correspondiente combinación de diámetro de bola y carga a aplicar se poseen tablas ampliamente conocidas. Se muestran en el anexo 2 las tablas tomadas (con algunos cambios y adiciones), del manual de la máquina de dureza Brinell de nuestro Laboratorio.

Se debe tener sumo cuidado en que el diámetro de la huella esté entre el 24% y 60% del diámetro de la bola. Es decir, para las condiciones estándar (bola de ≈ 10 mm), el diámetro de la huella debe estar entre 2,4 y 6 mm. En la literatura se considera que la huella "ideal" es de $d = 0,375 D$.

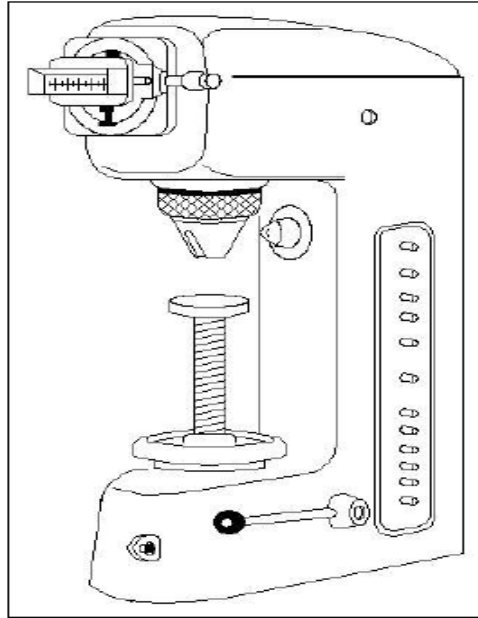
PROCEDIMIENTO

Para obtener la dureza Brinell de la superficie de un material se presiona contra la probeta una bola de acero con determinado diámetro D . La bola se mantiene algún tiempo bajo la carga P . Luego de retirada la carga se miden dos diámetros, en direcciones mutuamente perpendiculares, de la impronta dejada, con ayuda de un microscopio. El valor medio de los diámetros (d) y los otros valores se sustituyen en la fórmula de trabajo para obtener el valor de la dureza Brinell. En las mismas condiciones se realizan varias indentaciones más.

MAQUINARIA, MATERIALES E INSTRUMENTOS DE MEDIDA.

Máquina. Para los ensayos Brinell se usa el escleroscopio HP-250 marca [Werkstoffprüfmaschinen](#), del cual se muestra su aspecto general en la figura 2. Este aparato sirve para la medición tanto de dureza Brinell como Vickers. Aplica cargas hasta de 250 kgf, por lo que es necesario aplicar los criterios de semejanza de los que se habló arriba. Posee incorporado un microscopio de medición, que tiene una resolución de 0,001 mm.

Aspecto general del esclerómetro WPM HP-250



El estándar ASTM E 10 presenta las siguientes exigencias a las máquinas de medición de dureza Brinell: el diseño debe ser tal que se excluya cualquier mecimiento o movimientos laterales del indentador o de la probeta durante la aplicación de la carga.

En las máquinas que usan pesos muertos, para la aplicación de la carga deben evitarse las sobrecargas al momento de la aplicación de la fuerza causadas por la inercia del sistema.

Probetas. Se ensayarán tres probetas cilíndricas: de acero, de latón y de aleación de aluminio, similares a las usadas durante el ensayo de compresión.

El estándar ASTM E 10 presenta las siguientes exigencias a las probetas usadas para la medición de la dureza Brinell: para evitar que el efecto de la indentación aparezca en el lado opuesto de la probeta, el espesor de ésta debe ser al menos 10 veces más que la profundidad de la indentación. Cuando sea necesario, la superficie debe ser lijada y pulida de manera que se observen con claridad los bordes de la huella en el momento de la medición con la precisión necesaria. Se debe tener cuidado de no sobrecalentar la superficie en los procesos de pulimento.

Indentadores. La bola estándar para el ensayo de dureza Brinell debe tener 10 mm de diámetro con una desviación no mayor de 0,005 en cualquiera de los diámetros. Las bolas más pequeñas tienen diámetros y tolerancias como se muestra en la siguiente tabla.

Diámetro de la bola [mm] Tolerancia [mm]

| Diámetro de la bola (mm) | Tolerancia (mm) |
|--------------------------|-----------------|
| 10 | ± 0,005 |
| 5 | ± 0,004 |
| De 1 hasta 2,5 | ± 0,003 |

- Las bolas de carburo de tungsteno deben tener una dureza Vickers (*HV*) de al menos 1500 (actualmente no se recomiendan bolas de acero).
- La prueba de dureza Brinell no se recomienda para materiales que tengan una dureza superior a 650 *HBW*.
- Las bolas deben estar excelentemente pulidas y libres de defectos en su superficie.
- Las bolas no deben sufrir deformaciones residuales más altas que las indicadas en la tabla.

Microscopio. Según el estándar las divisiones de la escala del microscopio u otros aparatos de medición utilizados para la medición del diámetro de la huella deberán ser tales que permitan la medición del diámetro de 0,1 mm y la estimación del diámetro a 0,05 mm, cifra ampliamente superada por el microscopio incorporado en la máquina WPM HP-250.

REALIZACIÓN DEL ENSAYO

Como el ensayo se realiza bajo la estricta supervisión y dirección del profesor y monitor, sólo se darán aquí algunas recomendaciones adicionales.

1. De acuerdo al material de la probeta se debe escoger el grado de fuerza (P/D^2) según tabla anexo 2. Es decir:

Acero: 30

Latón: 10

Aleación de aluminio: 10

2. A partir del grado de fuerza y atendiendo las cargas posibles de aplicar en la máquina, escogemos la combinación más conveniente de carga y diámetro de Indentador.

Acero: $D = 2,5$ mm; $P = 187,5$ kgf

Latón: $D = 2,5$ mm; $P = 62,5$ kgf

Aleación de aluminio: $D = 2,5$ mm; $P = 62,5$ kgf

3. Cada vez que se realice cambio de indentador la primera impronta obtenida no será tenida en cuenta, esto para permitir el asentamiento del sistema bola, montura y porta bola.
4. Se realizarán entre 5 y 10 indentaciones por probeta, teniendo en cuenta que la separación del borde de la probeta y de una huella al borde de la otra debe ser mayor a 2,5 veces el diámetro de la huella.

TRATAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Los datos de diámetro de cada impronta, tomados en direcciones perpendiculares, se promedian y mediante la fórmula de trabajo.

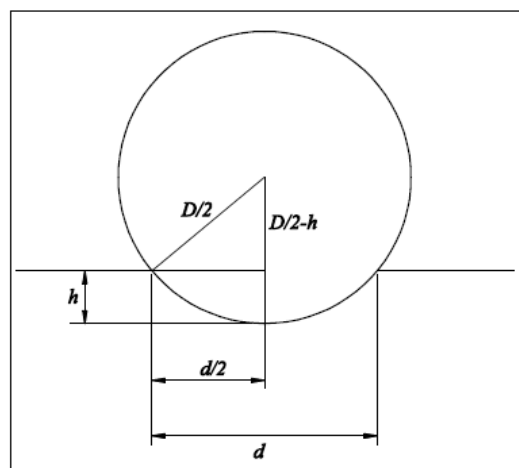
$$\text{HBS o HBW} = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Se determina la dureza Brinell. Para obtener un dato consolidado se promedian las durezas obtenidas en todas las indentaciones de cada probeta. Este número se redondea hasta unidades enteras (tres cifras significativas). Los resultados se presentan escribiendo la notación estándar correcta. Ejemplo:

Probeta de acero: 221 HB 2,5/187,5/15

ANEXO 1

DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE UN CASQUETE ESFÉRICO



Fuente: Elaboración propia

El área del casquete esférico es: $A = \pi \times D \times h$

Debido a la dificultad para la medición de h (profundidad de indentación), debemos expresar la en función de los diámetros de la bola D y de la huella d .

Aplicando el teorema de Pitágoras:

$$\left(\frac{D}{2} - h\right)^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \left(\frac{D}{2}\right)^2;$$

$$\frac{D^2}{2} - \frac{2Dh}{2} + h^2 = \frac{D^2}{4} - \frac{2d}{4};$$

$$h^2 - Dh + \frac{d^2}{4} = 0;$$

Entonces:

$$h = \frac{D \pm \sqrt{D^2 - d^2}}{2},$$

Se debe tomar sólo la solución con signo negativo debido a que es imposible obtener un $h > D/2$, sustituyendo:

$$A = \frac{\pi D}{2} \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)$$

ANEXO 2

Tabla de selección de los grados de fuerza

| Material | Gama de durezas HB | Grado de fuerza $\left(\frac{P}{D^2}\right)$ | Tiempo de aplicación (s) |
|--|--------------------|--|--------------------------|
| Hierro dulce, acero, acero colado, fundición maleable. | 67...500 | 30 | 10...15 |
| Metales ligeros, aleaciones fundidas y amasadas, aleaciones de fundición inyectadas, cobre, latón, bronce, níquel, aleaciones de aluminio. | 22...315 | 10 | 30 |
| Aluminio puro, magnesio, cinc, latón fundido. | 11...158 | 5 | 60 |
| Metales antifricción. | 6...78 | 2,5 | 60 |
| Plomo, estaño, soldadura blanda. | 3...39 | 1,25 | 60 |
| Metal blando con temperaturas más elevadas | 1...15 | 0,5 | 60 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla de selección de diámetros y magnitud de fuerza

| Diámetro de la esfera (mm) | GRADO DE FUERZA $\left(\frac{P}{D^2}\right)$ | | | | | |
|----------------------------|--|------|-------|--------|--------|-------|
| | 30 | 10 | 5 | 2,5 | 1,25 | 0,5 |
| 10 | 3000 | 1000 | 500 | 250 | 125 | 50 |
| 5 | 750 | 250 | 125 | 62,5 | 31,25 | 12,5 |
| 2,5 | 187,5 | 62,5 | 31,25 | 15,625 | 7,8125 | 3,125 |

Fuente: Elaboración propia

Para la máquina HP 250 de nuestro Laboratorio los valores de fuerza están limitados a los números en negrilla.

ANEXO C

Soldeo de aluminio y sus aleaciones (Manual soldeo de aluminio y sus aleaciones)

1. PROPIEDADES DEL ALUMINIO

El aluminio es un metal ligero, de color blanco plateado y relativamente blando.

Si comparamos dos piezas de las mismas dimensiones, una de aluminio y otra de acero, observaremos que el peso de la primera es aproximadamente tres veces superior a la de la segunda, por lo que podemos decir que la densidad del aluminio es la tercera parte de la del acero.

El aluminio es conocido también por su resistencia a la corrosión frente al aire, agua, aceites, alimentos y muchos agentes químicos. Esta resistencia se debe a la existencia de una capa de óxido de aluminio, llamada alúmina, que impide la corrosión del metal. Se trata de una capa refractaria, es decir, que posee una temperatura de fusión muy elevada por lo que se debe retirar antes o durante la operación de soldeo para permitir una buena fusión del metal base.

El aluminio es un metal muy dúctil (incluso a muy bajas temperaturas) y con baja resistencia mecánica. Sin embargo las aleaciones de aluminio tienen mayor resistencia mecánica que el aluminio puro ya que los elementos de aleación endurecen y mejoran las características mecánicas del aluminio.

El aluminio puro se utiliza principalmente en aplicaciones eléctricas, debido a su excelente conductividad eléctrica, superior a la de las aleaciones de aluminio.

2. ALEACIONES DE ALUMINIO

El aluminio se alea principalmente con el Cobre (Cu), Magnesio (Mg), Silicio (Si), y Zinc (Zn). También se suelen añadir pequeñas cantidades de Cromo (Cr), Hierro (Fe), Níquel (Ni) y Titanio (Ti). Existen multitud de aleaciones de aluminio, con la ventaja de que cada una de ellas posee alguna característica superior a la del aluminio sin alear.

Las piezas de las aleaciones de aluminio pueden obtenerse por moldeo, consiguiéndose así piezas de formas variadas, o mediante procesos que conllevan una deformación, como la laminación o la forja, con los que se obtienen chapas, barras, tubos, alambres, perfiles, etc. A las aleaciones destinadas a la obtención de este tipo de productos se les denominan aleaciones para forja.

Tanto en el grupo de aleaciones para forja, como en el de aleaciones para moldeo, se pueden distinguir dos tipos de aleaciones: X- Aleaciones tratables térmicamente (también llamadas bonificables).

Y aleaciones no tratables térmicamente (también llamadas no bonificables).

El tratamiento térmico de bonificado consiste en un calentamiento a 500°C con enfriamiento rápido; posteriormente, y dependiendo de la aleación, se realizará una maduración natural o artificial. La maduración natural consiste en el mantenimiento a temperatura ambiente y la artificial a unos 200°C.

Si se realizara este tratamiento sobre las aleaciones bonificables, aumentarían su dureza y resistencia mecánica, mientras que sobre las aleaciones no bonificables, no experimentarían ningún cambio significativo sobre sus propiedades.

2.1 Designación de las aleaciones de aluminio para forja

Sólo se expondrán las aleaciones para forja puesto que son las que más se destinan a trabajos de soldeo.

Según la norma UNE 38-300 “Aluminio y aleaciones para forja. Generalidades”, el aluminio y las aleaciones de aluminio para forja constituyen la serie L-3XXX. Esta serie se clasifica en grupos, atendiendo a los principales elementos de aleación. Se consideran los grupos siguientes que se indican en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Designación de las aleaciones de aluminio para forja

| Designación de grupo | Aleación |
|----------------------|--|
| Grupo L – 30XX | Aluminio |
| Grupo L – 31XX | Aleaciones de Aluminio-Cobre (Al-Cu) |
| Grupo L – 33XX | Aleaciones de Aluminio-Magnesio (Al-Mg) |
| Grupo L – 34XX | Aleaciones de Aluminio-Magnesio-Silicio (Al-Mg-Si) |
| Grupo L – 35XX | Aleaciones de Aluminio-Silicio (Al-Si) |
| Grupo L – 36XX | Aleaciones varias |
| Grupo L – 37XX | Aleaciones Aluminio-Zinc (Al-Zn) |
| Grupo L – 38XX | Aleaciones Aluminio-Magnesio (Al-Mn) |
| Grupo L – 39XX | Aleaciones Aluminio-Estaño (Al-Sn) |

Fuente: Departamento de Formación Lincoln-KF,S.A, Manual soldeo de aluminio y sus aleaciones

Nota: En la designación de las aleaciones plaqueadas se sustituirá L por LP

ALUMINIO Y SUS ALEACIONES PARA FORJA NOMENCLATURA DE ACUERDO CON UNE 38-300

La designación americana, según la Aluminium Association (AA), consiste en cuatro dígitos. El primer dígito identifica el grupo de aleación, el segundo dígito indica una modificación de la aleación inicial o el límite de impurezas en el caso de aluminio no aleado. En la siguiente tabla se indican los grupos de aleación.

Tabla 2. Designación de las aleaciones de aluminio para forja

| Grupo de aleación | Designación de la serie |
|----------------------------------|-------------------------|
| Aluminio, pureza mínima: 99,00 % | 1XXX |
| Aluminio-cobre | 2XXX |
| Aluminio-Manganeso | 3XXX |
| Aluminio-Silicio | 4XXX |
| Aluminio-Magnesio | 5XXX |
| Aluminio-Magnesio-Silicio | 6XXX |
| Aluminio-Zinc | 7XXX |
| Aluminio-otros elementos | 8XXX |

Fuente: Departamento de Formación Lincoln-KF,S.A, Manual
soldeo de aluminio y sus aleaciones

DESIGNACIÓN DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES PARA FORJA NOMENCLATURA DE ACUERDO CON ALUMINIUM ASOCIATION

2.2 Comportamiento de las aleaciones de aluminio para forja

Las aleaciones no bonificables según la designación AA son las 1XXX, 3XXX y algunas 4XXX y 5XXX, siendo las aleaciones de este tipo soldables.

Las aleaciones bonificables según la AA son las 2XXX y algunas 4XXX, 5XXX, 6XXX y 7XXX. El soldeo no es recomendable para muchas de las aleaciones de este tipo, sin embargo, si se pueden soldar casi todas las aleaciones 5XXX, 6XXX y las aleaciones 2219,7005 y 7039. En la siguiente tabla se indica la soldabilidad de algunas aleaciones de aluminio, habiéndose seleccionado casi todas las que son soldables por procesos TIG y MIG.

SOLDABILIDAD DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO SEGÚN EL PROCESO DE SOLDEO

X- Aleación soldable por el proceso indicado.

Y- Aleación soldable por el proceso indicado en la mayoría de los casos. Puede requerir técnicas o ensayos especiales para determinar las técnicas adecuadas.

Z- Difícilmente soldable mediante el proceso indicado.

X- No se recomienda el soldeo por el proceso indicado.

Tabla 3. Designación soldabilidad de aleaciones de aluminio

| Tipo de aleación | Designación | | Proceso | | | |
|------------------|-------------|-----------------------|---------|--|---------------|---------------|
| | UNE | Aluminium Association | MIG TIG | Por resistencia por puntos o por costura | Soldeo fuerte | Soldeo blando |
| No bonificable | L-3001 | 1100 | A | A | A | A |
| | L-3810 | 3003 | A | A | A | A |
| | L-3820 | 3004 | A | A | B | B |
| | L-3360 | 5052 | A | A | C | C |
| | | 5652 | | | | |
| | L-3321 | 5083 | A | A | X | X |
| | L-3322 | 5086 | A | A | X | X |
| | L-3390 | 5454 | A | A | X | X |
| | | 5456 | A | A | X | X |
| Bonificable | L-3140 | 2024 | C | A | X | C |
| | L-3140 | 2219 | A | A | X | C |
| | L-3140 | 6061 | A | A | A | B |
| | L-3140 | 6063 | A | A | A | B |
| | L-3140 | 6101 | A | A | A | A |
| | L-3140 | 6351 | A | A | A | A |
| | L-3140 | 7005 | A | A | B | B |
| | L-3140 | 7039 | A | A | C | B |
| | L-3140 | 7075 | C | A | X | C |
| | | | | | | |

Fuente: Departamento de Formación Lincoln-KF,S.A, Manual soldeo de aluminio y sus aleaciones

VARILLAS DE APORTE PARA SOLDADURA OXIGAS:

INDURA dispone de todos los tipos de varillas para este tipo de soldadura: Bronce, Niquel-Plata, acero dulce, hierro fundido y aluminio, en los siguientes diámetros: 1,6 mm (1/16"), 2,4 mm (3/32"), 3,2 mm (1/8"), 4,0 mm (5/32"), 4,8 mm (3/16") y 6,4 mm (1/4").

El tamaño de la varilla adecuada debe ser determinado por:

- El tipo de unión de soldadura
- El espesor del material
- La cantidad de aporte requerido

Varillas de Aluminio

Las varillas de aluminio son para uso oxiacetilénico, y permiten obtener de depósitos homogéneos y de buena apariencia.

Tabla 4. Nomenclatura de electrodos de aluminio y aplicaciones

| Aleación INDURA | Clasif. AWS | Composición Química | Aplicaciones Generales | | | | |
|------------------------------|----------------------|--|---|----------------|---------------|-----------------|----------------|
| ALUMINIO | | | | | | | |
| 25 Extremo Rojo | ER-1100 | Cu : 0,05-0,20 % Mn : 0,05 % Si-Fe : 0,8 % Zn : 0,10 % Al : 99,0 % | La varilla 25 es una soldadura de aluminio comercialmente puro, para uso oxiacetilénico, especialmente diseñada para soldar planchas y piezas fundidas de aluminio de espesores mayores. Industria de alimentos, lácteos y refrigeración. Para soldar Al, calidad 1060-1350-3003-1100. Se recomienda el uso de fundente. Solar Flux N° 202 o All-State 31. | | | | |
| 26 Extremo Azul | ER-4043 | Cu : 0,05 % Mg : 0,05 % Mn : 0,05 % Si : 4,5-6 % Fe : 0,08 % Zn : 0,10 % Ti : 0,20 % Otros : 0,015 % Resto : Al | La varilla 26, para uso oxiacetilénico, ha sido desarrollado para soldar aleaciones de Al del tipo 2014-3003-6061-4043. También se usa en todas las aleaciones de Al fundido. Debido a la composición química típica de este metal de aporte se consigue un punto de fusión de 580 °C. Otras aplicaciones: Blocks y carter de Al. Envases y coladores químicos Recomendada para trabajos en los que se desconoce la composición química del metal base. Se recomienda el uso de fundente: Solar Flux N° 202 o AllState 31. | | | | |
| 5356 | ER-5356 | Cu : 0,10 % Mg : 4,5-5 % Mn : 0,05-0,02 % Cr : 0,05-0,02 % Si-Fe : 0,5 % Zn : 0,10 % Ti : 0,06-0,02 % Be : 0,0008 % Otros : 0,15 % Resto : Al | La varilla 5356 para uso oxiacetilénico ha sido desarrollada para soldar aleaciones de Al tipo 5083-5086-5486-5454-5356. Su alta resistencia mecánica la hace apta para la fabricación y reparación de estanques. Se recomienda el uso de fundente: Solar Flux N° 202 o AllState 31. | | | | |
| Varillas x Kg (Aprox) | | | | | | | |
| Aleación INDURA | Clasificación AWS | 1/16" 1,6 mm | 3/32" 2,4 mm | 1/8" 3,2 mm | 5/32" 4 mm | 3/16" 4,8 mm | 1/4" 6,4 mm |
| 25 | ER-1100 | - | 90 | 49 | 32 | 23 | 13 |
| 26 | ER-4043 | - | 92 | 50 | 33 | 23 | 13 |
| 5356 | ER-5356 | - | 92 | 50 | 33 | 23 | 13 |

Fuente: Ibarra Echevarría, NuñezSolís, Huerta Ibañez. Manual aceros inoxidables INDURA

Tabla 5. Electrodo para aplicación en aluminio

| Aleación INDURA | Clasif. AWS | Descripción | Aplicaciones Típicas | Propiedades Metal Depositados |
|----------------------------|------------------------|---|--|---|
| ALUMINIO | | | | |
| 26 Extremo rojo | ER- 4043 | Varilla de aluminio para uso oxiacetilénico y TIG con 5-6 % de silicio. Los depósitos son de excelente apariencia y brillo. Al soldar piezas de gran espesor se recomienda un precalentamiento de 200-220 °C. El baño posee una gran fluidez y un bajo punto de fusión. Al soldar con proceso oxiacetilénico se recomienda usar fundente ALL STATE 31. Para proceso TIG usar argón, helio o mezclar Ar-He como gas de protección. | Unión y reparación de aleaciones de aluminio hasta 7 % de silicio y aleaciones con menos de 2 % de otros elementos aleantes como los tipos: 2014, 3003, 6061. Reparaciones de blocks y carter de aluminio, etc. OXIACETILENICO Llama neutra o levemente carburante. Usar fundente SOLAR FLUX 202 o ALL STATE 31. | Resistencia a la tracción: 160 Mpa (23200 PSI) Límite de fluencia: 100 Mpa (14200 PSI) Alargamiento en 50 mm: 15 % Composición química típica: Si: 4,9 %; Mn: 0,05 %; Ti: 0,15 %; Mg: 0,05 %; Zn: 0,1 %; Cu: 0,04 %; Fe: 0,2 %; Al: Bal |

Fuente: INDURA, Catálogo de procesos y productos

ANEXO D

Tabla 1. Necesidad de curvas de transición

| Velocidad directriz (Km/h) | Radio M |
|---------------------------------------|--------------------|
| 20 | 24 |
| 30 | 55 |
| 40 | 95 |
| 50 | 150 |
| 60 | 210 |
| 70 | 290 |
| 80 | 380 |
| 90 | 480 |

Fuente: Zavala Lombardi, Verónica (MTC), Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito

ANEXO E

Tabla 1. Coeficiente de rozamiento

| Superficie en contacto | m_K |
|---|-----------|
| Acero sobre acero | 0,18 |
| Acero sobre hielo (patines) | 0,02-0,03 |
| Acero sobre hierro | 0,19 |
| Hielo sobre hielo | 0,028 |
| Patines de madera sobre hielo y nieve | 0,035 |
| Goma (neumático) sobre terreno firme | 0,4-0,6 |
| Correa de cuero (seca) sobre metal | 0,56 |
| Bronce sobre bronce | 0,2 |
| Bronce sobre acero | 0,18 |
| Roble sobre roble en la dirección de la fibra | 0,48 |

Fuente: Fajardo, Javier, <http://es.scribd.com/doc/22590266/Coefficientes-de-friccion-Cinetica-y-Estatica>

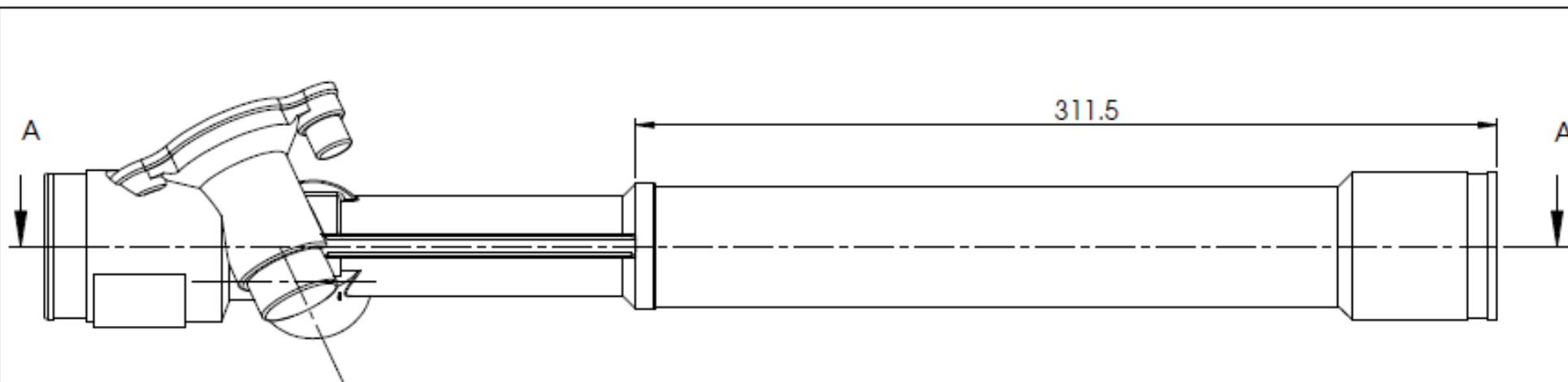
ANEXO F

Tabla 1. Áreas de esfuerzos de roscas métricas preferibles

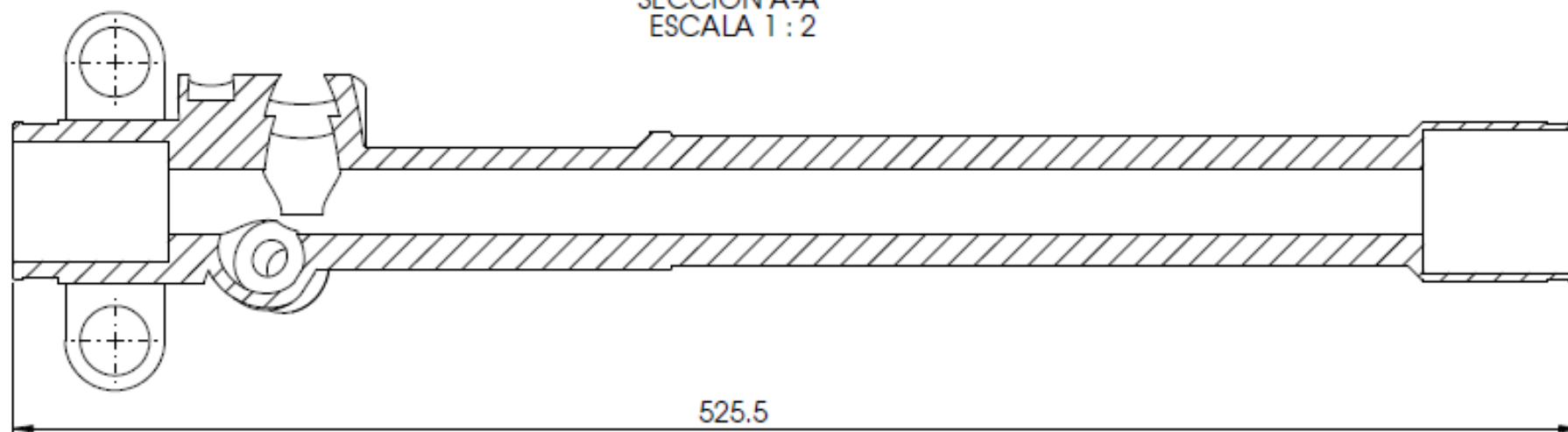
| PASO BASTO | | | PASO MEDIO | | PASO FINO | |
|-------------|------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|
| Designación | PASO mm | A_s mm^2 | Designación Día X Paso | A_s mm^2 | Designación Día X Paso | A_s mm^2 |
| M4 | 0,7 | 8,65 | M4 | 8,65 | M4 x 0,5 | 9,69 |
| M5 | 0,8 | 13,99 | M5 | 13,99 | M5 x 0,5 | 16,00 |
| M6 | 1,0 | 19,84 | M6 | 19,84 | M6 x 0,5 | 23,87 |
| M8 | 1,25 | 36,13 | M8 | 36,13 | M8 x 1,0 | 38,77 |
| M10 | 1,5 | 57,26 | M10 | 57,26 | M10 x 1,0 | 63,98 |
| M12 | 1,75 | 83,24 | M12 | 83,24 | M12 x 1,5 | 87,23 |
| M16 | 2,0 | 155,1 | M16 | 155,1 | M16 x 1,5 | 166,0 |
| M20 | 2,5 | 242,3 | M20 x 2 | 255,9 | M20 x 1,5 | 269,9 |
| M24 | 3,0 | 348,9 | M24 x2 | 281,9 | M24 x 1,5 | 399,0 |
| M30 | 3,5 | 555,3 | M30 x 2 | 618,0 | M30 x 1,5 | 639,7 |
| M36 | 4,0 | 555,3 | M36 x 3 | 859,3 | M36 x 1,5 | 936,9 |
| M42 | 4,5 | 1111 | M42 x 3 | 1199 | M42 x 1,5 | 1291 |
| M48 | 5,0 | 1426 | M48 x 3 | 1596 | M48 x 1,5 | 1701 |
| | | | M56 x 4 | 2132 | M56 x 2,0 | 2295 |
| | | | M64 x 4 | 2837 | M64 x 2,0 | 3024 |
| | | | M72 x 4 | 3643 | M72 x 2,0 | 3854 |
| | | | M80 x 4 | 4549 | M80 x 2,0 | 4785 |
| | | | M90 x 4 | 5823 | M90 x 2,0 | 6089 |
| | | | M100 x 4 | 7254 | M100 x 2,0 | 7551 |

Fuente: Alva Dávila, Fortunato. (2002). Diseño de Elementos de Máquinas I

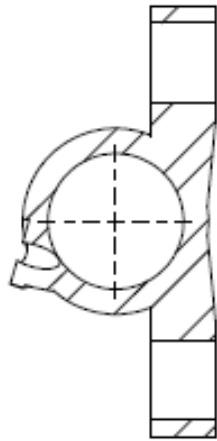
PLANOS



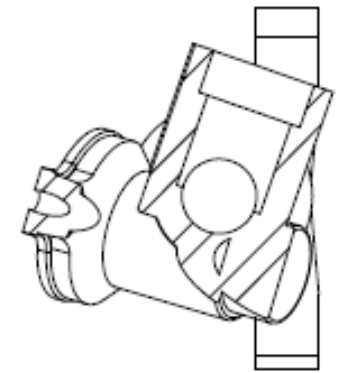
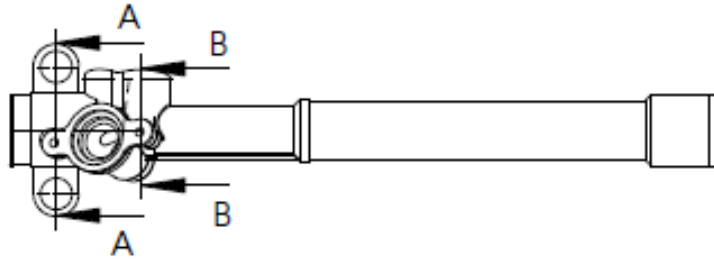
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2



| | | | |
|------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | NOMBRE | CODIGO/FECHA | TÍTULO: |
| DELIJADO | Bach. Edwin Nina Huamapala | 2002/22653 / 04 - 03 - 2014 | CUERPO DE CREMALLERA |
| VERIFICADO | Ing ^a Avolina Pati Pinto | | |
| APROBADO | | | |
| ESCALA | | MATERIAL: | Nº DE DIBUJO |
| 1:2 | | ACERO | VISTAS |

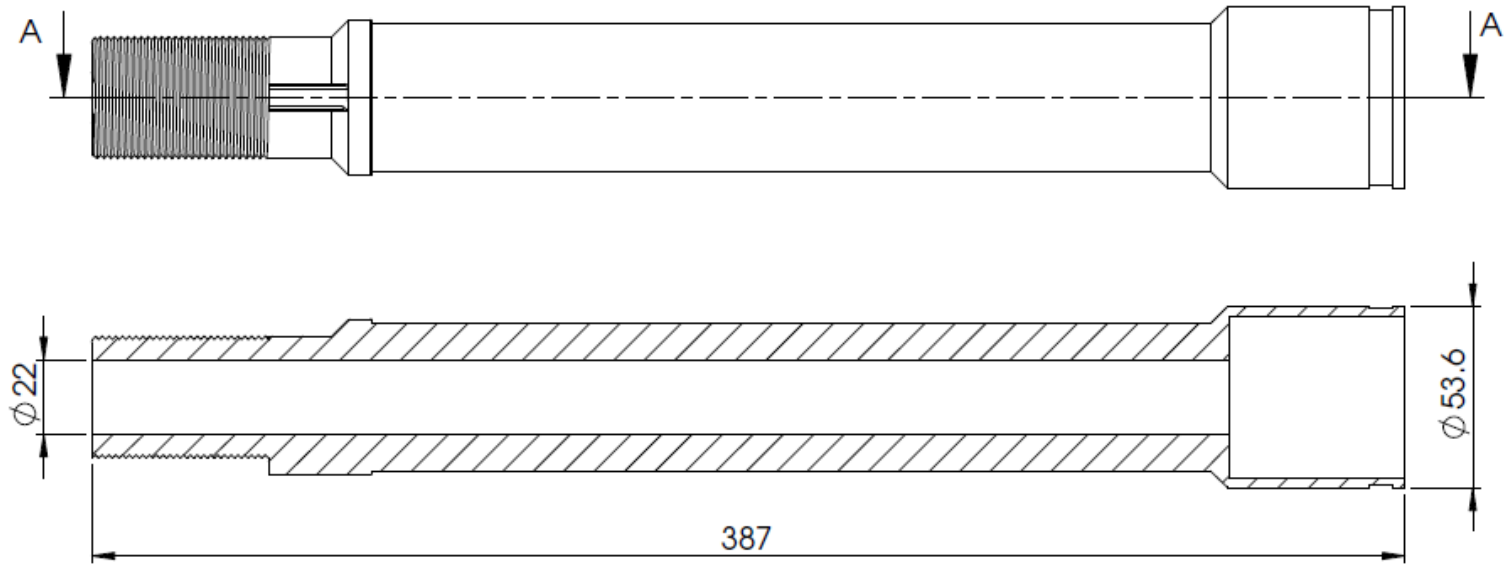


SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2



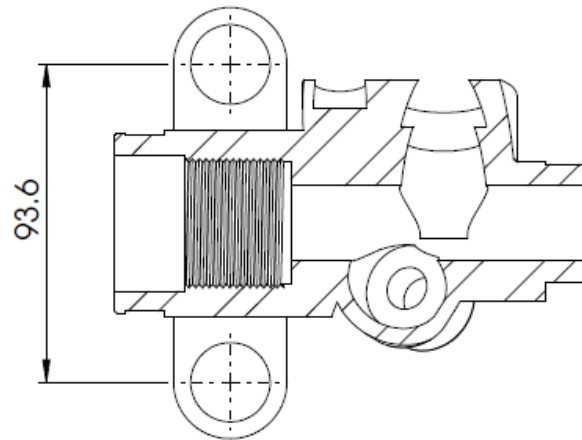
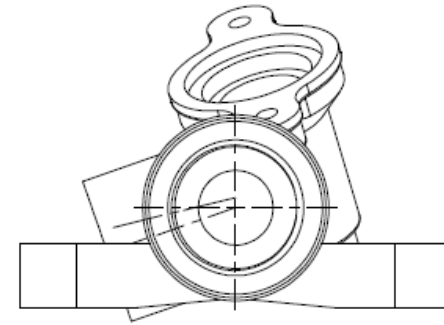
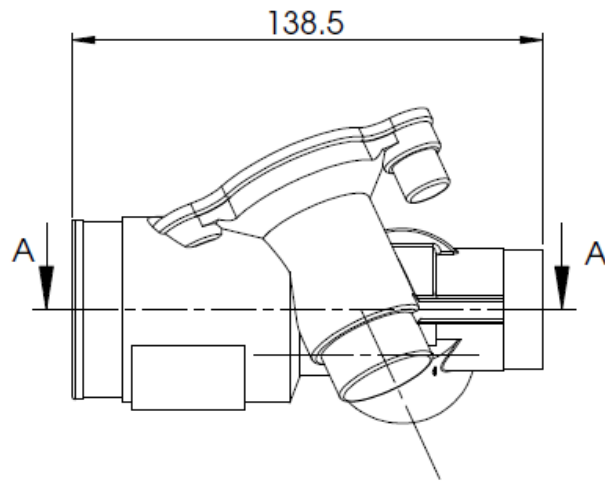
SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 2

| | | | |
|------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | NOMBRE | CODIGO/FECHA | TÍTULO: |
| DIBUJADO | Bach. Edwin Nina Huamapala | 2003-22653 / 04 - 02 - 2014 | CUERPO DE CREMALLERA |
| VERIFICADO | Ingº Avellano Pati Pinto | | |
| APROBADO | | | |
| ESCALA | | MATERIAL: | Nº DE DIBUJO |
| 1:2 | | ALUMINIO Aleado con Si | VISTA DE SECCION |



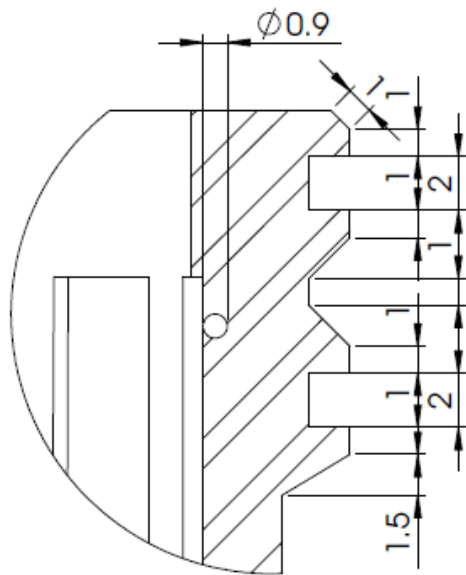
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2

| | | | |
|------------|-------------------------------------|-----------------------------|---------------|
| | NOMBRE | CODIGO/FECHA | TÍTULO: |
| DIBUJADO | Bach. Edwin Nina Huaynapata | 2002-22653 / 04 - 02 - 2014 | ROSCA EXTERNA |
| VERIFICADO | Ing ^o Avelino Pati Pinto | | |
| APROBADO | | | |
| ESCALA | | MATERIAL: | N.º DE DIBUJO |
| 1:2 | | ACERO | VISTAS |

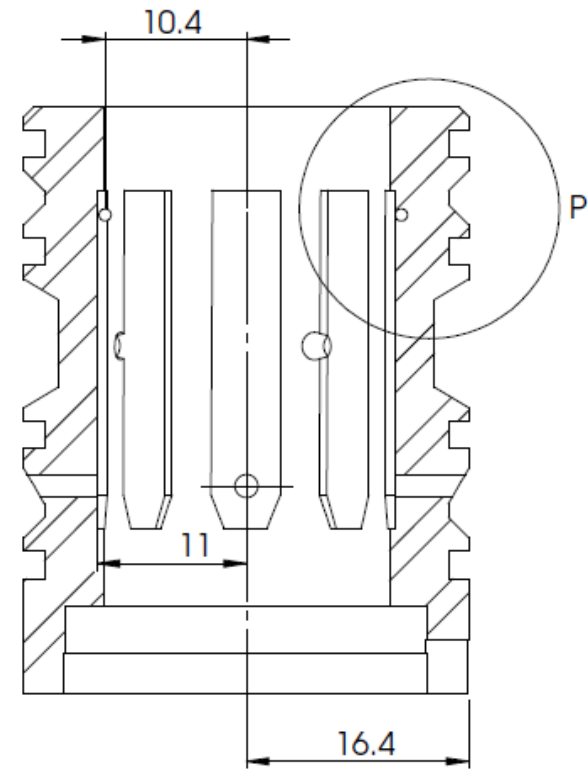
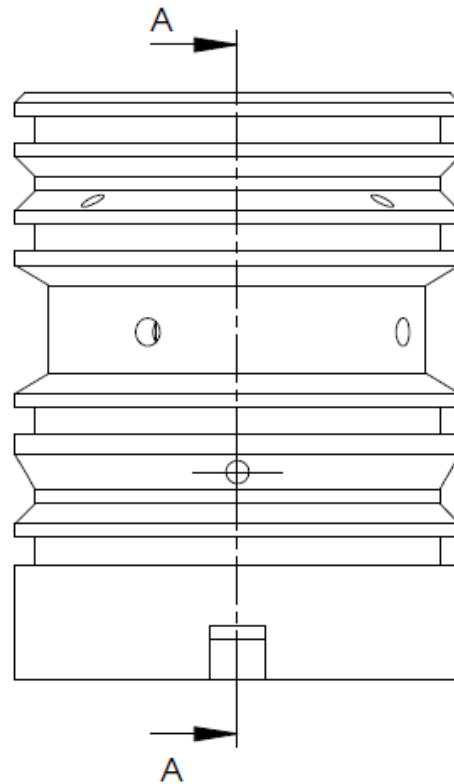


SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2

| | | | |
|------------|-------------------------------------|------------------------|---------------|
| | NOMBRE | CODIGO/FECHA | TÍTULO: |
| DIBUJADO | Bach. Edwin Niha Huaynapata | 2002-22653/04-02-2014 | ROSCA INTERNA |
| VERIFICADO | Ing ^o Avelino Parí Pinto | | |
| APROBADO | | | |
| ESCALA | | MATERIAL: | N.º DE DIBUJO |
| 1:2 | | Aluminio Aleado con Si | VISTAS |

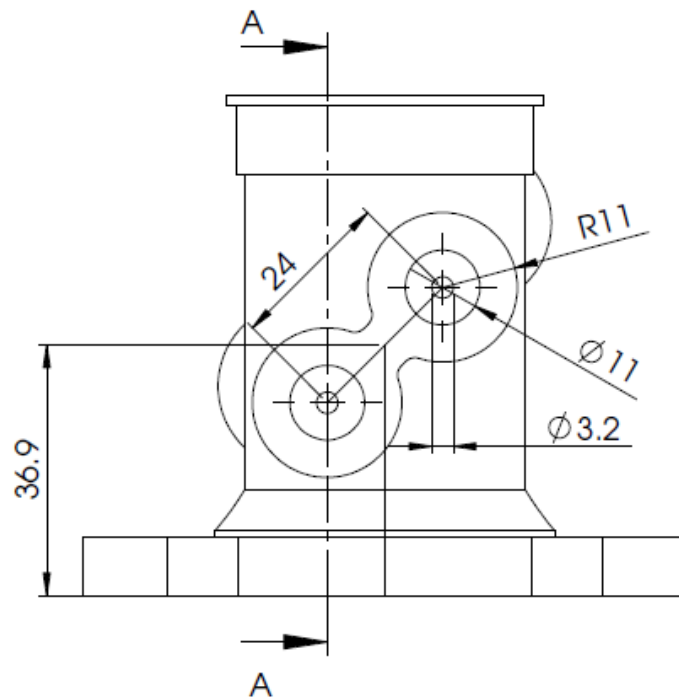


DETALLE P
ESCALA 4 : 1

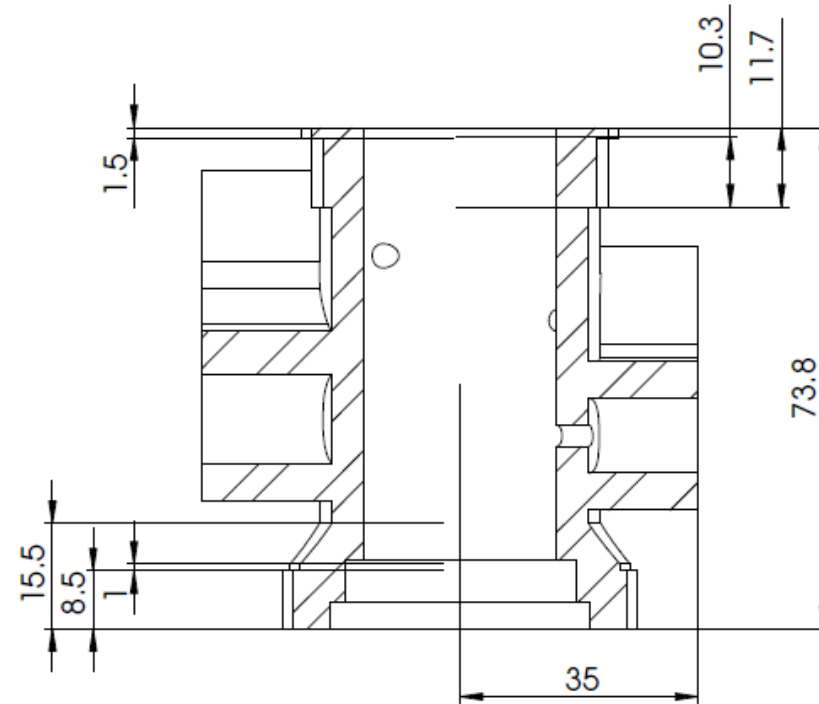


SECCIÓN A-A
ESCALA 2 : 1

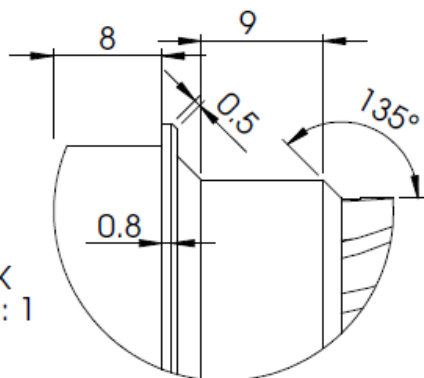
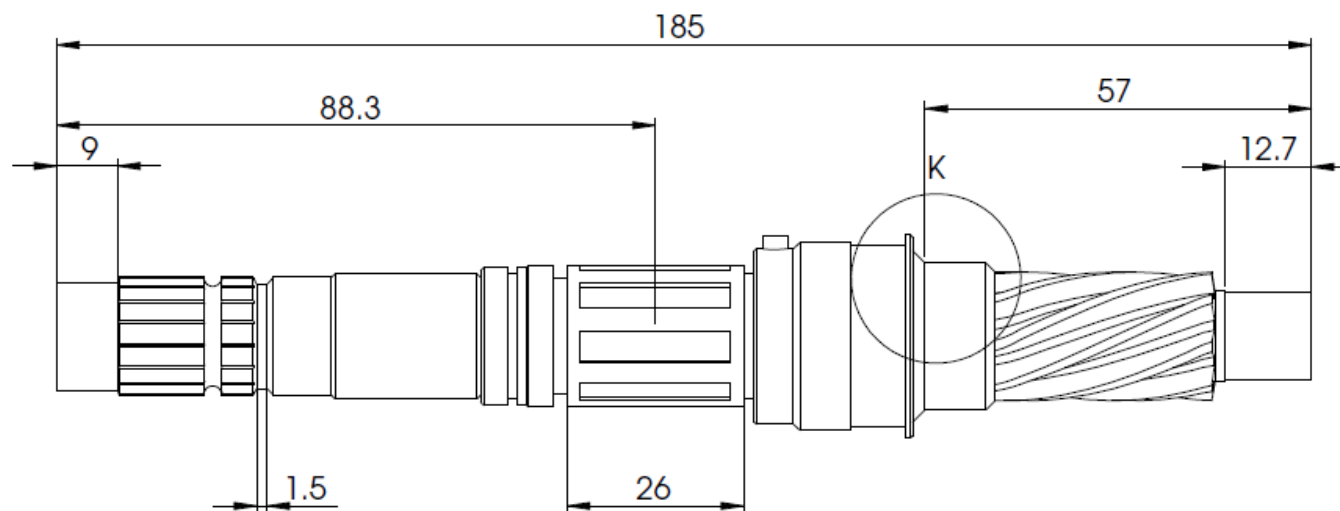
| NOMBRE | | CODIGO/FECHA | | TÍTULO: | |
|------------|-------------------------------------|------------------------|-------------|-------------------|--|
| DIBUJADO | Bach. Edwin Nina Huaynapata | 2002-22653/04-02-2014 | BUJE | | |
| VERIFICADO | Ing ^o Avelino Pati Pinto | | | | |
| APROBADO | | | | | |
| ESCALA | | MATERIAL: | | N.º DE DIBUJO | |
| 2:1 | | ALUMINIO Aleado con Si | | VISTA EN CORTE 01 | |



SECCIÓN A-A

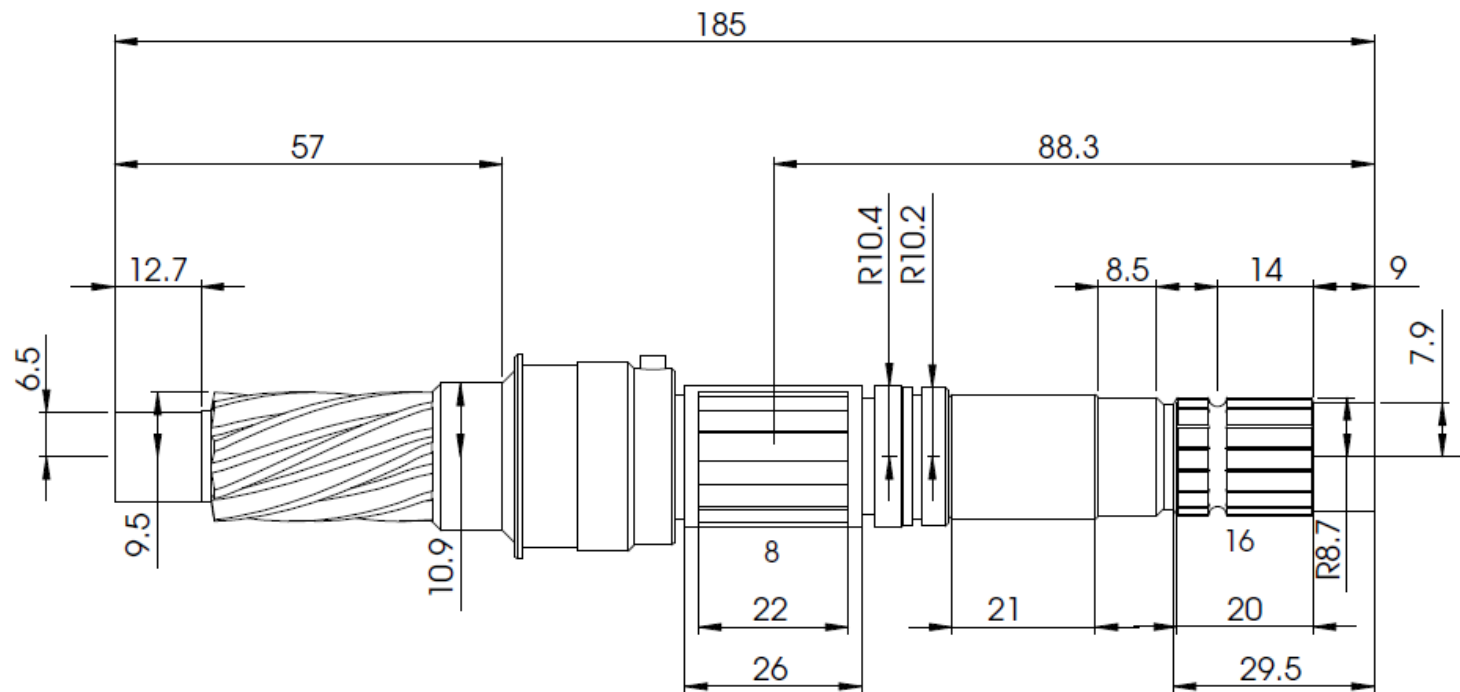


| | | | |
|------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| | NOMBRE | CODIGO/FECHA | TÍTULO: |
| DIBUJADO | Bach. Edwin Niha Huaynapata | 2002-22653 / 04 - 02 - 2014 | CUERPO SUPERIOR |
| VERIFICADO | Ing ^o Avelino Pati Pinto | | |
| APROBADO | | | |
| ESCALA | | MATERIAL: | N.º DE DIBUJO |
| 1:1 | | ALUMINIO Aleado con SI | VISTA EN CORTE 01 |

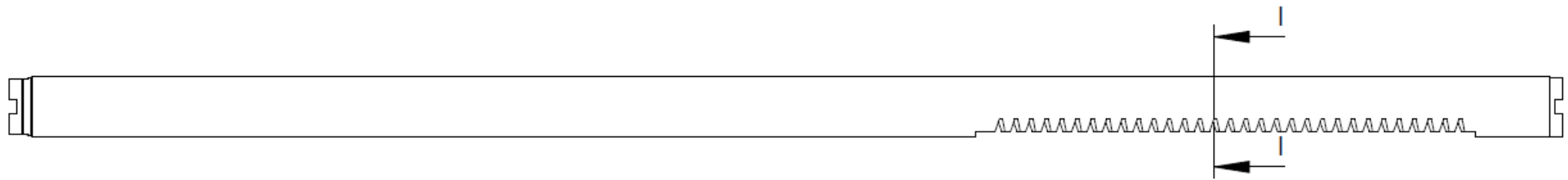


DETALLE K
ESCALA 2 : 1

| | | | |
|------------|-------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| | NOMBRE | CODIGO/FECHA | TÍTULO: |
| DIBUJADO | Bach. Edwin Nina Huaynapata | 2002-22653/04-02-2014 | EJE PRINCIPAL |
| VERIFICADO | Ing ^o Avelino Pati Pinto | | |
| APROBADO | | | |
| ESCALA | | MATERIAL: | N.º DE DIBUJO |
| 2:1 | | ACERO | VISTA EN DETALLE 04 |

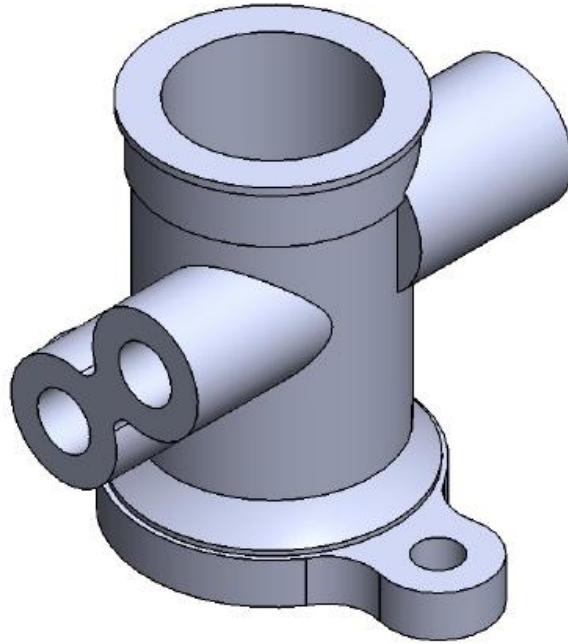


| | | | |
|------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|
| | NOMBRE | CODIGO/FECHA | TÍTULO: |
| DIBUJADO | Bach. Edwin Nina Huaynapata | 2002-22653/04-02-2014 | EJE PRINCIPAL |
| VERIFICADO | ING. AVELINO PARI PINTO | | |
| APROBADO | | | |
| ESCALA | | MATERIAL: | N.º DE DIBUJO |
| 1:1 | | ACERO | DIMENSIONES |

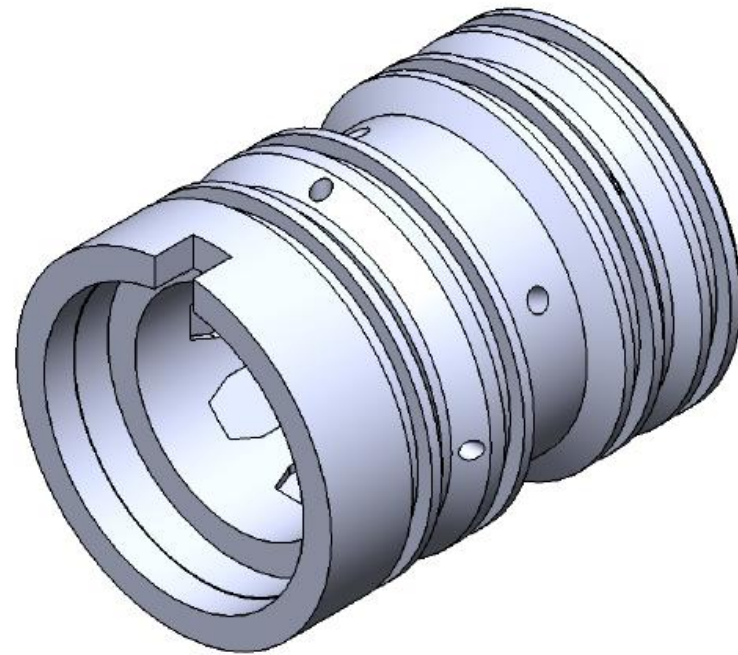


SECCIÓN I-I
ESCALA 1 : 2

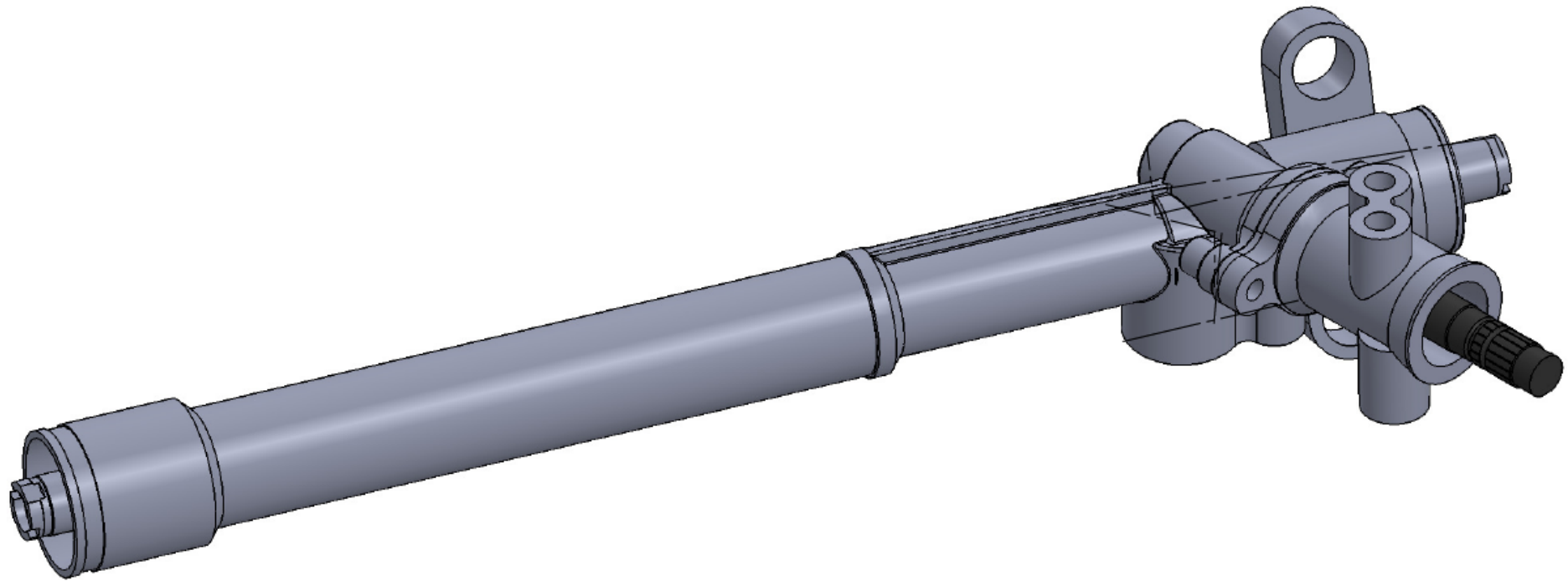
| | | | |
|------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | NOMBRE | CODIGO/FECHA | TÍTULO: |
| DIBUJADO | Bach. Edwin Nina Huaynapata | 2002-22653/04-02-2014 | CUERPO DE CREMALLERA |
| VERIFICADO | ING. AVELINO PARI PINTO | | |
| APROBADO | | | |
| ESCALA | | MATERIAL: | N.º DE DIBUJO |
| 1:2 | | ACERO | EJE CREMALLERA |



| | | | |
|------------|-----------------------------|------------------------|-------------------|
| | NOMBRE | CODIGO/FECHA | TÍTULO: |
| DIBUJADO | Bach. Edwin Nina Huaynapata | 2002-22653/04-02-2014 | CUERPO DE VALVULA |
| VERIFICADO | ING. AVELINO PARI PINTO | | |
| APROBADO | | | |
| ESCALA | | MATERIAL: | N.º DE DIBUJO |
| 1:2 | | ALUMINIO Aleado con Si | VISTA ISOMETRICA |



| | | | |
|------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|
| | NOMBRE | CODIGO/FECHA | TÍTULO: |
| DIBUJADO | Bach. Edwin Nina Huaynapata | 2002-22653/04-02-2014 | BUJE |
| VERIFICADO | ING. AVELINO PARI PINTO | | |
| APROBADO | | | |
| ESCALA | | MATERIAL: | N.º DE DIBUJO |
| 2:1 | | ACERO | VISTA ISOMETRICA |



| | NOMBRE | CODIGO/FECHA | TÍTULO: |
|------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|
| DIBUADO | Bach. Edwin Nina Huaynapata | 2002-22653/04-02-2014 | ENSAMBLE FINAL |
| VERIFICADO | ING. AVELINO PARI PINTO | | |
| APROBADO | | | |
| ESCALA | | MATERIAL: | Nº DE DIBUJO |
| 1:2 | | ACERO | VISTA ISOMETRICA |