

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**“CONSTRUCCIÓN DE HERRAMENTALES PARA
LA FABRICACIÓN DEL PANEL UPR BACK DEL
NUEVO MODELO TOYOTA COROLLA”**

Realizado Por:

Br. Luis Miguel Ángel Arocha Delgado

**Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente como
requisito parcial para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO**

Barcelona, Julio 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**“CONSTRUCCIÓN DE HERRAMENTALES PARA
LA FABRICACIÓN DEL PANEL UPR BACK DEL
NUEVO MODELO TOYOTA COROLLA”**

ASESORES

Prof. Luis Martínez
Asesor Académico

Ing. Henrique Torrens
Asesor Industrial

Barcelona, Julio 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**“CONSTRUCCIÓN DE HERRAMENTALES PARA
LA FABRICACIÓN DEL PANEL UPR BACK DEL
NUEVO MODELO TOYOTA COROLLA”**

JURADO

El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:

Prof. Luis Martínez
Asesor Académico

Prof. Gaetano Sterlacci MSc. DSc.
Jurado Principal

Prof. Rómulo Nottaro
Jurado Principal

Barcelona, Julio 2009

RESOLUCIÓN

De acuerdo con el artículo 44 del reglamento de trabajo de grado:

“Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

DEDICATORIA

A mis abuelos por las enseñanzas que me han dado, la cual fue la base fundamental de la formación de mi persona.

A mis padres Mary y Brigido, por ser la guía en mi camino, por sus consejos, su ayuda y cariño.

A mi esposa y a mi pequeña hija, por apoyarme siempre y darme esa palabra de aliento cuando más lo he necesitado.

A mis hermanos, tíos y primos por creer en mí y ayudarme en todos los momentos que los he necesitado.

Este logro se lo dedico a todos ustedes.

Luis Miguel Ángel Arocha Delgado

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso, a la Virgen del Valle y al Santísimo Cristo del Buen Viaje patronos de mi tierra, por estar siempre a mi lado, protegerme y darme sabiduría para tomar buenas decisiones en el largo camino de la vida.

A mis abuelos Brigido, Yolanda y Yuyu por la ayuda, consejos y cariño que me han dado.

A mis padres Brigido y Mary por siempre estar ahí para brindarme su amor, cariño, apoyo y guiarme por el sendero del éxito.

A mi esposa Leidis por compartir y apoyarme en los buenos y malos momentos vividos en estos 9 años, gracias por estar siempre ahí y ser esa palabra de aliento que siempre he necesitado.

A mi pequeña Lucia por brindarme siempre esa sonrisa que me ilumina y me impulsa a seguir adelante en los momentos de duda y debilidad.

A mis hermanos Ronald, Yoli y Luzma por su cariño y su ayuda en todo momento.

A las familias Alfonzo Brito, Parra García, Cermeño Mijares, y Cepeda Barillas por aceptarme en su casa como un integrante más y darme su apoyo y ayuda en los momentos que los he necesitado.

Al profesor Luis Martínez por su amistad, paciencia, apoyo, responsabilidad y asesoría dada para lograr finalizar el presente trabajo y con ello concluir esta etapa de mi formación profesional.

A la Universidad de Oriente y a todos sus profesores a los cuales siempre agradeceré por sus enseñanzas y consejos dados para lograr mi formación personal y profesional.

A la empresa Metalpartes Esposito y en especial a los Ing. Jose Angel Yañez y Enrique Torrens por ser mis asesores industriales y ayudarme en mi primera experiencia laboral en la industria.

A todos mis compañeros Emil, Farid, Raúl, Cesar, Guillermo, Julio, Héctor, Milvia, Jhony, Maicero, Selse, Daniel, Orlando, Carlos Villarroel, Álvaro Marval, Carlos Cotúa, Motor, Valladares, Estivenson, Sergio, Mario, Lisette, Elda, Neyla, Natalia, Nano, Dublan y muchos más que compartieron esta excelente experiencia llamada universidad.

A todas aquellas personas que con sus palabras y consejos me ha ayudado en mi formación personal y profesional.

A todos ustedes muchas gracias de todo corazón.

Luis Miguel Ángel Arocha Delgado

RESUMEN

En este trabajo se explica la construcción de herramientas para la fabricación del panel Upr Back del Toyota Corolla 2009 por medio del uso de paquetes computacionales para el diseño y mecanizado de dichos herramientas, para la construcción de los herramientas se convirtió los datos y planos de la pieza en superficies digitales, mediante el programa Mechanical Desktop, se seleccionó la secuencia lógica del proceso necesario para la obtención de la pieza, se depuró las superficies digitales en función de los procesos para la fabricación de los troqueles, se seleccionó las dimensiones, tratamientos térmicos y materiales utilizados en la fabricación de los troqueles, se construyó los modelos de los troqueles en madera, mediante el corte en el centro de mecanizado, aplicando la interface Edge Cam, se diseñó las secuencias de mecanizado necesarias para la fabricación de los troqueles, se construyó los troqueles aplicando los diferentes procesos de mecanizado siguiendo las secuencias previamente establecidas, se ajustaron los troqueles con las tolerancias de diseño, verificando las posibles interferencias, se realizaron pruebas de funcionamiento de los herramientas con las láminas metálicas y se chequeo la calidad dimensional y superficial de las piezas fabricadas.

ÍNDICE

	Pag.
RESOLUCIÓN.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
RESUMEN.....	VIII
ÍNDICE	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
CAPÍTULO 1.....	19
EL PROBLEMA	19
1.1 Reseña histórica de la empresa	20
1.2 Planteamiento del problema.....	21
1.3 Objetivos.....	24
1.3.1 Objetivo General.....	24
1.3.2 Objetivos Especificos	24

CAPÍTULO 2.....	26
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	26
2.1 Antecedentes.....	26
2.2 Formado de metales	27
2.3 Trabajo de láminas metálicas	27
2.4 Partes de un herramental.....	29
2.4.1 Punzón.....	29
2.4.2 Matriz	31
2.4.2.1 Conicidad de la matriz de corte	32
2.4.3 Columnas.....	33
2.5 Clasificaciones del troquel según el número de estaciones	33
2.5.1 Troqueles de una sola estación	33
2.5.2 Troqueles de múltiples estaciones.....	34
2.6 Tipos de troqueles.....	34
2.6.1 Troqueles de corte	35
2.6.1.1 Juego entre el punzón y la matriz	36
2.6.2 Troqueles de corte de desarrollo.....	38
2.6.3 Troqueles de punzonado	39
2.6.4 Troqueles compuestos.....	39
2.6.5 Troqueles de formado	40
2.6.6 Troqueles de embutición	41
2.6.7 Troqueles para ajustar	42
2.7 Prensas para el trabajo de la lámina metálica	43
2.7.1 Prensas de escote	44
2.7.2 Prensas con armazón de lados rectos.....	44
2.7.3 Potencia y sistemas de transmisión	45

CAPÍTULO 3.....	47
DESARROLLO DEL PROYECTO.....	47
3.1 Generalidades	47
3.2 Metodología	48
3.2.1 Revisión bibliográfica	48
3.2.2 Análisis de los planos y datos técnicos de la pieza	48
3.2.3 Conversión de datos y planos.....	48
3.2.4 Diseño de los troqueles.....	49
3.2.5 Selección del material.....	50
3.2.6 Diseño y elaboración de planos de los componentes del herramental	50
3.2.6.1 Cálculo de las fuerzas generadas en los procesos de estampado,	
corte y punzonado	51
3.2.6.2 Selección de las prensas.....	53
3.2.6.3 Cálculo de curvatura de embutición y holgura de embutición ..	53
3.2.6.4 Cálculo de holguras del proceso de corte y punzonado.....	54
3.2.6.5 Cálculo del número de resortes para la expulsión de la lámina	
metálica	55
3.2.6.6 Elaboración de los planos de los componentes del herramental	56
3.2.6.7 Cálculo de esfuerzos y deformaciones en los punzones por medio	
de elementos finitos.....	57
3.2.7 Creación de las secuencias de mecanizado	57
3.2.8 Construcción de los componentes del herramental	59
3.2.9 Fabricación de los modelos en madera y de los troqueles.....	60
3.2.10 Aplicación de tratamientos térmicos	62
3.2.11 Ensamble y ajuste del herramental.....	62
3.2.12 Pruebas de funcionamiento	62
3.3 Equipos, materiales, sustancias y herramientas utilizadas	63

CAPÍTULO 4.....	65
RESULTADOS Y ANÁLISIS	65
4.1 Generalidades	65
4.2 Revisión bibliográfica	65
4.3 Resultados del análisis de los planos y datos técnicos de la pieza	66
4.4 Resultados de la conversión de datos y planos	67
4.5 Resultados del diseño de los troqueles.....	69
4.5.1 Resultados del troquel estampador	70
4.5.2 Resultados del troquel cortador-punzonador	71
4.5.3 Resultados del troquel punzonador	72
4.5.4 Resultados del troquel calibrador	74
4.6 Resultados de la selección del material	75
4.7 Resultados del diseño y elaboración de los planos de los componentes del herramental.....	79
4.7.1 Resultados del cálculo de la fuerza de estampado, corte y punzonado	80
4.7.2 Resultados de la selección de las prensas.....	83
4.7.3 Resultados del cálculo de curvatura de embutición y holgura de embutición	86
4.7.4 Resultados del cálculo de holguras del proceso de corte y punzonado	87
4.7.5 Resultados del cálculo del número de resortes para la expulsión de la lámina metálica.....	88
4.7.6 Resultados de la elaboración de los planos de los componentes del herramental	89

4.7.7	Resultados del cálculo de esfuerzos y deformaciones en los punzones por medio de elementos finitos.....	93
4.8	Resultados de la generación de las secuencias de mecanizado de los troqueles	96
4.8.1	Resultados de la secuencia de mecanizado del troquel estampador	97
4.8.1.1	Macho estampador	97
4.8.1.2	Hembra del estampador	100
4.8.2	Secuencia de mecanizado del troquel cortador-punzonador	101
4.8.2.1	Macho Cortador	101
4.8.2.2	Hembra del cortador.....	103
4.8.3	Secuencia de mecanizado del troquel del segundo punzonado ...	107
4.8.3.1	Macho del segundo punzonado	107
4.8.3.2	Hembra del segundo punzonado.....	109
4.8.4	Secuencia de mecanizado del troquel calibrador.....	111
4.8.4.1	Macho calibrador	111
4.8.4.2	Hembra del calibrador.....	113
4.9	Resultados de la construcción de los componentes de los herramentales	115
4.10	Fabricación de los modelos en madera y de los troqueles	120
4.11	Resultados de la aplicación de tratamientos térmicos.....	126
4.12	Resultados del ensamble y ajuste del herramental	127
4.13	Resultados de las pruebas de funcionamiento.....	130
CAPITULO 5		135
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		135

5.1	Conclusiones	135
5.2	Recomendaciones	138
	BIBLIOGRAFÍA.....	139

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1 Superficie digital del panel Upr. Back del Toyota Corolla 2009.	23
Figura 2.1 Troquel de corte.....	35
Figura 2.2 Proceso del corte de metal.....	36
Figura 2.3 Juego entre los filos de corte de un troquel cortador.....	37
Figura 2.4 Troquel de corte de desarrollo.....	38
Figura 2.5 Troquel de punzonado.....	39
Figura 2.6 Troquel compuesto.....	40
Figura 2.7 Troquel de formado.....	41
Figura 2.8 Troquel de embutición.....	42
Figura 2.9 Troqueles para ajuste.....	42
Figura 2.10 Componentes de una prensa troqueladora típica por transmisión mecánica.....	43
Figura 2.11 Tipos de transmisión para prensas mecánicas: (a) excéntrica, (b) de manivela y (c) de junta de bisagra.....	46
Figura 3.1 Flujograma con las etapas del proyecto.....	47
Figura 4.1 Panel a fabricar sin radios de curvatura.....	68
Figura 4.2 Superficie digital del panel Upr Back con capas y radios de empalme....	69
Figura 4.3 Superficie digital modificada para el diseño del troquel estampador.....	1
Figura 4.4 Superficie digital modificada para el diseño del troquel cortador-punzonador.....	72
Figura 4.5 Superficie digital modificada para el diseño del troquel punzonador.....	74
Figura 4.6 Superficie digital modificada para el calibrado.....	1
Figura 4.7 Mesas de la prensa hidráulica Erfurt 250 T.....	84
Figura 4.8 Mesas de la prensa mecánica Erfurt 500 T.....	85
Figura 4.9 Mesas de la prensa hidráulica Onapres 500 T.....	86

Figura 4.10 Formato Din A3 utilizado para la elaboración de los planos.	90
Figura 4.11 Formato Din A4 utilizado para la elaboración de los planos.	91
Figura 4.12 Formato utilizado para la fabricación de los punzones.	92
Figura 4.13 Formato utilizado para la fabricación de las matrices.	92
Figura 4.14 Plano de los punzones utilizados para el estudio de esfuerzo y deformación. (1) Punzón de la izquierda, (2) Punzón de la derecha.....	94
Figura 4.15 Cálculo de esfuerzos y deformación del punzón nº1.	95
Figura 4.16 Cálculo de esfuerzos y deformación del punzón nº 2.	96
Figura 4.17 Desbaste inicial en la máquina copiadora del troquel para el segundo punzonado.	117
Figura 4.18 Desbaste inicial en la máquina copiadora del macho estampador.....	118
Figura 4.19 Fresado de la cara inferior de la caja para los aceros de la hembra del cortador-punzonador.	119
Figura 4.20 Proceso de taladrado de los agujeros para los punzones, resortes y camisas de la placa porta punzón del troquel cortador-punzonador	119
Figura 4.21 Bloques de láminas de MDF fijadas en la mesa del centro de mecanizado para materiales blandos.	121
Figura 4.22 Proceso de mecanizado en el CNC del modelo de la hembra estampadora.	122
Figura 4.23 Proceso de desbaste en el CNC del segundo punzonador.	122
Figura 4.24 Proceso de desbaste en el CNC del troquel macho del estampador.	123
Figura 4.25 Prensa lámina luego del proceso de desbaste final en el CNC.	124
Figura 4.26 Aglomerado de MDF y masilla plástica utilizado para la fabricación del modelo del extractor.....	125
Figura 4.27 Modelo para el extractor del troquel de corte-punzonado.....	125
Figura 4.28 Ensamblado del troquel calibrador.	128
Figura 4.29 Troquel estampador ensamblado y ajustado.....	129
Figura 4.30 Dispositivo de chequeo del panel.....	131
Figura 4.31 Lámina metálica luego del estampado	132

Figura 4.32 Lámina metálica luego del corte-punzonado.....	133
Figura 4.33 Panel luego del proceso de 2° punzonado y calibrado	134

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 3.1 Radios de curvatura y holgura de embutición según el espesor de la lámina metálica.....	54
Tabla 3.2 Holguras del proceso de corte y punzonado.	55
Tabla 3.3 Equipos utilizados en la construcción de los troqueles y la fabricación del panel.....	63
Tabla 3.4 Materiales utilizados en la construcción de los troqueles y la fabricación del panel.	64
Tabla 3.5 Herramientas utilizadas en la construcción de los troqueles y la fabricación del panel.....	64
Tabla 4.1 Dimensiones y material de la pieza a fabricar.....	66
Tabla 4.2 Dimensiones y cantidades de los tochos.	66
Tabla 4.3 Materiales utilizados en los componentes del estampador.....	77
Tabla 4.4 Materiales utilizados en los componentes del cortador y punzonador.....	77
Tabla 4.5 Materiales utilizados en los componentes del segundo punzonado.....	78
Tabla 4.6 Materiales utilizados en los componentes del calibrador.....	79
Tabla 4.7 Fuerza necesaria para el proceso de estampado.....	80
Tabla 4.8 Fuerza de corte necesaria por los punzones cilíndricos.....	80
Tabla 4.9 Fuerza de corte necesaria para el corte por los punzones de forma.....	81
Tabla 4.10 Fuerza de corte necesaria para el corte del borde de la pieza.....	81
Tabla 4.11 Fuerzas necesarias para el estampado, corte y punzonado de la lámina metálica.....	82
Tabla 4.12 Prensas utilizadas en el proceso de fabricación del panel.....	83
Tabla 4.13 Medidas finales de los punzones y matrices de los troqueles de corte y punzonado.....	87

Tabla 4.14 Número de resortes necesarios para la expulsión de la lámina metálica.....	88
Tabla 4.15 Parámetros de corte para el proceso de taladrado.....	116
Tabla 4.16 Tabla de colores para el acero en función de la temperatura.....	127

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

El proceso de estampado es el conjunto de operaciones con las cuales, sin producir virutas sometemos a una chapa plana a una o más transformaciones, con el fin de obtener una pieza que posee forma geométrica propia, sea ésta plana o hueca. En otros términos, la chapa es sometida a deformaciones plásticas; ésto se logra mediante el uso de dispositivos especiales llamadas matrices o troqueles.

El éxito o el fracaso de un proceso de estampado de metales, se basan en gran medida en lo apropiado del diseño del troquel. Si una herramienta no es diseñada correctamente, hay muy poco por hacer en el taller para que el troquel corra en una forma confiable y rentable. Erróneamente, muchos troqueles se consideran bien diseñados, si producen repetidamente piezas de acuerdo al plano y a una velocidad de producción predeterminedada durante las pruebas; pero, este enfoque crea un problema, no tiene sentido técnico ni económico evaluar un diseño de troquel debido a que éste está terminado, éste debería evaluarse antes de invertir tiempo y dinero en la fabricación del mismo.

Previniendo ésto la empresa METALPARTES ESPOSITO. C.A. ha implementado un sistema de diseño y fabricación de sus herramientas troqueles por medio del uso de sistemas computarizados CAD y CAM respectivamente, con lo cual ha disminuido los tiempos de fabricación, los costos de materiales y horas hombres, debido a que es posible prevenir errores que pueden ser visualizados antes de su fabricación.

El presente trabajo explica las etapas o pasos necesarios en la fabricación del PANEL UPR BACK del modelo Toyota Corolla, para lo cual es necesario la fabricación de los herramientas por medio del diseño y mecanizado asistido por computadora (C.A.D, C.A.M) y luego la puesta en funcionamiento y evaluación de los diferentes herramientas.

1.1 Reseña histórica de la empresa

La Empresa Metalpartes Esposito, C.A., fue fundada en San Antonio de los Altos, Estado. Miranda en 1982, para proveer partes automotrices a ensambladoras nacionales como Covenal, C.A., Ford de Venezuela y General Motors de Venezuela.

En 1986, la C.A. Tocars (actualmente Toyota de Venezuela), elige a Metalpartes Esposito, C.A., como uno de sus proveedores, por lo que se toma la decisión de mudar la Planta a la Zona Industrial “El Peñón” en la ciudad de Cumaná, Estado Sucre, permaneciendo su sede administrativa en San Antonio de los Altos. Es así, como Metalpartes Esposito, C.A., impulsada por la filosofía del Sistema de Producción Toyota, comienza a dedicarse al desarrollo de trabajos tipo “Kaizen” para el mejoramiento continuo, basados en un sistema de ideas y sugerencias propuestas por los mismos operadores en su puesto de trabajo.

Metalpartes Esposito, C.A., empresa de la rama metalmecánica con sede en Cumaná, Estado Sucre, provee partes estampadas para la carrocería y el chasis de vehículos a las ensambladoras Mitsubishi Motors Corporation de Venezuela y Toyota de Venezuela. Entre los principales productos que manufactura se encuentran: gato mecánico, barras de suspensión, concha inferior del tanque de combustible, placa aislante, miembro central de motor, extensiones de piso, paneles, soportes de radiadores, refuerzos de piso y miembros internos de piso.

Metalpartes Esposito, C.A., se consolida como empresa metalmecánica con la elaboración de básicamente dos tipos de partes automotrices: partes internas para carrocerías (suministradas exclusivamente a TDV), pertenecientes a los modelos Terios, Corolla (1.3, 1.6 y 1.8 l.) y camiones Dyna y gatos mecánicos (suministrados a TDV y Mitsubishi Motors Corporation de Venezuela), pertenecientes a los modelos Toyota Corolla (1.3, 1.6 y 1.8 l.), Terios y Mitsubishi Lancer (1.3, 1.5 y 1.8 l.).

1.2 Planteamiento del problema

En los últimos años las industrias automotrices venezolanas han utilizado piezas locales, debido a los requerimiento que exige el estado venezolano de un porcentaje de piezas nacionales, (“I.S.” Integración Sub-regional) para ayudar a fortalecer la economía del país y generar fuentes de empleo, lo que hace imperativa la fabricación de piezas automotrices locales para alcanzar este valor.

La fabricación de piezas de carrocería automotriz requiere diferentes tipos de herramientas; estampadores, cortadores, punzonadores y calibradores, cada uno de ellos posee una función específica y deben ser utilizados en una determinada secuencia para que los resultados cumplan con las especificaciones internas, del cliente y de las normas de Sistema de Gestión de la Calidad ISO/TS 16949:2002 y Ambiente ISO 14001:2004.

El proceso de fabricación de dichas piezas, es complejo y se requiere la construcción de un conjunto de herramientas (Troqueles) para llevar acabo dicho proceso; Metalpartes Esposito tiene la necesidad de diseñar y construir los herramientas para la fabricación del PANEL UPR BACK, debido que la empresa Toyota de Venezuela le ha solicitado el suministro de estos paneles para el modelo Toyota Corolla 2009.

Los troqueles o herramientas son un conjunto de sub partes que cambian de acuerdo al proceso a realizar. La elaboración de un troquel es un proceso que comienza con la recepción de los planos o datos de la pieza, estos planos son llevados a datos digitales; primeramente a una estructura de alambres y seguidamente a superficies, estas superficies digitales son modificadas según el herramental a fabricar, con los datos digitales se diseñan los tochos de fundición 1045 ó 1060 y los modelos en material blando (anime o madera) los cuales son fabricados por medio de máquinas de control numérico computarizado (CNC) y son utilizados para el proceso de desbaste en las máquinas copiadoras por pantógrafo.

El diseño y selección de material de estos modelos es de gran importancia debido a que repercute en gran medida en el aspecto económico, y uno de los objetivos de toda empresa es éste, la fabricación de un producto de calidad y con el menor gasto posible.

En este trabajo se explican las etapas y secuencias utilizadas en la construcción de los diferentes troqueles necesarios para la fabricación del PANEL UPR BACK; estampador, cortador-punzonador, punzonador y calibrador, con todos sus partes comenzando con la transformación de los planos a digital, realización de las modificaciones de los datos de acuerdo al troquel, selección de los tochos de fundición, construcción de los modelos para copiado, diseño de los componentes de cada troquel con sus partes, ajuste de los troqueles y se realizó pruebas de funcionamiento con la lámina metálica. Se establecieron y elaboraron rutinas para optimizar el tiempo requerido para la fabricación de las piezas, evitando procesos de mecanizado varias veces.

Cabe destacar que en este trabajo se utilizaron programas de dibujo computarizado (Mechanical Desktop) y de mecanizado (EdgeCam), los cuales son una valiosa herramienta a la hora de diseñar, dicho programa permite obtener una

visión de la pieza en forma digital, la cual puede ser cambiada y modificada antes de realizar las ordenes de trabajo, lo cual evita y previene errores que repercutan en el tiempo y costo de elaboración de dicha pieza.

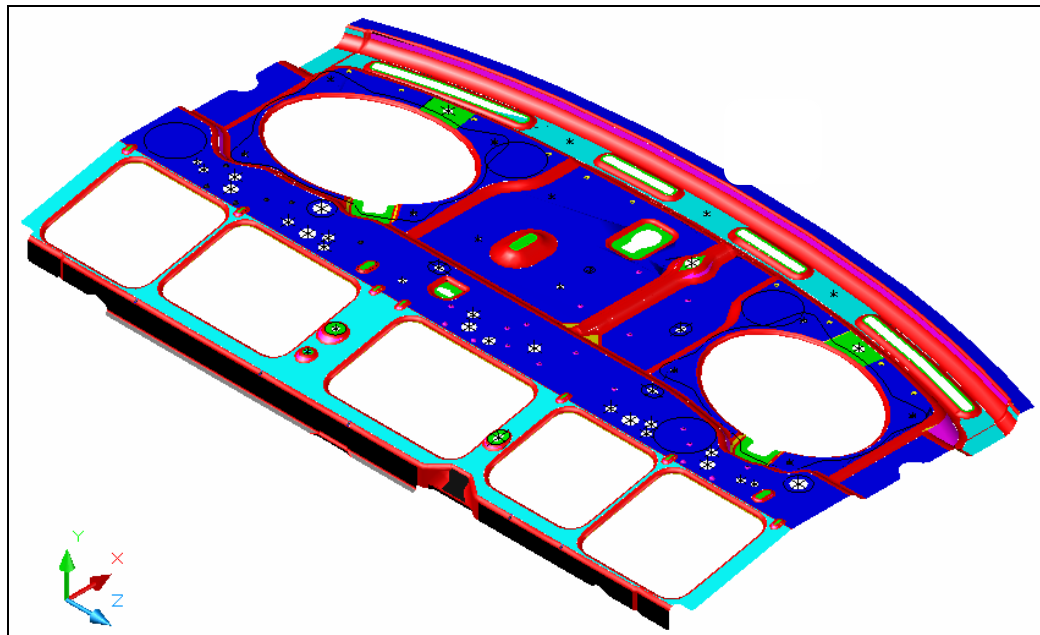


Figura 1.1 Superficie digital del panel Upr. Back del Toyota Corolla 2009.

[Fuente: Propia]

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Construir los herramientas (troqueles) para la fabricación del panel superior trasero del Toyota Corolla, por medio del uso de paquetes computacionales para el diseño y mecanizado de dichos herramientas.

1.3.2 Objetivos Específicos

Convertir los datos y planos de la pieza en superficie digital (alambres y mallas) con todos los detalles, mediante el programa Mechanical Desktop.

Seleccionar la secuencia lógica del proceso necesario para la obtención de la pieza, mediante el análisis detallado de la configuración inicial.

Depurar las superficies digitales en función de los procesos y las secuencias de estos, para la fabricación del herramental mediante el software Mechanical Desktop.

Seleccionar las dimensiones, características mecánicas y tratamientos térmicos necesarios en los materiales para la construcción del tocho y de los elementos que constituyen el herramental en función del número de piezas a fabricarse.

Construir el modelo del troquel en madera, mediante el corte en el centro de mecanizado, aplicando la interface Edge Cam, siguiendo los planos corregidos.

Diseñar la secuencia de los procesos de mecanizados necesarios para la construcción del troquel y sus componentes.

Construir el herramental (troquel) aplicando los diferentes procesos de mecanizado siguiendo la secuencia previamente establecida.

Ajustar el herramental con las tolerancias de diseño, la verificación de posibles interferencias, mediante el montaje en la prensa hidráulica y la puesta en funcionamiento de ésta.

Realizar pruebas de funcionamiento del herramental con la lámina metálica, ajuste de los elementos y chequeo de la calidad dimensional y superficial de la pieza.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Antecedentes

A continuación, se presenta un resumen de los trabajos de investigación desarrollados en la Universidad de Oriente, referentes al área de estudio que servirán de base, ya sea por su contenido o metodología, para el desarrollo del trabajo de grado:

González, G. (1976), “Estudio de la construcción de una matriz para la elaboración de eslabones de cadena tipo Galle”. En este trabajo se realizó un estudio del material con el cual se fabricaran los eslabones, el cual se selecciona de acuerdo a recomendaciones de manuales técnicos, se realizó la disposición de las piezas en la lámina metálica para el ahorro de material; seguidamente se seleccionó la prensa para la realización del trabajo utilizando datos como cantidad de piezas a producir y fuerza necesaria para el corte, y por último se procede al cálculo necesario para el dimensionamiento de los elementos que constituyen el herramental [1].

Abreu, P. (1979), “Diseño de troqueles para cadena de rodillo”. Este trabajo tiene como propósito hacer un estudio de la fabricación de cadenas para transmisión de potencia; comprende aspectos relacionados con la producción de la cadena, ciclo de fabricación de la chapa, determinación de fuerzas de corte, elección de prensas y detalles relacionados con el diseño de las matrices para realizar el corte. [2].

Salazar, R. (2002), “Evaluación de la operación de embutición para una empresa manufacturera”. En el cual se presenta una evaluación a los herramientas de

una empresa ya que las piezas terminadas presentaban gran cantidad de defectos; en este trabajo se realizó un estudio del material de las piezas y los herramientales a nivel micro y macrométrico, se revisó las capacidades de las prensas utilizadas en la fabricación y se estudió el diseño de los herramientales, se concluyó que el diseño de los herramientales no era el indicado y se realizó un diseño completo de los mismos. [3].

2.2 Formado de metales

El formado de metales incluye varios procesos de manufactura para los cuales se usa la deformación plástica para cambiar la forma de las piezas metálicas. La deformación resulta del uso de una herramienta que usualmente es un troquel para formar metales, el cual aplica esfuerzos que exceden la resistencia a la fluencia del metal. Por tanto, el metal se deforma para tornar la forma que determina la geometría del troquel.

En general, se aplican esfuerzos de compresión para deformar plásticamente el metal. Sin embargo, algunos procesos de formado estiran el metal, mientras que otros lo doblan y otros más lo cortan. Para formar exitosamente un metal éste debe poseer ciertas propiedades. Las propiedades convenientes para el formado son generalmente una baja resistencia a la fluencia y alta ductilidad. Estas propiedades son afectadas por la temperatura. La ductilidad se incrementa y la resistencia a la fluencia se reduce cuando se aumenta la temperatura de trabajo. El efecto de la temperatura da lugar a la distinción entre trabajo en frío, trabajo en caliente por debajo de la temperatura de recristalización y trabajo en caliente. La velocidad de deformación y la fricción son factores adicionales que afectan el desempeño del formado de metales.

2.3 Trabajo de láminas metálicas

El trabajado de láminas metálicas incluye operaciones de corte y formado realizadas sobre láminas delgadas de metal. El espesor del material puede ser tan pequeño como varias décimas de milímetro, pero la mayor parte de los espesores del metal están entre 0,4 mm y 6 mm. Cuando el espesor excede de 6 mm se le llama placa en lugar de lámina. El material que se usa en el trabajo metálico de láminas se produce por laminado.

La relación entre el área superficial y el volumen del material inicial es alta; por lo que esta relación es un medio útil para diferenciar la deformación volumétrica de los procesos con láminas metálicas. Prensado es el término que se aplica frecuentemente a las operaciones con láminas metálicas, debido a que las máquinas utilizadas para desempeñar estas operaciones son prensas. La parte producida en una operación de laminado metálico se llama frecuentemente estampado.

Las tres grandes categorías de los procesos con láminas metálicas son: corte, doblado y embutición. El corte se usa para separar láminas grandes en piezas menores, para cortar un perímetro o hacer agujeros en una parte. El doblado y embutición se usan para transformar láminas de metal en partes de forma especial.

Las operaciones con láminas metálicas se ejecutan siempre en frío y se utiliza un juego de herramientas llamadas punzón y matriz. El punzón es la porción positiva y la matriz es la porción negativa del juego de troqueles. [6]

La extensión y el gran desarrollo del uso de troqueles se fundamentan en los siguientes factores:

- La gran capacidad de producción.
- El precio de costo unitario poco elevado.
- La intercambiabilidad de las piezas.
- La ligereza y solidez de las piezas obtenidas.

Otros factores adicionales que han incrementado su importancia, son:

El mejoramiento de las características del material que se trabaja y del material de las herramientas.

El establecimiento de datos técnicos más precisos.

2.4 Partes de un herramental

Los componentes de trabajo son el punzón y la matriz. El punzón y la matriz se fijan a las porciones superior e inferior del conjunto del troquel, llamados respectivamente el portapunzón (o zapata superior) y el portamatriz (zapata inferior). El conjunto incluye también columnas guía y bujes para asegurar el alineamiento apropiado entre el punzón y la matriz durante la operación. El portamatriz se fija a la base de la prensa y el portapunzón se fija al pisón. El movimiento del pisón ejecuta la operación de prensado.

Además de estos componentes, un troquel para corte de formas o punzonado debe incluir un medio para evitar que se peguen las láminas al punzón cuando éste regresa hacia arriba, después de la operación. El agujero que se genera en el material es del mismo tamaño que el punzón y tiende a pegarse al punzón antes de su retiro. El dispositivo del troquel que separa la lámina del punzón se llama extractor.

2.4.1 Punzón

Los punzones son unos de los componentes en contacto directo con la lámina metálica, el mismo se fabrica en acero y en su superficie se encuentra mecanizado en alto relieve la forma a estampar, embutir o cortar. [6]

Para las piezas de dimensiones medianas, los punzones pueden fabricarse en 2 piezas, a saber: una placa de acero duro templado, se fija por tornillos y pasadores al cuerpo del punzón, que es de acero semiduro. Esta forma de fabricación puede facilitar el mecanizado, disminuir o evitar las deformaciones de templado y economizar acero duro.

Para piezas de grandes dimensiones los punzones se construyen generalmente con cuchillas desmontables; El cuerpo del punzón será de acero semiduro o de fundición. Las cuchillas tendrán como máximo 250 mm de longitud (deformación de templado).

En general, la forma de la pieza a troquelar se dá en toda su altura. Puede también preverse la fabricación mecanizando solamente la forma en 15 a 20 mm.

Puede evitarse la flexión de los punzones cilíndricos de diámetros pequeños, disponiéndolos, ya sea en una pieza, en cuyo caso la parte del diámetro que se ha de punzonar y que tiene una longitud de 8 a 10 mm, está unida, mediante garganta circular al cuerpo del punzón de diámetro mayor; ya sea en dos piezas: con una camisa exterior que refuerza el punzón (permite el empleo de acero calibrado).

Medidas: para evitar las roturas demasiado frecuentes, el diámetro mínimo a troquelar debe ser igual al espesor del material.

Altura de los punzones: en general se adopta 70 mm. Para los punzones cilíndricos pequeños, se comprobará la resistencia al pandeo mediante la fórmula:

$$h = 700 \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde: h= altura del punzón.

E= esfuerzo del recortado.

I= coeficiente según la forma.

Punzón cilíndrico

$$I = \frac{\pi}{\epsilon} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Punzón triangular

$$I = \frac{a}{\epsilon} \quad (\text{Ec.2.3})$$

Punzón tubular

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Punzón rectangular

$$I = \frac{b}{\epsilon} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

2.4.2 Matriz

La matriz o hembra es el componente complementario del punzón, en la superficie de ésta se mecaniza en bajo relieve o negativo la forma que se quiere transferir a la lámina metálica, es uno de los componentes más importantes en el troquel debido a que ésta se encuentra sometida al mayor esfuerzo en el proceso y en contacto directo con la lámina. Como para los punzones, existen tres modos de configuración.

En una pieza.

Con chapas de corte desmontables.

Con láminas de corte desmontables.

2.4.2.1 Conicidad de la matriz de corte

El agujero de las matrices comprende una parte cilíndrica, o sea de perfil y dimensiones constantes, a la que se le da salida mediante una conicidad. La altura de la parte cilíndrica debe valer 3-4 veces e (espesor de la chapa) hasta 2 mm (1,5 veces, si e es mayor que 2 mm).

Si la herramienta se ha de utilizar para una serie muy grande, la citada altura puede calcularse teniendo en cuenta el metal eliminado en cada afilado y el número de piezas recortadas entre afilados. El ángulo de conicidad puede ser de 1-3°.

$$h = \frac{0,15 \times N^{\circ} \text{ Total de Pie:}}{30.000 \text{ a } 50.000} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde:

h es la altura de la parte cilíndrica del agujero de la matriz.

0,15 es el espesor eliminado al ser rectificado.

30.000 a 50.000 representa el número de piezas que pueden recortarse entre 2 afilados

En algunos casos, se prolonga la conicidad hasta la superficie de corte, pero entonces es preferible hacerla con un ángulo más pequeño en la parte superior (0,5°).

Para los agujeros circulares, puede obtenerse la salida sencillamente mediante un agujero, cilíndrico de unos 2 mm mayor que el diámetro del agujero, pero es preferible dar salida en forma de cono (se evita el atasco guiando los desperdicios).

2.4.3 Columnas

Las columnas junto con los patines son los componentes de los troqueles encargados de guiar y alinear el punzón con la matriz, éstos se fabrican de acero duro cementado, templado.

Se montan sobre la parte inferior, guiándose en un agujero muy preciso. Están sostenidos en sentido longitudinal por dos medios aros que se colocan en una ranura prevista al pie de la columna. Las columnas pueden ser lisas o bien provistas de ranuras de engrase. En este último caso, el agujero del bastidor del casquillo será liso.

En algunos casos, las columnas se introducen a presión en la parte inferior del bastidor. Este método no es recomendable, porque cuando hay que desmontarlos, existe el riesgo de no poder montar nuevamente la columna en su alineación normal, debido a la deformación del agujero. [4]

2.5 Clasificaciones del troquel según el número de estaciones

Según el número de estaciones, los troqueles que estampan se pueden clasificar como:

- Troqueles de una estación.
- Troqueles de múltiples estaciones.

2.5.1 Troqueles de una sola estación

Los troqueles de una estación pueden ser cualquier troquel compuesto o troqueles combinados.

Troquel compuesto. Es un troquel en el cual se logran dos o más operaciones de corte en cada movimiento de la prensa para producir una pieza.

Troquel combinado. Es un troquel en el cual las operaciones de corte y las que no cortan material, se logran en un movimiento de la prensa y se produce una pieza.

2.5.2 Troqueles de múltiples estaciones

Arreglar troqueles de múltiples estaciones para la serie de operaciones secuenciales se logra con cada movimiento de la prensa. Se utilizan dos tipos de troqueles:

- Troqueles progresivos.
- Troqueles de transferencia.

Troquel progresivo. Un troquel progresivo se utiliza para transformar las tiras de material en una parte terminada. Esta transformación se realiza progresivamente, por una serie de estaciones de corte, forme, y acuñe el material en la forma deseada. Los componentes que realizan operaciones en el material son únicos para cada parte.

Troquel de transferencia. En las operaciones del troquel de transferencia, los cortes de desarrollos individuales comunes se mueven mecánicamente desde una estación a la estación siguiente.

2.6 Tipos de troqueles

A continuación se presentaran los principales tipos de troqueles utilizados para la producción de una pieza fabricada por medio de la deformación de la chapa metálica.

2.6.1 Troqueles de corte

Un troquel de corte produce un corte de la periferia entera en una operación, en la figura 2.1 se puede observar un troquel de corte. Cuando se utiliza un troquel de corte se observan tres ventajas cuando se fabrica una pieza:

1. *Exactitud.* Los bordes de piezas cortadas son exactos con relación a las otras.
2. *Aspecto.* El borde pulido de cada pieza cortada se extiende alrededor de su periferia entera en el mismo lado.
3. *Llanura.* Las piezas cortadas son planas debido a la compresión uniforme del material en medio filo del sacador y del troquel. [5]

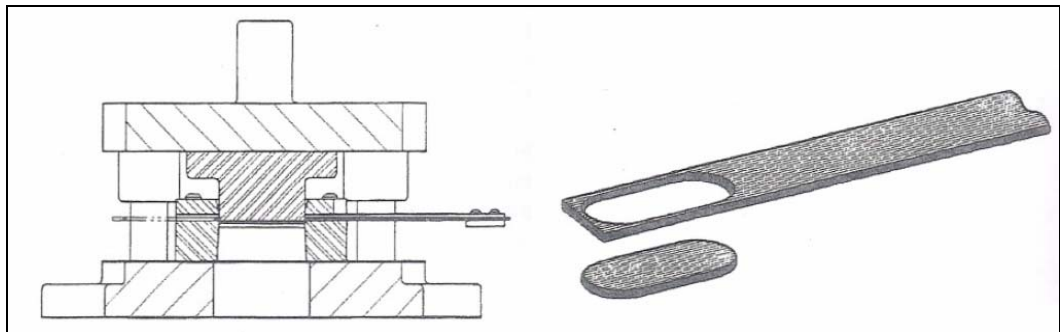


Figura 2.1 Troquel de corte. [5]

El corte del metal entre los componentes del troquel es un proceso que secciona el metal, el cual se tensiona entre dos filos al punto de la fractura o más allá de su esfuerzo último. [6]

El metal se somete a esfuerzos de tensión; el estirar más allá del límite elástico ocurre entonces deformación plástica, y finalmente fractura, comienza con hendidura

en los planos del área reducida y se convierten en una fractura completa esto puede observarse en la fig. 2.2 [6]

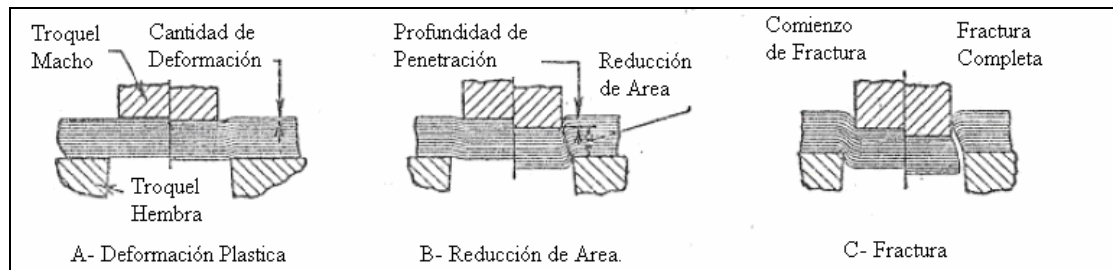


Figura 2.2 Proceso del corte de metal. [6]

2.6.1.1 Juego entre el punzón y la matriz

El juego es el espacio medido entre los miembros de acoplamiento de un sistema de los troqueles. El juego apropiado entre los filos permite realizar los cortes y dar un aspecto limpio a la porción fracturada del borde cortado. [6]

El juego entre el punzón y la matriz depende del espesor de la chapa y la calidad del material que puede ser duro, dulce o blando. Para láminas de poco espesor el juego no debe existir prácticamente; pero para láminas de elevado espesor, el juego debe ser aplicable. Para la chapa metálica, generalmente, está subordinado al espesor y varía proporcionalmente con éste, en la grafica 2.1 se puede observar los valores del juego entre el punzón y la matriz en función del espesor de la lámina metálica. [7]

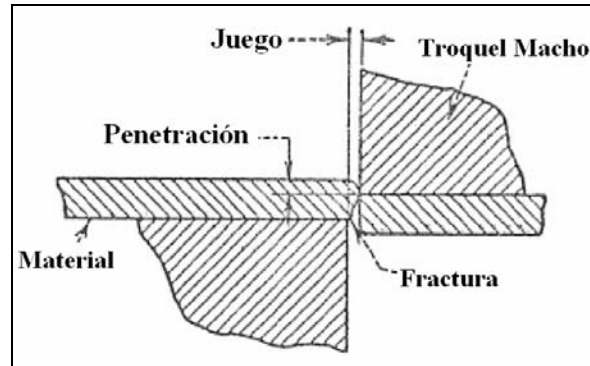
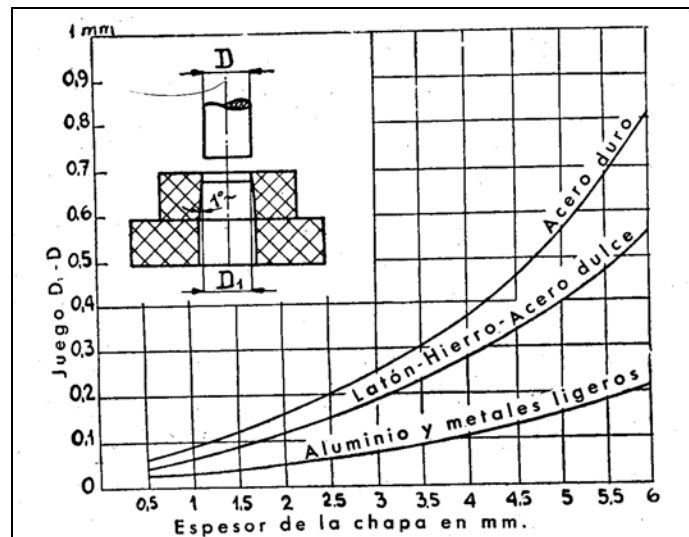


Figura 2.3 Juego entre los filos de corte de un troquel cortador. [6]

En operaciones ideales del corte, el macho penetra el material a una profundidad igual o cerca a la mitad de su espesor antes de que ocurra la fractura, y fuerza una porción de material igual al grueso que penetró, en la abertura del troquel. Con la separación correcta, el ángulo de la fractura permitirá una rotura limpia debajo de la vena del corte porque las fracturas superiores y más bajas se extienden una hacia otra.

La anchura de la vena del corte es una indicación de la dureza del material de la pieza a fabricar; ya que el grueso de la separación y el material del troquel son constantes. Si la vena del corte es más ancha, más suave es el material de la pieza. Los troqueles fabricados con metales más duros requieren separaciones más grandes y permiten menor penetración por el macho que las herramientas embotadas de metales dúctiles. [6]



Grafica 2.1 Juego entre el punzón y la matriz en función del espesor de lámina metálica para diferentes materiales. [7]

2.6.2 Troqueles de corte de desarrollo

La operación básica de un troquel de corte de desarrollo consiste en seccionar tiras de material de dimensiones necesarias para la fabricación de las piezas. La línea del corte puede ser recta o curvada; los agujeros y las muescas o ambas pueden ser cortadas en operaciones anteriores. Los troqueles de corte de desarrollo son utilizados para producir cortes que tienen lados derechos y paralelos, y éstos son menos costosos de construir que los troqueles de corte, un troquel de corte de desarrollo es mostrado en la figura 2.4.

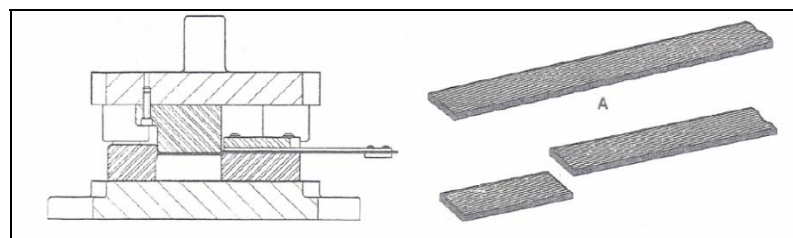


Figura 2.4 Troquel de corte de desarrollo. [5]

2.6.3 Troqueles de punzonado

Los troqueles de punzonado, mostrado en la figura 2.5, por lo general perforan los agujeros en el estampado. Hay dos razones principales de la perforación de agujeros en una operación separada en vez de combinar punzonado con otras operaciones:

Cuando una flexión subsecuente producida por una operación como el estampado, o la embutición torcería previamente el agujero o agujeros perforados.

Cuando el borde del agujero perforado está cerca del borde del corte de desarrollo. Esto ocurre en troqueles compuestos y combinados en los cuales se punzona y corta simultáneamente.

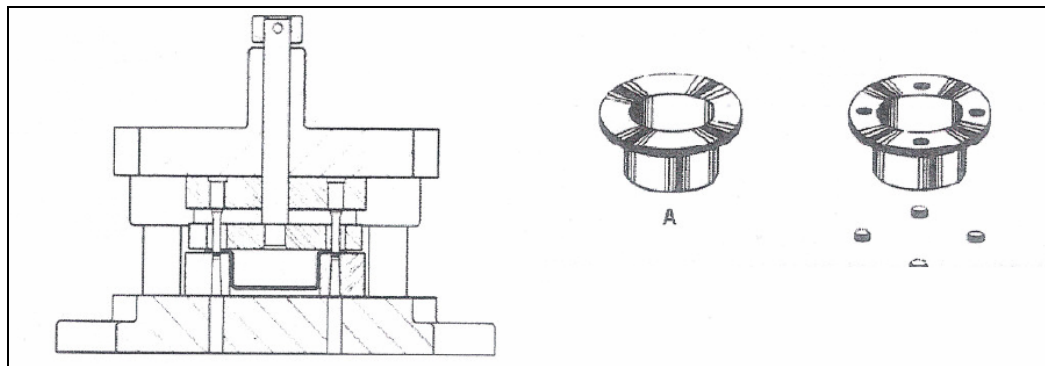


Figura 2.5 Troquel de punzonado. [5]

2.6.4 Troqueles compuestos

En un troquel compuesto se perforan los agujeros en la misma estación donde se corta la pieza, en vez de en de una estación anterior, como se hace en un troquel de la perforación y de corte. El resultado es mayor exactitud en el corte.

Aunque los troqueles compuestos se diseñan para producir cortes exactos, planos, y pequeños, éstos, de vez en cuando, son utilizados para producir cortes grandes para la producción en más de una estación.

Como todas las operaciones se realizan en una estación, los troqueles compuestos son compactos, en la figura 2.6 se puede observar un troquel compuesto.

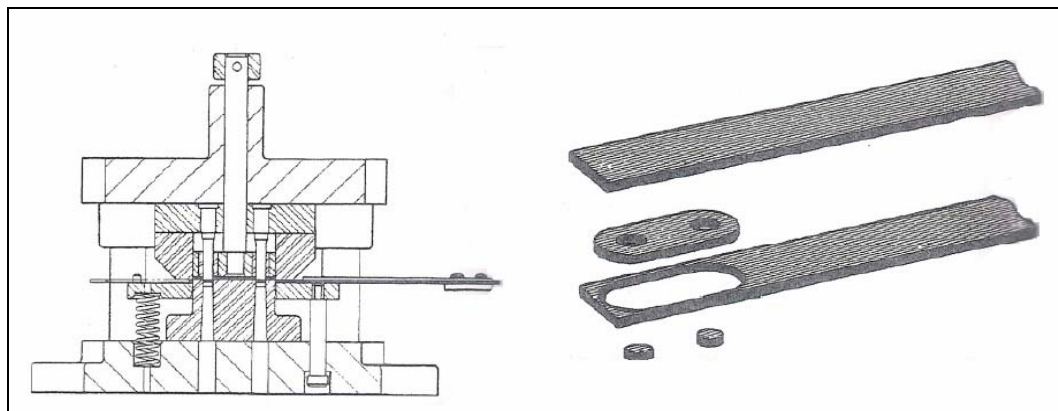


Figura 2.6 Troquel compuesto. [5]

2.6.5 Troqueles de formado

Un troquel de flexión deforma porciones de cortes de desarrollos planos a una posición angular determinada, como el mostrado en la figura 2.7. La línea de la curva es recta a lo largo de su longitud entera, en comparación a un troquel de formación, que produce piezas que pueden tener una línea curvada y la deformación plástica en el material es más severa.

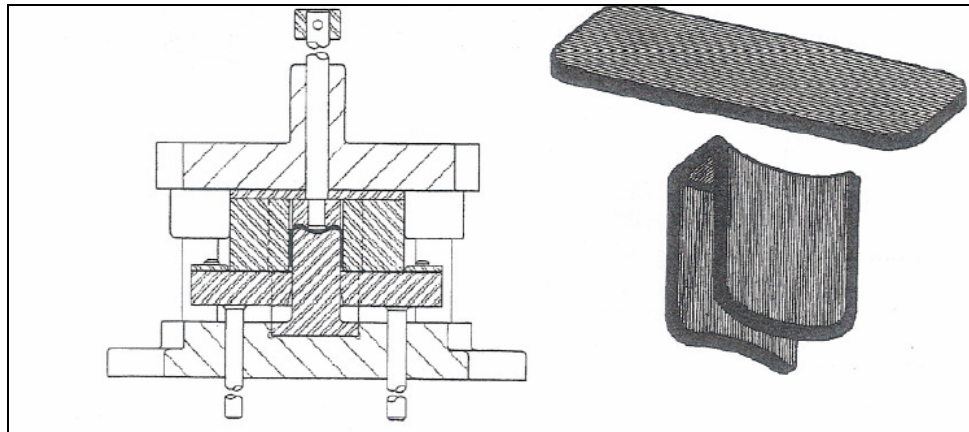


Figura 2.7 Troquel de formado. [5]

2.6.6 Troqueles de embutición

La embutición del metal, o la tecnología de fabricación de embutición profunda, se define como la acción de estirar el metal de un corte de material designado comúnmente como corte de desarrollo alrededor de un sacador. Los bordes de metal del corte de desarrollo son frenados por los anillos y el sacador es profundamente dibujado dentro de una cavidad superior del troquel para alcanzar la forma final que se desea. Hay muchas formas que se pueden hacer a través del embutido profundo o estampado, por ejemplo las tazas, las cacerolas, cilindros, bóvedas, y hemisferios, así como formas irregulares.

La cantidad de presión se debe ajustar cuidadosamente. La presión excesiva causaría que se perfore el fondo de la taza. La presión escasa permitirá que se formen arrugas; con la cantidad apropiada de presión se produce una taza libre de la arrugas. En la figura 2.8 se puede observar un troquel para el proceso de embutición.

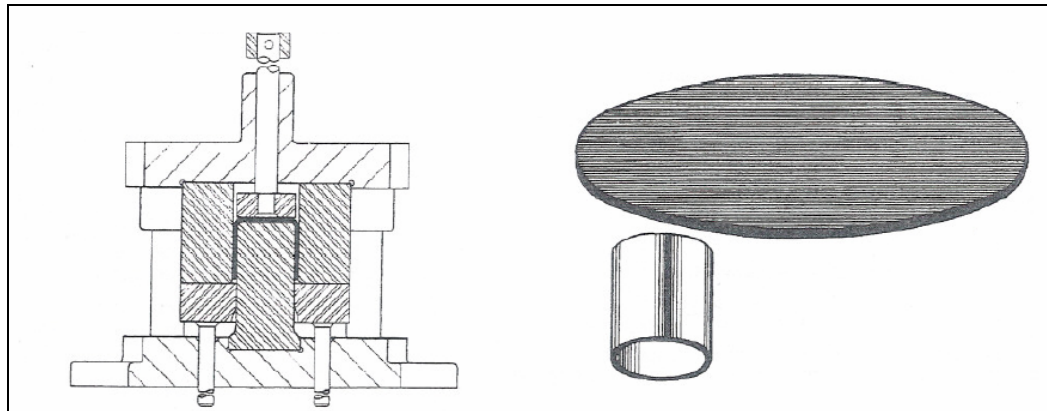


Figura 2.8 Troquel de embutición. [5]

2.6.7 Troqueles para ajustar

Los troqueles para ajustar corta porciones sobrantes de los objetos formados o estampados que presentan forma irregular u ondulada. Esta condición ocurre por la fluencia desigual del metal durante la operación de formación.

El ajuste quita esta porción indeseada para producir los bordes cuadrados y los contornos exactos. En la figura 2.9 se puede observar un troquel utilizado para ajustar [5]

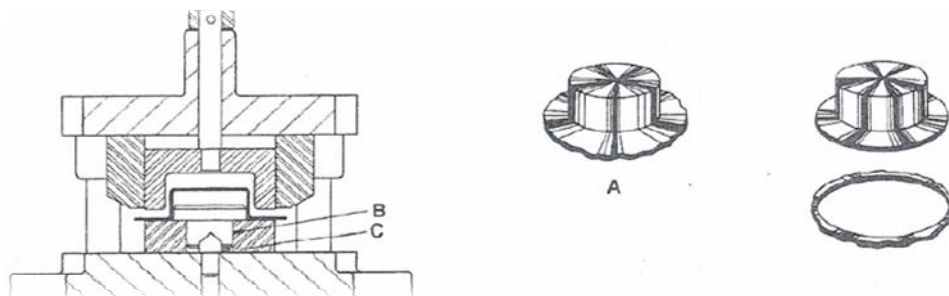


Figura 2.9 Troqueles para ajuste. [5]

2.7 Prensas para el trabajo de la lámina metálica

Las prensas que se usan para el trabajo de las láminas metálicas son máquinas herramienta que tienen una cama y una mesa móvil, la cual puede ser accionada hacia la cama y en dirección contraria para ejecutar varias operaciones de corte y formado. En la figura 2.10 se muestra una prensa típica con sus principales componentes. Las posiciones relativas de la cama y la mesa móvil se establecen por el armazón, la mesa móvil es accionada mediante fuerza mecánica o hidráulica. Cuando se monta un troquel en la prensa, el portapunzón se fija a la mesa móvil y el portamatriz se fija a la placa transversal de la cama de la prensa.

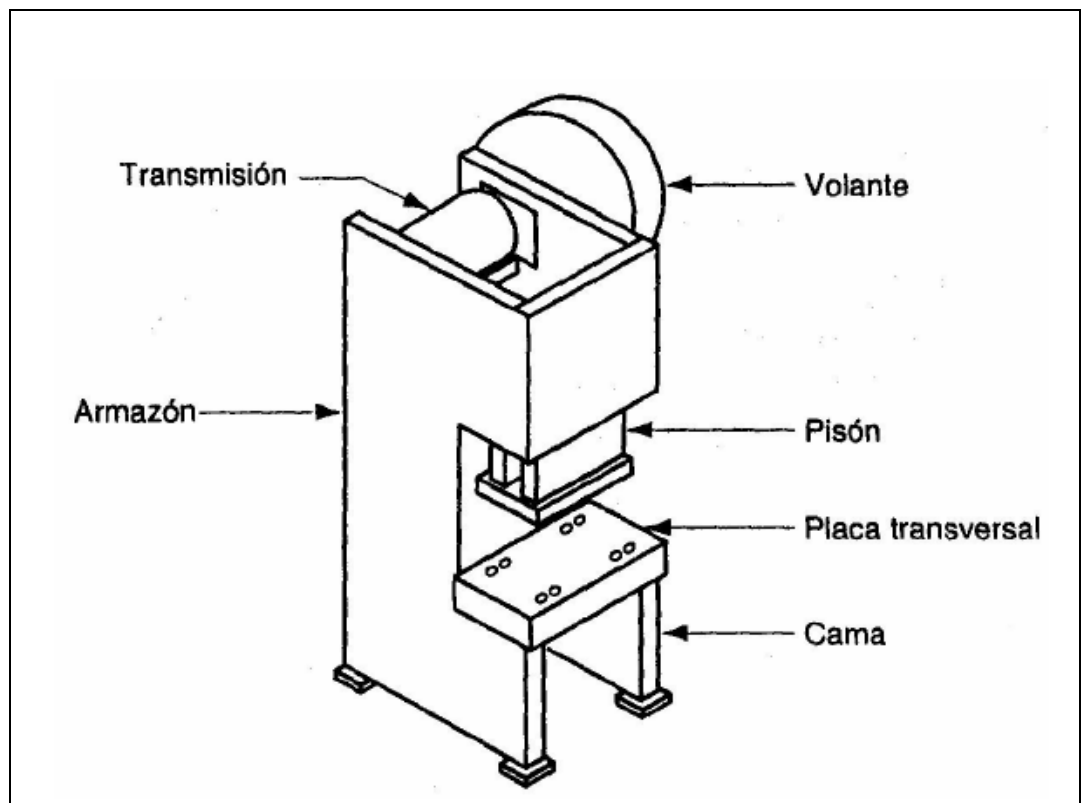


Figura 2.10 Componentes de una prensa troqueladora típica por transmisión mecánica. [6]

Hay prensas de varias capacidades, sistemas de potencia y tipos de armazón. La capacidad de una prensa es su disposición para manejar la fuerza y energía requerida para realizar las operaciones de troquelado. Ésta se determina por su tamaño físico y por sus sistemas de potencia. El sistema de potencia se refiere a la clase de fuerza que usa, ya sea mecánica o hidráulica, así como al tipo de transmisión empleada para enviar la potencia al pisón. La velocidad de producción es otro aspecto importante de la capacidad. El tipo de armazón de la prensa se refiere a la construcción física de la misma. Hay dos tipos de armazón o estructura de uso común: de escote o estructura en C y estructura de lados rectos.

2.7.1 Prensas de escote

Su estructura tiene la configuración general de la letra C y es frecuentemente llamada estructura o armazón en C. Las prensas de escote proporcionan buen acceso al dado, y generalmente pueden abrirse por la parte trasera para permitir la eyección conveniente de los troquelados o la pedacería. Los tipos principales de prensas de escote son: de escote sólido, cama ajustable, inclinable con abertura posterior, prensa plegadora y prensa de torreta.

2.7.2 Prensas con armazón de lados rectos

Para trabajos que requieren alto tonelaje se necesitan armazones de prensa con una rigidez estructural mayor. Las prensas de lados rectos tienen lados completos que le dan una apariencia de caja. Esta construcción aumenta la resistencia y rigidez del armazón. Como resultado, en estas prensas se dispone de capacidades hasta de 4.000 toneladas para trabajo en lámina. En forja se usan grandes prensas de este tipo de armazón

En todas estas prensas de estructura en C y armazón de lados rectos, el tamaño se correlaciona estrechamente con la capacidad de tonelaje. Las prensas más grandes se construyen para producir fuerzas más altas de trabajo. El tamaño de las prensas se relaciona también con la velocidad a la que pueden operar. Las prensas más pequeñas tienen generalmente velocidades de producción más altas que las prensas grandes.

2.7.3 Potencia y sistemas de transmisión

Los sistemas de transmisión de las prensas pueden ser hidráulicos o mecánicos; las prensas hidráulicas usan grandes cilindros y pistones para mover el pisón.

El sistema hidráulico suministra típicamente carreras más largas que las de impulsión mecánica y pueden desarrollar la fuerza de tonelaje completo a través de la carrera entera. Sin embargo es, más lento. Su aplicación a las láminas de metal se limita normalmente al embutido profundo y a otras operaciones de formado donde sus características son ventajosas. Estas prensas disponen de una o más correderas independientes, llamadas de simple acción (corredera simple), doble acción (dos correderas) y así sucesivamente. Las prensas de doble acción son útiles en operaciones de embutido profundo cuando se requiere un control separado de la fuerza de punzón y la fuerza del sujetador.

En las prensas mecánicas se usan varios tipos de mecanismos de transmisión, estos incluyen excéntrico de manivela y de junta de bisagra como se ilustra en la figura 2.11. Estos mecanismos convierten el movimiento giratorio del motor en movimiento lineal del pisón. Utilizan un volante para almacenar la energía cinética del motor, que usan posteriormente en las operaciones de troquelado. Las prensas mecánicas que utilizan este tipo de transmisión alcanzan fuerzas muy altas en el fondo de su carrera y, por tanto, son muy apropiadas para operaciones de corte de

discos y punzonado. La junta de bisagra libera fuerzas muy altas cuando está en el fondo y por esa causa se usa frecuentemente en las operaciones de acuñado. [6]

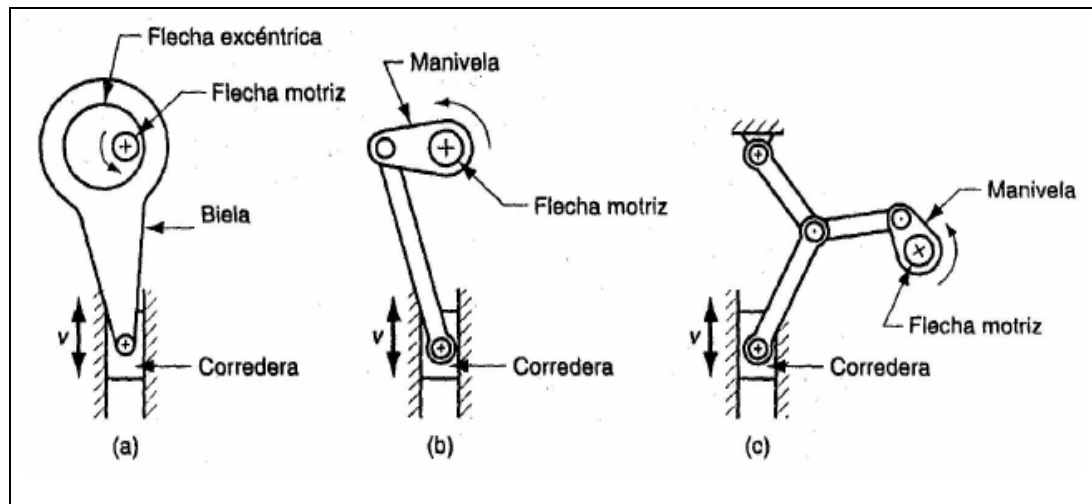


Figura 2.11 Tipos de transmisión para prensas mecánicas: (a) excéntrica, (b) de manivela y (c) de junta de bisagra. [6]

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Generalidades

En este capítulo se presenta la descripción de la metodología empleada para el desarrollo del trabajo, la cual se muestra en la figura 3.1; que se presenta a continuación, luego se describe en detalle cada una de las etapas que la conforman. Adicionalmente se muestran los materiales y equipos utilizados.



Figura 3.1 Flujograma con las etapas del proyecto. [Fuente: Propia]

3.2 Metodología

3.2.1 Revisión bibliográfica

Se procedió a la búsqueda de la información con el fin de obtener los fundamentos, métodos, antecedentes y técnicas bajo las cuales se regira y desarrollará el trabajo de grado. Estas fueron recopiladas de libros especializados, hoja de especificaciones, manuales, publicaciones, revistas, páginas de internet, entrevistas, catálogos y publicaciones técnicas que aborden el tema de la tesis.

3.2.2 Análisis de los planos y datos técnicos de la pieza

Se revisaron los planos suministrados por el cliente de los cuales se obtuvo las dimensiones de la pieza y el material del cual se fabricó las piezas con los cuales se realizó la tabla 4.1 que se presenta en el capítulo 4, Resultados y Análisis de Resultados.

3.2.3 Conversión de datos y planos

En esta etapa se creó las superficies y piezas digitales utilizadas para la fabricación de los troqueles, éstas fueron creadas por medio de Mechanical Desktop, el cual es un programa de bosquejo, dibujo en detalle y análisis de esfuerzos para piezas en 2D y 3D, usada por muchos diseñadores e ingenieros. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. Su formato de trabajo es el D.W.G., el cual es compatible con muchos otros, lo que lo hace una herramienta de trabajo muy versátil a la hora de importar archivos entre programas. Permite un elevado grado de personalización y programación del software, pudiendo añadirse módulos o rutinas que se adapten a los requerimientos específicos de diseño de cada persona.

Se procedió a la creación y edición de la superficie digital por medio de los comandos de creación de alambres, con los cuales se pueden crear éstos, utilizando y especificando coordenadas espaciales X, Y, Z, de puntos específicos en sus trayectorias. Una vez creados los alambres con los cuales se creó un esqueleto de la pieza a fabricar, se procede a la creación de la superficie digital, utilizando los comandos presentes en el programa de diseño asistido por computadora Mechanical Desktop, para estos comandos son necesarios alambres con los cuales se va a dar forma y otros que servirán de rieles o caminos, éstos son parámetros solicitados por el programa para la creación de superficies.

Esta primera pieza no presenta radios o empalmes entre las uniones de las superficies que conforman el conjunto, estos radios son agregados en otro paso por medio de la edición de las superficies ya creadas, y alambres presentes o creados en caso de ser necesario.

3.2.4 Diseño de los troqueles

Para determinar los troqueles necesarios para la fabricación del panel se tomó en cuenta los aspectos presentes en la superficie mostrada en la figura 4.2:

Un troquel estampador el cual será el herramental que conforme la forma de la pieza.

Un troquel cortador para la obtención del perímetro con la forma mostrada.

Un troquel punzonador, para cortar y extraer de la lámina metálica los agujeros que posee la pieza, los cuales presentan diferente forma y tamaños.

Un troquel calibrador o pestañador, por medio del cual se dará el tamaño y altura final a los agujeros de forma rectangular y a la pestaña o aleta en la parte delantera de la pieza respectivamente.

En función de los procesos a realizar (estampado, recortado, perforado y calibrado) se diseñó una secuencia de aplicación de los diferentes troqueles; esta secuencia es mostrada en la sección 4.5 del capítulo de Resultados y Análisis de Resultados.

3.2.5 Selección del material

Para la fabricación de los componentes del herramental se utilizaron 3 clases de materiales, los cuales se seleccionaron por las propiedades mecánicas de éstos, templabilidad, presencia en el mercado nacional y los costos de los mismos; los materiales utilizados son presentados en la sección 4.6 del capítulo de Resultados y Análisis de Resultados.

3.2.6 Diseño y elaboración de planos de los componentes del herramental

En esta etapa se diseñaron los elementos constitutivos de los herramientas como punzones, , elementos de sujeción y aceros que conforman los bordes de corte de las matrices, utilizando información referente a el material utilizado en la fabricación de los troqueles, cantidad de paneles a fabricar y dimensiones de los paneles, calculando las tolerancias, fuerzas de corte, entre otras; con los valores obtenidos se elaboraron los planos de cada elemento del herramental, con dichos planos se generan las ordenes de trabajo que sean necesarias para la fabricación de los componentes de los troqueles.

Los datos, cálculos y criterios utilizados se especificaron en detalle en la sección 4.7 del capítulo de Resultados y Análisis de Resultados.

3.2.6.1 Cálculo de las fuerzas generadas en los procesos de estampado, corte y punzonado

Las fuerzas para los procesos de estampado, corte y punzonado se calcularon mediante las ecuaciones mostradas a continuación. El cálculo de estas fuerzas es necesario para la selección de la prensa, selección de los resortes para la expulsión de la lámina, cálculo de los esfuerzos en bordes de cortes y punzones.

$$F_e = \pi * D_p * e * \sigma * \left(\frac{D_b}{D_p} - 0 \right) \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde:

F_e : Fuerza de estampado (N).

D_p : Diámetro del punzón (mm).

D_b : Diámetro del corte de desarrollo (mm).

e : Espesor de la lámina (mm).

σ : Esfuerzo tensil de la lámina a cortar (Mpa).

$$D_b = \sqrt{D_p^2 + (4 * l * e)} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Donde:

l : Profundidad de la pieza a estampar.

La fuerza de sujeción es la fuerza que se necesita aplicar al prensa lámina para evitar que la lámina metálica se arrugue o se rasgue en el proceso de estampado, y ésta es calculada por medio de la ecuación 3.3.

$$F_s = \quad (\text{Ec. 3.3})$$

Donde:

F_s : Fuerza de sujeción del prensa lámina del estampador.

Las fuerzas generadas en el proceso de corte son fuerza por el recortado, fuerza de extracción y fuerza de expulsión. El cálculo de la fuerza necesaria para el recortado se realiza por medio de la siguiente fórmula:

$$F_t = F_{pc} + F_{pf} + l \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Donde:

F_t : Fuerza total de corte.

F_{pc} : Fuerza necesaria para el corte debido al perímetro de corte de la pieza.

F_{pf} : Fuerza necesaria para el corte debido al perímetro de los punzones de forma.

F_{ci} : Fuerza necesaria para el corte debido al perímetro de punzones cilíndricos.

Para el cálculo de las diferentes fuerzas se utilizó la siguiente fórmula:

$$F = \frac{p \cdot e}{0} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Donde:

F : Fuerza (N).

p : Perímetro de corte (m).

e : Espesor de la lámina (m).

σ : Esfuerzo tensil de la lámina a cortar (N/m²).

La fuerza de extracción es la fuerza necesaria para sacar el material sobrante del macho o punzón; y viene dado por:

$$F_{ex} = 7\% \quad (\text{Ec. 3.6})$$

Donde:

F_{ex} : Fuerza de extracción (N).

La fuerza de expulsión es la fuerza necesaria para expulsar la pieza de la hembra o matriz, esta fuerza es necesaria para la selección de los resortes los cuales impulsaran al extractor y éste a su vez al panel; y viene dada por:

$$F_{ej} = 1,5\% \quad (\text{Ec. 3.7})$$

Donde:

F_{ej} : Fuerza de expulsión (N).

3.2.6.2 Selección de las prensas

La selección de la prensa viene dada por la capacidad de carga que es capaz de aplicar ésta y por el tamaño de sus mesas, para la selección de las prensas se calculó las fuerzas de corte, y se verificó las dimensiones de las mesas de las prensas para que satisfaga las dimensiones de los herramientas.

3.2.6.3 Cálculo de curvatura de embutición y holgura de embutición

El cálculo del radio de curvatura es necesario para evitar que se formen arrugas o el material se rasgue si el valor de este radio es muy grande o pequeño

respectivamente, para la selección del valor del radio de curvatura y la holgura en el proceso de embutición se utilizaron los criterios mostrados en la tabla 3.1 que se presenta a continuación:

Tabla 3.1 Radios de curvatura y holgura de embutición según el espesor de la lámina metálica. [4]

Espesor de la lámina	Radio de curvatura y holgura de embutición	Ecuación n°
$e < 1 \text{ mm}$	$R= 6 \text{ a } 8e$	3.8
$1 < e < 3 \text{ mm}$	$R=4 \text{ a } 6e$	3.9
$3 < e < 4 \text{ mm}$	$R=2 \text{ a } 4e$	3.10
$0 < e < 6 \text{ mm}$	$j= 1,2e$	3.11

3.2.6.4 Cálculo de holguras del proceso de corte y punzonado

Para el proceso de corte y punzonado es necesario el cálculo de las holguras necesarias para obtener un aspecto limpio en el borde de corte.

El valor de esta holgura es función del espesor y del material del elemento a cortar; los valores de estas holguras se encuentran tabulados en algunos textos, pero para este trabajo se calcularon por medio de las ecuaciones de la tabla 3.2 obtenidas del manual del técnico matricero y mostrada a continuación:

Tabla 3.2 Holguras del proceso de corte y punzonado. [4]

Material	Holgura	Ecuación n°
Acero dulce	$j = \frac{e}{20}$	3.12
Acero semiduro	$j = \frac{e}{16}$	3.13
Acero duro	$j = \frac{e}{14}$	3.14

El valor de esta holgura es restado del valor del macho o punzón y/o de la hembra o matriz, según el proceso que se lleve a cabo; para el caso del corte el valor final del punzón viene dado por:

$$Mp = Mp' - \quad (\text{Ec. 3.15})$$

En el proceso de punzonado se utiliza la siguiente ecuación:

$$Mm = Mp' \cdot \quad (\text{Ec. 3.16})$$

Donde:

Mp = Medida final del punzón.

Mp' = Medida deseada de la pieza.

Mm = Medida final de la matriz.

3.2.6.5 Cálculo del número de resortes para la expulsión de la lámina metálica

Para el cálculo del número de resortes necesarios para la expulsión de la lámina metálica en los troqueles de corte-punzonado, segundo punzonado y calibrado se utilizó la ecuación 3.17 mostrada a continuación.

$$N_s = \quad \quad \quad (\text{Ec. 3.17})$$

Donde:

N_s = Número total de resortes.

F_{ej} = Fuerza de expulsión (N).

F_{cs} = Fuerza generada por cada resorte (N).

Para el cálculo de la fuerza generada por cada resorte se utilizó la ecuación 3.18.

$$F_{cs} = F_{\frac{1}{4}} + F_{\frac{1}{16}} \quad \quad \quad (\text{Ec. 3.18})$$

Donde:

$F_{\frac{1}{4}}$ = Fuerza generada por el resorte en $\frac{1}{4}$ de plg por la compresión inicial (N).

$F_{\frac{1}{16}}$ = Fuerza generada por el resorte en $\frac{1}{16}$ de plg por la compresión de trabajo (N).

3.2.6.6 Elaboración de los planos de los componentes del herramental

Se crearon los planos de las piezas por medio de los comandos de creación de sólidos presentes en el programa Mechanical Desktop utilizando primeramente líneas y figuras planas y luego extruyéndolas para formar los sólidos.

Luego de formar los sólidos, se procedió a crear los agujeros para sujeción, servicio, transporte que fueron necesarios, y posteriormente todos los componentes fueron ensamblados unos con otros; al estar ensamblados los componentes fue posible visualizar los troqueles como conjuntos, seguidamente se procedió al despiece

y creación de los planos de cada una de las piezas con sus respectivas cotas en formatos empleados por la empresa donde se indican el material, la cantidad, la escala y la fecha que fueron realizado, luego se entregó al personal del taller para proceder a su fabricación.

3.2.6.7 Cálculo de esfuerzos y deformaciones en los punzones por medio de elementos finitos

Se calcularon los esfuerzos y deformaciones en los punzones del troquel cortador-punzonador por medio del modulo de cálculo por elementos finitos (CEF) presentes en el programa Mechanical Desktop; para el uso del comando es necesario la creación previa de un sólido, una vez creado el mismo se utiliza el comando de análisis de esfuerzos, al utilizar el comando es necesario indicarle al programa las cargas aplicadas al sólido, el punto de apoyo del mismo, y luego se definen las propiedades del material de la pieza a la cual se le realiza el análisis. Los resultados obtenidos en el análisis de esfuerzo y deformación son mostrados en las figuras 4.15 y 4.16 de la sección 4.7.7 del capítulo 4.

3.2.7 Creación de las secuencias de mecanizado

Se crearon unas secuencias las cuales se les aplicaron a las diferentes piezas del herramental para su fabricación, evitando en lo posible que la pieza pase por un mismo proceso varias veces, ésto con la finalidad de disminuir los tiempos de fabricación; entre los procesos de mecanizado tenemos corte, taladrado, torneado, escariado y fresado.

Para definir la secuencia en cada pieza fue necesario tener el plano individual de dicha pieza conocer las máquinas disponibles en el taller y las limitantes de las mismas; el primer paso, luego de la selección del material y dimensiones de la pieza,

fue el corte de la misma, ésto puede realizarse por medio del proceso de corte por oxi-acetileno o por medio del corte con la sierra de vaivén alternativa o de cinta , el primer proceso se utilizó para piezas de grandes dimensiones y para cortes de formas irregulares, el corte con sierra de vaivén se realizó en piezas como matrices y punzones cilíndricos, los cuales son cortadas de una barra de Amutit S de 12,7 mm, 25,4 mm y 50,8 mm de acuerdo de las dimensiones de éstos y también para el corte de aceros rectangulares que constituyen el borde del troquel cortador los cuales se cortaron de perfiles rectangulares de acero 1060 de diferentes dimensiones.

Luego de cortado las piezas, se procede al proceso de taladrado, en este proceso se perforan agujeros para la sujeción de las piezas a otros componentes del herramental, agujeros de izamiento y volteo de piezas en componentes como las bases de los troqueles, agujeros para el paso de las velas de la prensa en las piezas, agujeros para resortes, camisas, pasadores, agujeros de sujeción al banco de la máquina fresadora en el caso de piezas de gran tamaño que no pueden ser sujetadas por medio de mordazas.

Se continua con el proceso de fresado de las caras de las piezas para asegurar planitud de un máximo de 3 mm por cada 1.000 mm en caras de piezas que se encuentren en contacto o caras que se encuentren en contacto con elementos de máquinas como la mesa de las prensas. Una vez realizado el corte del metal, el taladrado y el fresado se procede a roscar los agujeros destinados al izamiento de piezas y a agujeros de sujeción de piezas con otros componentes del troquel; para los punzones y matrices cilindricas se corta el material y luego se procede al proceso de torneado, con el cual se les da la forma final al punzón.

Algunas piezas que conforman el herramental son fabricadas en el centro computarizado para el mecanizado. Para llevar a cabo dicho proceso es necesario realizar las etapas o pasos anteriores los cuales representan la preparación del

material. En otras piezas como el macho y la hembra es necesario realizar un desbaste inicial, éste se lleva a cabo por medio de una máquina copiadora, en este proceso es montado un modelo en madera del componente a copiar en escala natural ó 1:1 el cual fue previamente fabricado en el centro de mecanizado computarizado para materiales blandos; después de montado el modelo y por medio de una punta palpadora o seguidora es copiado el modelo al metal, una vez realizado este desbaste es llevado al CNC para metales para realizar el proceso de afinado; el proceso de desbaste es llevado en una máquina copiadora ya que el taller sólo cuenta con una máquina CNC y para optimizar el proceso sólo se utiliza el centro de mecanizado computarizado para procesos de afinados y así es posible el afinado de varias piezas en el tiempo que tardaría 1 sola desde el desbaste hasta el afinado.

Las piezas como los tacos que conforman el borde de corte, los punzones y matrices son sometidos a tratamientos térmicos, los tacos de corte del borde y punzones ovalados que presentan gran esbeltez son sometidos al proceso de temple en aceite, mientras que las matrices y punzones cilíndricos elaborados con barras de acero son templado en un horno eléctrico y enfriados en aceite, y luego se les aplica un proceso de revenido.

3.2.8 Construcción de los componentes del herramental

Se aplicó las secuencias de mecanizado y corte previamente establecidas para la fabricación de las piezas; en algunos de los casos es la etapa final de construcción, para otras piezas es la preparación antes del proceso de mecanizado en el centro de mecanizado computarizado, para los procesos de mecanizado se utilizan parámetros preestablecidos en la empresa como son avance, velocidad de corte, penetración y revoluciones.

3.2.9 Fabricación de los modelos en madera y de los troqueles

En esta etapa se procedió a la fabricación del modelo en caso de ser madera o el troquel en caso de ser metal, para la fabricación de estos componentes fue necesario la creación de las corridas para los centros de mecanizado computarizados, las cuales se crearon por medio del programa EdgeCAM y luego cargadas en los mismos.

EdgeCAM es un programa fabricado por la empresa Pathtrace Inc. para la simulación y creación de secuencias para el mecanizado asistido por computadora (CAM); éste, ofrece diferentes ventajas como la importación de los formatos estándares de la industria incluyendo IGES, DWG, DXF y VDA, el uso de máquinas hasta de 5 ejes, permite el uso de estructuras de alambres, superficies o sólidos los cuales pueden ser editados dentro del mismo programa de ser necesario lo que convierte a EdgeCam en una herramienta de gran versatilidad a la hora del mecanizado.

Para los modelos primeramente se creó un bloque cuyas dimensiones sobrepasan las dimensiones de la pieza en ancho, largo y espesor; este bloque está conformado por láminas de MDF (compuesto de madera) de 18 a 25 mm de espesor unidas entre sí por medio de pegamento; una vez creado el bloque para el modelo, este es montado y fijado en la mesa del centro de mecanizado para materiales blandos, a este bloque se le es trazado los ejes, por medio de una plantilla de la vista superior a escala natural ó 1:1 de la pieza a fabricarse la cual presenta los ejes coordenados. Al trazar los ejes al bloque se verificó que la plantilla está centrada en el bloque y la silueta de la pieza se encuentre dentro de los bordes del bloque.

En el centro de mecanizado se cargó el origen de los ejes coordenados (X, Y, Z), por medio de la perilla que controla el movimiento del carro del centro de

mecanizado y utilizando la intersección de los ejes marcados en el bloque como el punto de ubicación del origen.

Se cargó el código o corrida que rige el movimiento del CNC en el mismo por medio de un disco extraíble (Diskette), este código fue previamente realizado en el programa computacional EdgeCAM. Al cargar e iniciar el código en el CNC este comienza a realizar el proceso de corte.

El código o corrida son una secuencia de coordenadas y revoluciones de corte agrupados en pasos sucesivos, las coordenadas son distancias en los ejes X, Y, Z, con respecto a un punto de referencia en este caso nuestro centro; debido a esto es de gran importancia la coincidencia del centro marcado en el bloque, el cargado en el CNC y el que se utilizó en el programa para la creación del código, porque si no coinciden se realizará un corte que no es el deseado.

Para los componentes en metal el proceso es el mismo pero lo que cambia es el centro de mecanizado, debido a que se utilizó el CNC para metales (Hass).

En el CNC para materiales blandos se cortaron el macho y hembra del estampador y del calibrador; para el cortador se utilizó para el desbaste los mismos que en el estampador y para el segundo punzonado los del calibrador.

Para el extractor de la lámina del cortador se realizó un modelo para el molde de fundición, este modelo se elaboró utilizando el macho del estampador como molde y utilizando una mezcla plástica (masilla para vehículos) combinados con pequeños trozos de madera ésta puede ser vista en la figura 4.26 de la sección 4.10 de los resultados y análisis de los resultados.

Para la elaboración del modelo se vertió sobre el macho estampador una capa de aceite y sobre este una capa de componente plástico, se colocaron los tacos de madera y luego se cubrieron éstos con otra capa de componente plástico. Una vez finalizado y luego de que el componente plástico solidificó se procedió al desmolde de éste y por medio de papel abrasivo (lija) se procedió a eliminar defectos en la superficie y darle un acabado más suave al modelo del extractor.

3.2.10 Aplicación de tratamientos térmicos

Se aplicaron los tratamientos térmicos previamente definidos a punzones, matrices y aceros del borde de corte que lo ameriten por medio de los hornos para tratamientos térmicos y por medio de llama con el equipo de oxi-acetileno, para endurecer la superficie de los mismos.

3.2.11 Ensamble y ajuste del herramental

Se ensambló el troquel y se verificó las tolerancias del mismo, se realizó el montaje en la prensa hidráulica y se accionó ésta, para la verificación de posibles interferencias, por medio de inspecciones visuales y mediciones directas; en caso de existir alguna interferencia se corregirá la misma, de no presentar inconvenientes se procederá a las pruebas de funcionamiento.

3.2.12 Pruebas de funcionamiento

Se realizaron pruebas de funcionamiento del troquel con la lámina metálica, ajustando los elementos del troquel y verificando la calidad dimensional y superficial de la pieza, de presentar algún inconveniente la lámina metálica se reubica los componentes del troquel, al solventar los inconvenientes con la lámina metálica, se

realizó el ajuste definitivo de los componentes, se pule y afina la superficie del conjunto.

3.3 Equipos, materiales, sustancias y herramientas utilizadas

Los equipos, materiales, sustancias y herramientas utilizadas en el diseño y construcción de los troqueles empleados para la fabricación del panel Upr Back del Toyota Corolla 2009 se encuentran en la empresa Metalpartes Esposito C.A. en la zona industrial del Peñón en Cumana, estado Sucre y se muestran en las tablas 3.3, 3.4 y 3.5.

Tabla 3.3 Equipos utilizados en la construcción de los troqueles y la fabricación del panel. [Fuente: Propia]

Equipos Utilizados	Cant.
Máquinas copadoras	4
Máquinas fresadoras	7
Taladros radiales	3
Tornos	4
Rectificadoras	2
Hornos eléctricos	2
Thermowood CNC router	1
Hass CNC centro vertical de mecanizado	1
Prensa de 500 Ton.	3
Prensa de 250 Ton.	6
Máquinas de soldar MIG	11
Máquinas de soldar SMAW	60

Tabla 3.4 Materiales utilizados en la construcción de los troqueles y la fabricación del panel. [Fuente: Propia]

Materiales
Láminas de MDF de diferentes espesores
Tochos de acero 1060 y 1045 de diferentes dimensiones
Barras cilíndricas de Amutit S de diferentes diámetros

Tabla 3.4 Materiales utilizados en la construcción de los troqueles y la fabricación del panel. [Fuente: Propia] (Continuación)

Materiales
Resortes de 50,8 mm de diámetro
Masilla plástica para automóvil
Papel de lija de diferentes tamaños de granos

Tabla 3.5 Herramientas utilizadas en la construcción de los troqueles y la fabricación del panel. [Fuente: Propia]

Herramientas
Mechanical Desktop
Edge CAM

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Generalidades

En este capítulo se mostraran los resultados, análisis y criterios utilizados para el diseño y la construcción de los troqueles para la fabricación del panel Upr Back del Toyota Corolla 2009.

4.2 Revisión bibliográfica

La recopilación de información fue una fase fundamental en el diseño y fabricación de los troqueles; utilizando los catálogos de los fabricantes se obtuvo las propiedades físicas y mecánicas de los aceros, resortes y la lámina metálica, estos datos son mostrados en los apéndices A, B y C.

Las dimensiones, y material del panel Upr Back fueron tomadas del plano del mismo el cual fue suministrado por la empresa Toyota de Venezuela y éste se puede ver en el apéndice B, Toyota de Venezuela solicitó la fabricación de 50 paneles diarios por un periodo de 5 años debido que es la capacidad de producción diaria que posee la planta ensambladora de vehículos Corolla, y el tiempo estimado de duración del modelo en el mercado nacional, utilizando este valor de piezas y calculando jornadas semanales de 5 días y 4 semanas mensuales en 5 años se obtiene un valor mínimo de producción de 60.000 piezas, lo cual puede cambiar si el modelo no es cambiado en 5 años y si la capacidad de producción de la planta ensambladora es aumentada.

4.3 Resultados del análisis de los planos y datos técnicos de la pieza

Por medio del plano del panel Upr Back se obtuvo las dimensiones y características del material del panel, las cuales se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Dimensiones y material de la pieza a fabricar. [Fuente: Propia]

Código	Nombre	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Espesor (mm)	Material
64111-02120	Panel Upr Back	546	960	70	0,6	SPC270D

Las dimensiones mostradas en la tabla 4.1 son utilizadas para el dimensionamiento de los tochos de fundición necesarios para la elaboración de los troqueles, a las medidas mostradas se les sobredimensionó con valores necesarios para el mecanizado inicial, el cual es para la limpieza y planitud de las caras, y valores de 2 a 2,5 cm por cada 100 cm de material fundido para prever el cambio dimensional experimentado por el acero debido a la contracción térmica, y con esto se obtuvo la tabla 4.2 donde se encuentran las dimensiones de los tochos que fueron solicitados a la empresa encargada de realizar las fundiciones.

Tabla 4.2 Dimensiones y cantidades de los tochos. [Fuente: Propia]

Tocho	Cantidad	Dimensiones (mm)
Macho estampador	2	965x595x90
Macho cortador- punzonador		
Soporte de macho estampador	2	975x595x190
Soporte de macho para el corte- punzo.		
Pisador	1	1185x765x200
Hembra estampador	1	1160x730x90

Tabla 4.2 Dimensiones y cantidades de los tochos. [Fuente: Propia]
(Continuación)

Tocho	Cantidad	Dimensiones (mm)
Soporte de hembra estampador	1	1170x740x255
Caja de aceros para el corte- punzonado	1	1130x770x70
Extractor para el corte- punzonado	1	960x612x115
Macho punzonador	1	1005x360x100
Extractor del punzonador	1	980x360x70
Macho calibrador	1	985x345x125
Hembra calibrador	1	990x350x127

Las láminas metálicas, del cual se fabricaron los paneles, son de un material suministrado por la Toyota de Venezuela, son láminas de bajo o extra bajo carbono y con un esfuerzo máximo de tensión de $27,53 \text{ Kg/mm}^2$, estas propiedades le proporcionan a la lámina metálica una característica dúctil, que permite el estampado, corte y punzonado, evitando que la lámina se rasgue por endurecimiento al aplicarle alguno de estos procesos; la totalidad de las propiedades de las láminas metálicas son presentadas en el Apéndice C y las cuales fueron extraídas del manual de materiales suministrados por Toyota de Venezuela.

4.4 Resultados de la conversión de datos y planos

Los planos del panel Upr Back se convirtieron en alambres digitales y con estos se crearon superficies digitales, por medio del programa Mechanical Desktop, una visión de la primera superficie digital es la mostrada en la figura 4.1, en esta figura se muestra el panel a fabricar sin curvatura de embutición.

La curvatura de embutición es un empalme entre las intersecciones de dos superficies y éste, es el valor necesario para evitar que el material que se está estampando se arrugue o se rasgue en los bordes de los planos. Esta curvatura fue aplicada a todas las aristas de la superficie del panel, debido a que el espesor es uniforme en toda la lámina, con la cual se fabricará dicho panel y esta superficie se utilizó como base para el mecanizado de los herramientas.

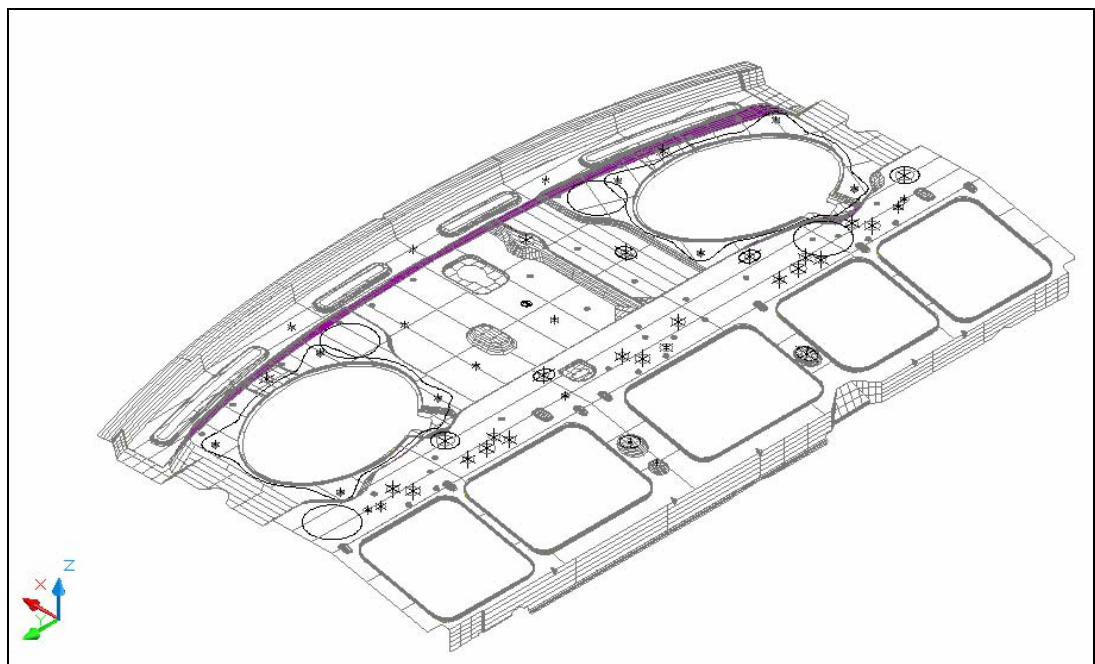


Figura 4.1 Panel a fabricar sin radios de curvatura. [Fuente: Propia]

El valor de curvatura de embutición utilizado en esta superficie se obtuvo por medio de la ecuación 3.8 y depende del espesor de la lámina metálica, para el panel Upr Back el radio de curvatura es de 5 mm.

La superficie base fue modificada creando los radios de curvaturas y asignándole capas; éstas son unas herramientas presentes en el programa Mechanical Desktop con las que se pueden asignar diferentes nombres y colores a las superficies

que conforman el dibujo, ésto con la finalidad de identificar fácilmente la superficie con la cual se estaba trabajando; otra característica que presentan las capas es que se pueden ocultar o apagar, ocultando toda una sección de superficie a la cual se le haya asignado esa capa en específico.

La superficie digital del panel Upr Back modificada con los empalmes y las capas es mostrada en la figura 4.2, la capa de color rojo es la asignada a las curvaturas de embutición.

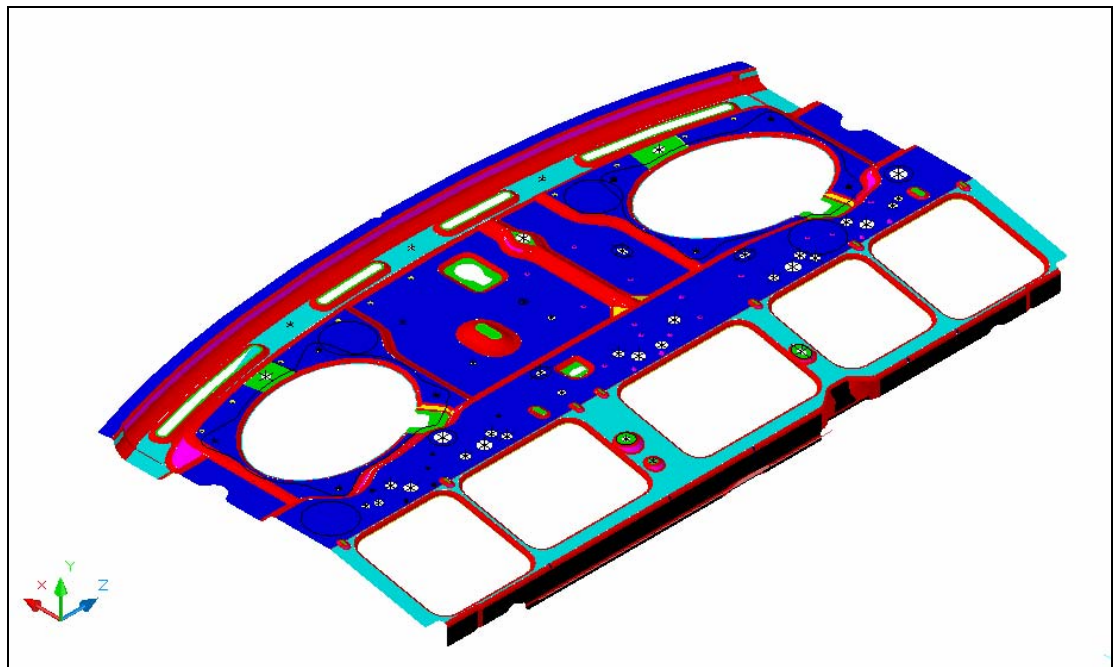


Figura 4.2 Superficie digital del panel Upr Back con capas y radios de empalme. [Fuente: Propia]

4.5 Resultados del diseño de los troqueles

El diseño de los troqueles se realizó teniendo en cuenta el espesor de la lámina metálica, el proceso de embutición en algunas zonas y los 51 agujeros que posee el

panel Upr Back; para la fabricación del panel Upr Back se diseñó cuatro (4) juegos de troqueles, un troquel estampador, un troquel cortador-punzonador, un troquel punzonador y un troquel calibrador, cada uno con una función específica y una superficie digital con características propias, las cuales serán mostradas a continuación.

4.5.1 Resultados del troquel estampador

El proceso de fabricación del panel comienza con el proceso de estampado por medio del cual se obtiene la forma del panel en la lámina metálica, para este proceso se diseñó unas extensiones en la superficie digital, estas extensiones son las superficies digitales que se copiarán en el prensa lámina por medio de los procesos de mecanizados y el cual tienen la función de tensar y sujetar la lámina antes de que el macho estampador deforme la lámina y cree la forma del panel; estas extensiones presentan unos frenos los cuales son unas superficies de forma semi cilíndricas que están colocadas a lo largo de las extensiones laterales y nos asegura que una vez que baje el prensa lámina no exista movimiento de la lámina lateralmente.

En la figura 4.3 se puede observar la superficie digital utilizada para el diseño del troquel estampador, donde las extensiones están representada por la superficie naranja y en el recuadro una ampliación de los frenos; todos los agujeros en esta superficie fueron tapados con unas superficies de color negro, esto se realizó para crear topes en estos sitios, porque para el proceso de mecanizado en el centro de mecanizado computarizado (CNC) se necesita que la herramienta de corte baje hasta un tope para evitar que la misma choque con la mesa del centro de mecanizado y ocurra daños en el centro de mecanizado o en el mismo herramental.

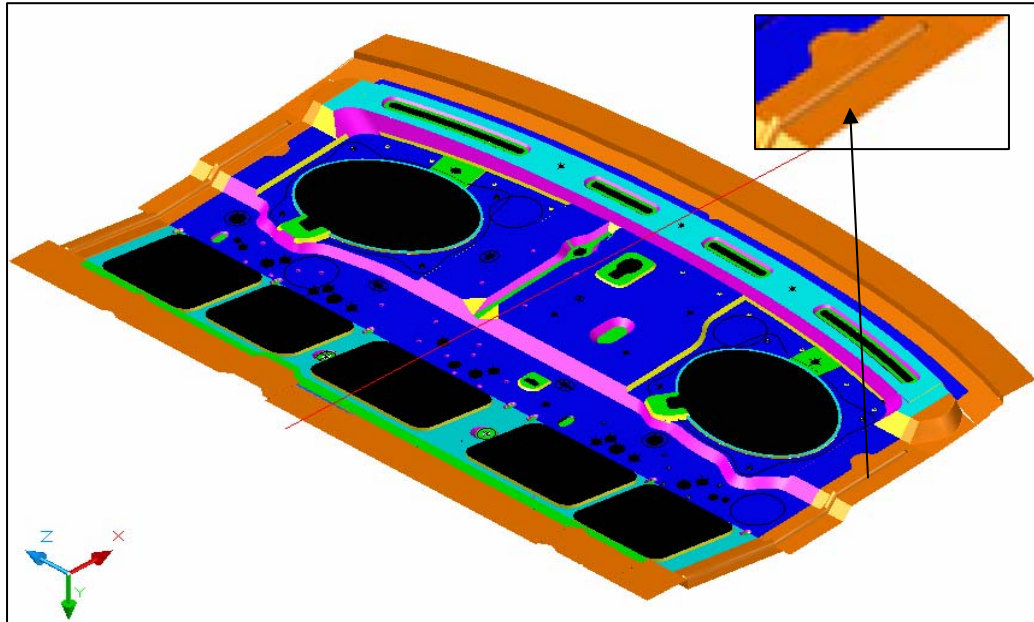


Figura 4.3 Superficie digital modificada para el diseño del troquel estampador. [Fuente: Propia]

4.5.2 Resultados del troquel cortador-punzonador

El segundo troquel diseñado para la fabricación del panel, es el corte-punzonado de la lámina estampada, para retirar el exceso de material que fue utilizado por el prensa lámina en el proceso de estampado, y realizar una parte de la apertura de los agujeros que posee el panel. Se diseñó el proceso de punzonado en dos etapas, para evitar deformaciones irreversibles en la lámina metálica, así como rasgaduras en la misma debido a que el espesor de la lámina metálica es sólo de 0,6 mm, y el panel posee 51 agujeros con un área significativa en comparación con el área total de la lámina, por lo cual se decidió perforar 46 agujeros con el proceso de corte y se diseño un troquel para un segundo proceso de punzonado con los 5 agujeros rectangulares de mayor perímetro; de los 51 agujeros que posee el panel, 18 de éstos no son de forma circular y 12 de estos 18 agujeros tienen dimensiones mayores al de

las barras cilíndricas de acero disponibles y por eso fueron diseñados en tacos de acero.

La superficie digital diseñada para el troquel cortador-punzonador, fue creada modificando la superficie del estampador, a la cual se les retiró las extensiones, los frenos y las tapas de los agujeros que serán perforadas en el proceso de corte-punzonado; esta superficie puede ser observada en la figura 4.4, la cual sólo presenta tapas de color negro en los 5 agujeros de forma rectangular que serán cortados en el segundo proceso de punzonado y donde el borde de corte es el perímetro final del panel Upr Back.

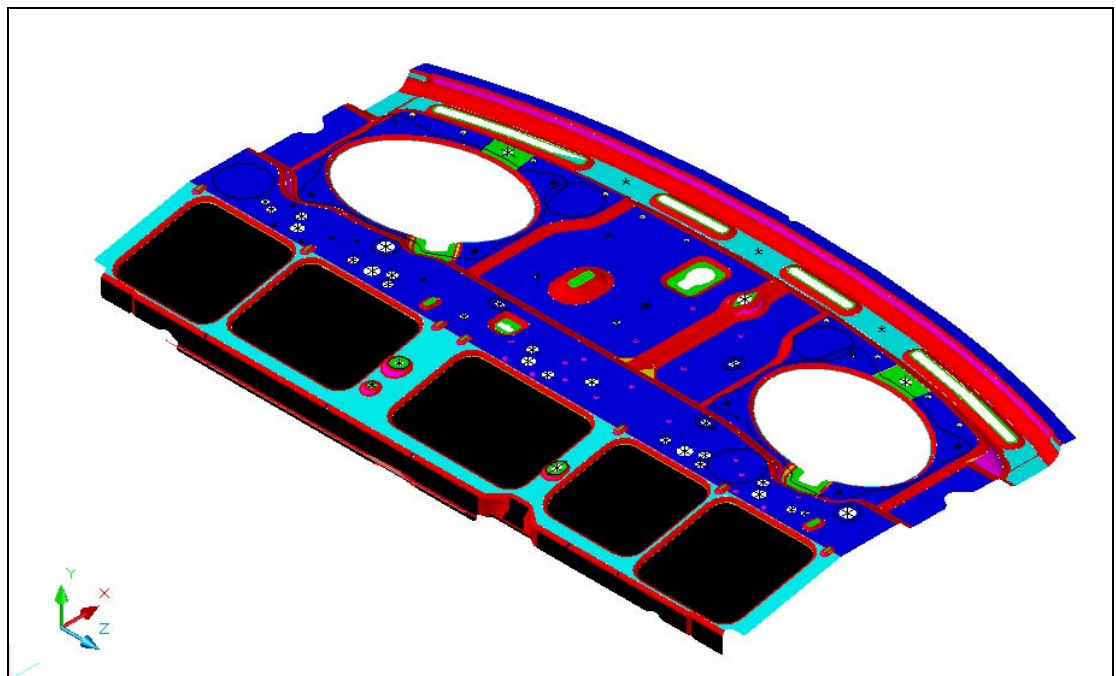


Figura 4.4 Superficie digital modificada para el diseño del troquel cortador-punzonador. [Fuente: Propia]

4.5.3 Resultados del troquel punzonador

El tercer proceso necesario en la fabricación del panel es el segundo punzonado en el cual se cortaran los 5 agujeros en forma rectangular, estos agujeros se recortaran 5 mm más pequeños que su medida final, para luego en el proceso de pestañado llevarlos hasta la medida requerida, este proceso se realiza, porque la lámina metálica adyacente al corte se encuentra paralela a los punzones de corte, causando arrugas y dobleces en la misma si se realizará el corte de los agujeros utilizando la medida final de los mismos.

La superficie utilizada para el diseño del troquel punzonador está conformada por la sección delantera de la superficie base, esta sección representa el área requerida para el punzonado de los 5 agujeros rectangulares; ésto con la finalidad del diseño de un troquel que cumpla con el proceso de punzonado y ocupe sólo el área donde ocurre el mismo, con ello la disminución de los costos de producción del herramental; la superficie utilizada para la fabricación del troquel del segundo punzonado es mostrada en la figura 4.5; en esta figura se puede observar unas extensiones color naranja en sentido vertical donde se encuentran los 5 agujeros de forma rectangular, estas extensiones son para definir el espesor del tocho de metal y para que el mismo esté definido al realizar la importación al programa que realizará el proceso de mecanizado.

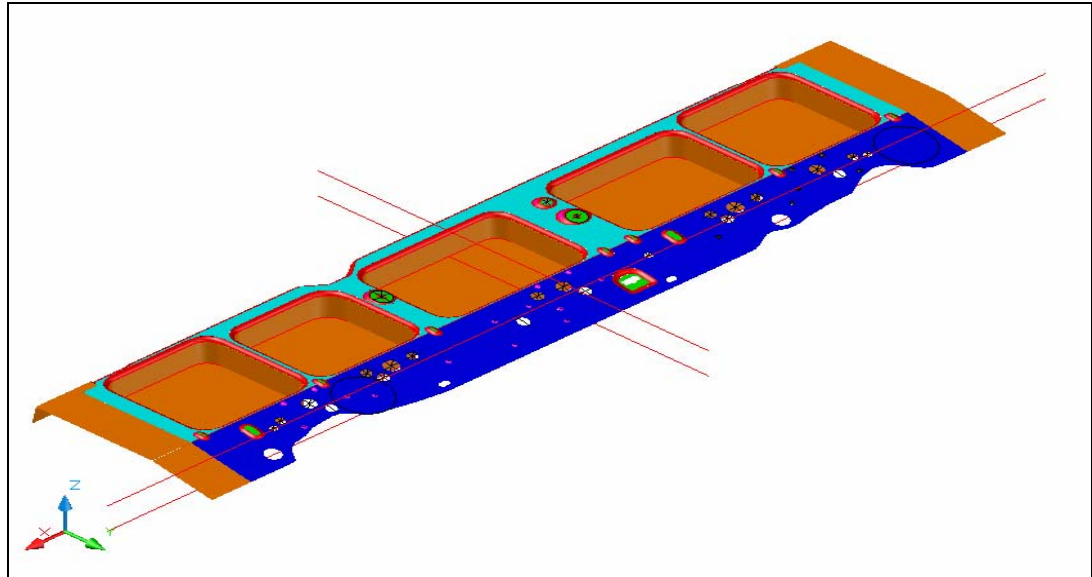


Figura 4.5 Superficie digital modificada para el diseño del troquel punzonador.
[Fuente: Propia]

4.5.4 Resultados del troquel calibrador

El cuarto y último troquel diseñado es el calibrador o pestañador, este troquel llevará a su posición final la pestaña delantera y los bordes de los 5 agujeros rectangulares; para el diseño de este troquel se modificó la superficie base, teniendo en cuenta que la pestaña y los bordes de los agujeros a calibrar se ubican en un área específica, y al igual que el segundo punzonado se diseñó un troque para el proceso de calibrado que fuese sólo del área delantera del panel debido a que el área a calibrar se encuentra en esta zona; por ello se utilizó la sección delantera de la superficie base para la fabricación del troquel de calibrado. La superficie utilizada para la fabricación del troquel de calibrado puede ser observada en la figura 4.6.

Los recuadros mostrados en la figura 4.6 son una ampliación de las áreas que fueron calibradas en el proceso.

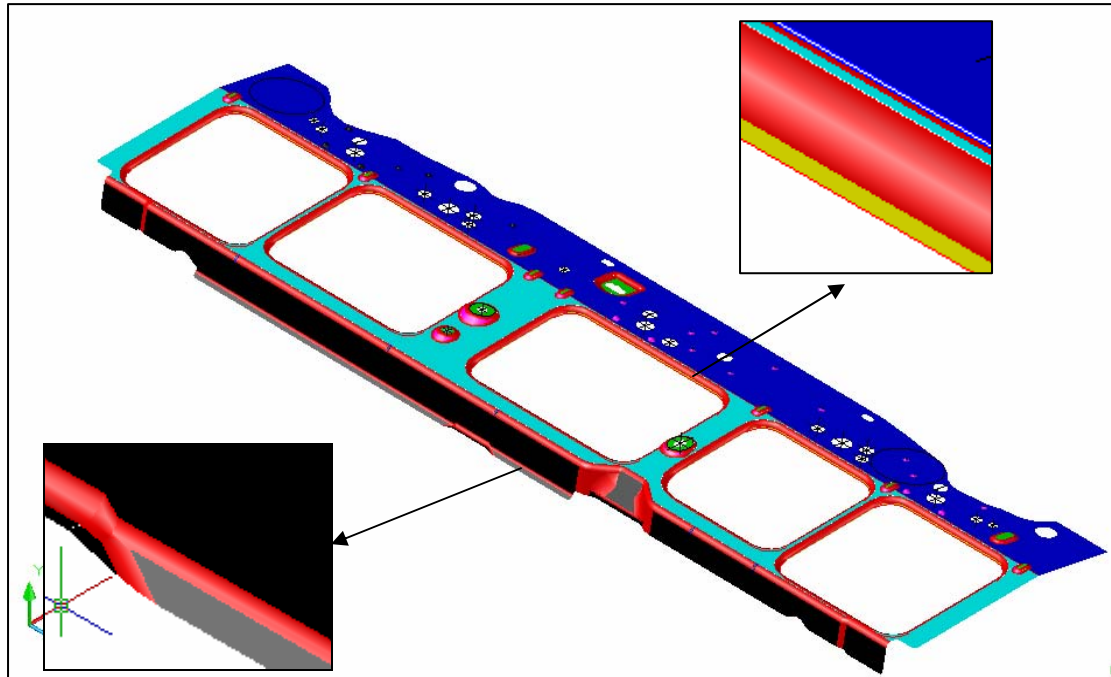


Figura 4.6 Superficie digital modificada para el calibrado. [Fuente: Propia]

4.6 Resultados de la selección del material

La selección de los materiales para los troqueles se realizó en base a la templabilidad, uso del componente dentro del troquel, presencia en el mercado nacional y costo de los mismos, en las tablas 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6 se muestra los materiales utilizados de acuerdo a cada troquel y a las partes que conforman cada uno de estos herramientas.

El Amutit S también denominado AISI 01, es un acero que posee una dureza de hasta 60 Rockwell C, presenta buenas propiedades mecánicas, no varía sus dimensiones con los cambios de temperatura y facilidad para ser tratados térmicamente. Este acero se utilizó en los punzones cilíndricos debido a que son los componentes que presentan la menor sección transversal y las mayores alturas de todas las partes que conforman los troqueles, están sometidos a esfuerzos producidos

por el choque, son componentes que deben tener buena templabilidad y ser indeformables para evitar el pandeo y ajustarse a las pequeñas tolerancias existentes entre los punzones y el extractor. En la fabricación de los punzones y matrices cilíndricas de los herramientales se utilizó barras de acero Amutit s de 6,35 mm; 12,7 mm; 19,05 mm; 25,4 mm; 38,5 mm y 50,8 mm las cuales son medidas encontradas en el mercado nacional.

El acero 1060 se utilizó para los componentes que realizan el trabajo en la lámina metálica (estampado, corte, punzonado y calibrado), sometidos a grandes esfuerzos, fricción, choque y de grandes dimensiones como los punzones macho, hembra y prensa lámina de todos los troqueles, punzones de forma y los tacos de aceros que conforman la matriz de corte del troquel cortador, este acero se utilizó en estos componentes porque posee buena templabilidad, maquinabilidad y tiene la ventaja que pueden pedirse al fabricante tochos de diferentes dimensiones, mientras que el acero para herramientas Amutit S sólo se consigue en el mercado nacional en la presentación de barras cilíndricas. Para los componentes como guías y soporte se utilizó acero 1045 debido que son componentes que no están sometidos a esfuerzos tan grandes ni a choques como los componentes en contacto directo con la lámina metálica, los componentes fabricados con acero 1045 son componentes que no requieren mecanizados complejos en las máquinas de control numérico, éstos sólo fueron mecanizados en máquinas fresadoras para garantizar la planitud de una o varias de sus caras. El Acero 1045 presenta un costo de 4,4 BsF/Kg mientras que el acero 1060 cuesta 8,8 BsF/Kg; el acero 1045 al ser utilizado en los soportes que son las piezas de mayor volumen y por ende de mayor peso, nos permite la disminución de los costos de fabricación de los herramientales.

Para el estampador se utilizó tochos de acero 1060 para el punzón estampador, la matriz estampadora y el pisador o prensa lámina del estampador, elementos que realizan el estampado en la lámina metálica, mientras que para los componentes como

soportes y guías se utilizó acero 1045 en la tabla 4.3 se muestra los componentes con sus respectivos materiales.

Tabla 4.3 Materiales utilizados en los componentes del estampador.

[Fuente: Propia]

Parte	Material	Presentación
Bases de Macho y Hembra	Acero 1045	Tochos
Soporte de Macho, Hembra y Pisador.	Acero 1045	Tochos
Patines	Acero 1045	Tochos
Pisador	Acero 1060	Tochos
Punzón Estampador	Acero 1060	Tochos
Matriz Estampadora	Acero 1060	Tochos

Para el cortador y punzonador se utilizaron tres tipos de aceros; el 1045 se utilizó para las bases, soportes, extractor, la caja para los aceros y el porta punzón, el acero 1060 se usó para los 14 aceros del borde de la matriz de corte, los 7 punzones de forma y el punzón cortador, mientras que el Amutit “S” se utilizó para los 39 punzones cilíndricos y las matrices cilíndricas. Esta información se muestra en la tabla 4.4 presentada a continuación.

Tabla 4.4 Materiales utilizados en los componentes del cortador y punzonador.

[Fuente: Propia]

Parte	Material	Presentación
Bases de Macho y Hembra	Acero 1045	Tochos
Soporte de Macho	Acero 1045	Tocho
Caja para Aceros	Acero 1045	Tocho
Extractor	Acero 1045	Tocho
Porta punzones	Acero 1045	Tocho

Aceros que conforman la matriz de corte	Acero 1060	Tochos
39 Punzones y matrices de punzones	Amutit "S"	Barras cilíndricas
Punzón cortador	Acero 1060	Tocho
Punzones de forma	Acero 1060	Tochos

Para el segundo punzonado se utilizó acero 1045 en los componentes utilizados como bases y soportes, y para los componentes principales como el extractor, macho punzonador y los punzones acero 1060.

Tabla 4.5 Materiales utilizados en los componentes del segundo punzonado.

[Fuente: Propia]

Parte	Material	Presentación
Bases de Macho y del Extractor	Acero 1045	Tochos
Porta punzón	Acero 1045	Tocho
Soportes del Macho	Acero 1045	Tochos

Tabla 4.5 Materiales utilizados en los componentes del segundo punzonado.

[Fuente: Propia] (Continuación)

Parte	Material	Presentación
Soportes para las bocinas	Acero 1045	Tochos
Columnas	Acero 1045	Barras cilíndricas
Extractor	Acero 1060	Tocho
Macho punzonador	Acero 1060	Tocho
Punzones	Acero 1060	Tochos

Para el calibrador sólo se utilizó acero 1045 y 1060 como se puede apreciar en la tabla 4.6, este es el herramental más sencillo del grupo y como en el resto de los

herramientales se utilizó el acero 1045 en los soportes y bases, y acero 1060 en los componentes que realizan el calibrado de la chapa metálica.

Tabla 4.6 Materiales utilizados en los componentes del calibrador.

[Fuente: Propia]

Parte	Material	Presentación
Bases del macho y hembra	Acero 1045	Tochos
Soportes del macho	Acero 1045	Tochos
Soportes para bocinas	Acero 1045	Tochos
Columnas	Acero 1045	Barras cilíndricas
Caja para los aceros de la pestaña	Acero1045	Tochos
Aceros de la pestaña	Acero 1060	Tochos
Calibradores rectangular	Acero 1060	Tochos
Hembra calibrador	Acero 1060	Tocho
Punzón calibrador	Acero 1060	Tocho

4.7 Resultados del diseño y elaboración de los planos de los componentes del herramental

Para el diseño y elaboración de los planos de los componentes del herramental se calcularon los parámetros necesarios para la fabricación de los herramientales, se seleccionaron las prensas a utilizar en los procesos de fabricación del panel y se elaboraron los planos de cada componente, cada uno de estos puntos son explicados a continuación.

4.7.1 Resultados del cálculo de la fuerza de estampado, corte y punzonado

El cálculo de las fuerzas necesarias para el estampado, corte y punzonado, se realizó por medio de las ecuaciones 3.1 y 3.4 en las cuales se utilizó características de la lámina metálica como el espesor de 0,6 mm, y esfuerzo tensil de 27,53 Kgf/mm², dimensiones y el perímetro de corte del panel; las fuerzas generadas por los diferentes procesos son mostradas en las tablas 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 y 4.11.

Tabla 4.7 Fuerza necesaria para el proceso de estampado. [Fuente: Propia]

Dp (mm)	Db (mm)	Fuerza de estampado (N)
1.091	960	213.273

Tabla 4.8 Fuerza de corte necesaria por los punzones cilíndricos. [Fuente: Propia]

Cantidad	Diámetro de Agujeros (mm)	Perímetro (m)	Área de Corte (m ²)	Fuerza de Corte (N)
5	5	0,015	9,42E-06	21.205,75
8	6	0,018	1,13E-05	40.715,04
2	7	0,022	1,32E-05	11.875,22
4	8,5	0,026	1,60E-05	28.839,82
3	10	0,031	1,88E-05	25.446,90
4	11	0,034	2,07E-05	37.322,12

Tabla 4.8 Fuerza de corte necesaria por los punzones cilíndricos. [Fuente: Propia] (Continuación)

Cantidad	Diámetro de Agujeros (mm)	Perímetro (m)	Área de Corte (m ²)	Fuerza de Corte (N)
5	12	0,037	2,26E-05	50.893,80
2	13	0,040	2,45E-05	22.053,98
3	15	0,047	2,83E-05	38.170,35
2	17	0,053	3,20E-05	28.839,82
2	18	0,056	3,39E-05	30.536,28
Fuerza total de corte por punzones cilíndricos				335.899,09

Tabla 4.9 Fuerza de corte necesaria para el corte por los punzones de forma. [Fuente: Propia]

Cantidad	Perímetro (m)	Área de Corte (m ²)	Fuerza de Corte (N)
2	0,36	4,4E-04	194.400
2	0,19	2,2E-04	102.600
1	0,11	7,1E-05	29.700
2	0,62	7,5E-04	334.800
2	0,48	5,8E-04	259.200
1	0,45	2,7E-04	121.500
1	0,52	3,1E-04	140.400
1	0,55	3,3E-04	148.500
Fuerza total de corte por punzones forma			1.331.100

Tabla 4.10 Fuerza de corte necesaria para el corte del borde de la pieza. [Fuente: Propia]

Total Perímetro borde (m)	Área corte (m ²)	Fuerza de corte (N)
2,96	1,7 E-03	799.200

En la tabla 4.11 se muestra las fuerzas necesarias para los procesos de estampado, corte y punzonado, se puede observar que los valores más altos de fuerzas se generan en los procesos de corte-punzonado y segundo punzonado, esto se debe a que son los procesos donde existe corte de metal y por ende los procesos donde se genera las mayores fuerzas y concentraciones de esfuerzos; también se puede observar las fuerzas de extracción y de expulsión de cada proceso; estas fuerzas son necesarias para retirar el material sobrante del punzón macho y para expulsar la pieza fabricada de la matriz, y se calcularon mediante el uso de las ecuaciones 3.6 y 3.7.

Para el pestañador o calibrador se aplicará el mismo valor de fuerza de expulsión para la selección de los resortes que para el segundo punzonado, porque son troqueles que tienen las mismas dimensiones y como en el segundo punzonado se generan mayores fuerzas que en el calibrado, los valores de la fuerza de expulsión necesarias para el segundo punzonado serán mayor que para el calibrado y por ende si se utiliza la misma configuración de resortes ésta funcionará por ser mayor que la mínima requerida.

Tabla 4.11 Fuerzas necesarias para el estampado, corte y punzonado de la lámina metálica. [Fuente: Propia]

	Fuerza (N)	Fuerza (Ton)
Fuerza para el estampado	213.273	21,74
Fuerza de sujeción del prensa lámina	71.091	7,25
Fuerza para el corte-punzonado	1.796.599	183,14
Fuerza de extracción para el corte	125.762	12,82
Fuerza de expulsión para el corte	26.949	2,75
Fuerza para el segundo punzonado	669.600	68,26
Fuerza de extracción para el segundo punzonado	46.872	4,78
Fuerza de expulsión para el segundo punzonado	10.044	1,02

4.7.2 Resultados de la selección de las prensas

Las prensas utilizadas para la fabricación del panel se seleccionaron utilizando las capacidades de carga y las dimensiones de las mesas de las mismas, primeramente se observó las capacidades de carga de las prensas presentes en la empresa, y se seleccionaron prensas que sobrepasaran la fuerza necesaria para el corte y punzonado, la cual es de 184 Ton, las prensas que cumplieron con el requerimiento de carga fueron las prensas de 250, 500 y 800 toneladas, pero se descarto la prensa de 800 toneladas ya que la capacidad de carga de la misma es aproximadamente 4 veces la carga necesaria para el corte y se estaría sub-utilizando una prensa que podría utilizarse en algún proceso en la planta que amerite mayor capacidad de carga. Una vez cumplido los requerimientos de carga se verificó las dimensiones de las mesas de las prensas debido a que las bases de los troqueles que son los componentes en contacto directo con las mesas y de mayor tamaño miden 1600 x 950 mm, y por lo tanto es necesario que las mesas de las prensas cumplan con estas dimensiones; para la fabricación del panel se seleccionaron las prensas mostradas en la tabla 4.12.

Tabla 4.12 Prensas utilizadas en el proceso de fabricación del panel. [Fuente: Propia]

Prensa	Dimensiones de la mesa (m)	Tipo	Capacidad (Ton)
Erfurt	Inferior 2,5x0,95 Superior 2,5x0,95	Hidráulica	250
Erfurt	Inferior 2,5x1,4 Superior 2,32x1,25	Mecánica	500
Onapres	Inferior 2,7x1,5 (1,9x0,95) Superior 2,7x1,5 (1,9x0,95)	Hidráulica	500

La prensa con la menor capacidad de carga es la Erfur 250 Ton y para el proceso de mayor solicitud de carga que es el corte y primer punzonado sólo se necesita 184 Ton para efectuar el corte lo cual es el 72% de la capacidad de carga de la menor de las prensas disponibles.

Las dimensiones de las mesas de las prensas fueron tomadas y digitalizadas por medio del programa Mechanical Desktop; este proceso de digitalización optimiza el proceso de diseño de las bases de los troqueles, debido a que se pueden diseñar las bases de los troqueles sólo dibujándolas encima de las mesas creadas digitalmente y en la posición en que finalmente se encontrarán, con esto se puede ubicar precisamente agujeros para embridaje o sujeción y agujeros para las velas evitando errores en el corte y mecanizado de las bases de los troqueles. En las figuras 4.7, 4.8 y 4.9 presentadas a continuación se observa las representaciones de las mesas y sus medidas.

La mesa inferior y superior de la prensa hidráulica Erfurt 250 T puede observarse en la figura 4.7, en dicha figura se puede observar tres vistas de las mesas, y en ellas se aprecia que ambas mesas son del mismo tamaño y presenta orificios en la mesa inferior para que puedan pasar las velas de las prensa.

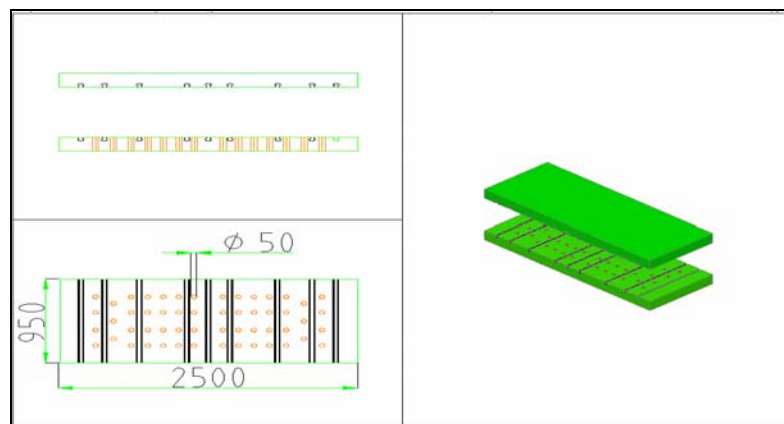


Figura 4.7 Mesas de la prensa hidráulica Erfurt 250 T. [Fuente: Propi

La prensa Erfurt 500 T presenta dimensiones diferentes de las mesas superior e inferior como puede apreciarse en la figura 4.8, al igual que la posición de las ranuras para el embridaje de los troqueles; saber las características de las mesas de las prensas es un paso importante en la construcción de algunos elementos del troquel y en la planificación de la fabricación del panel.

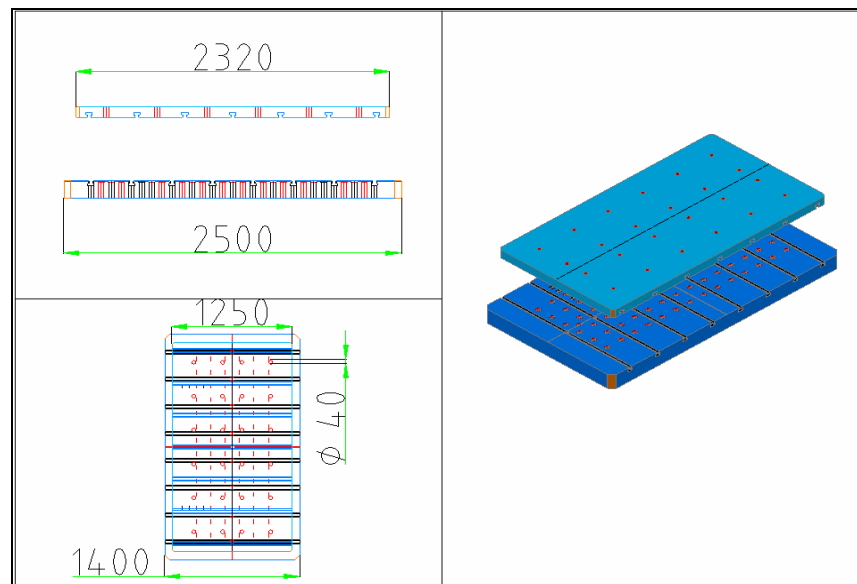


Figura 4.8 Mesas de la prensa mecánica Erfurt 500 T. [Fuente: Propia]

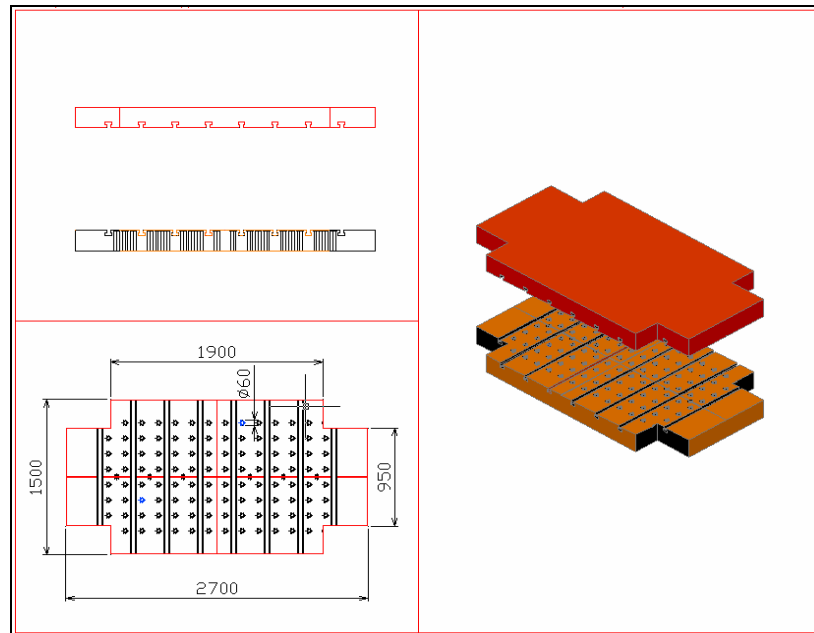


Figura 4.9 Mesas de la prensa hidráulica Onapres 500 T. [Fuente: Propia]

4.7.3 Resultados del cálculo de curvatura de embutición y holgura de embutición

El valor utilizado para la curva de embutición empleada en todas las aristas de los troqueles fue calculado por medio de la ecuación 3.8 en la cual:

Para $e < 1 \text{ mm}$

$$R = 4,8 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$$

El cálculo del valor para el radio de curvatura es un factor importante ya que el valor correcto de éste permite la correcta fluencia del material de la lámina metálica en el proceso de estampado, evitando que ésta se rasgue en caso de que el radio sea muy pequeño o se formen arrugas en el material en el caso contrario; el valor del

radio de curvatura fue aplicado al resto de los troqueles para evitar deformaciones en la lámina luego de ser estampada.

La holgura o juego entre el macho y la hembra es el espacio que debe quedar entre las dos partes, el cual se seleccionó por medio de la ecuación 3.11.

$$j=0,72 \text{ mm}$$

4.7.4 Resultados del cálculo de holguras del proceso de corte y punzonado

Para el cálculo de la holgura necesaria en el proceso de corte se utilizó la ecuación 3.14 por medio de cual se obtuvo el siguiente valor:

$$j=0,042 \text{ mm}$$

Tabla 4.13 Medidas finales de los punzones y matrices de los troqueles de corte y punzonado. [Fuente: Propia]

Troquel	Medida (mm)
Punzón macho cortador	543,068 x 959,068
Matriz de corte	546 x 960
Punzones cilíndricos y de forma	Medida de los agujeros
Matrices de agujeros cilíndricos y de forma	Se le adicionará el valor de holgura a la medida de los agujeros

4.7.5 Resultados del cálculo del número de resortes para la expulsión de la lámina metálica

Para el cálculo del número de resortes necesarios para la expulsión de la lámina en los procesos de corte-punzonado, punzonado y calibrado se utilizaron los valores de carga para resortes de 50,8 mm con alturas de 90 mm y 63 mm mostrados en el catalogo del fabricante colocado en los apéndices A y con las ecuaciones 3.17 y 3.18 cual se obtuvo la tabla 4.14.

En la tabla 4.14 se puede observar que para el troquel de corte-punzonado se necesitan mínimo 17 resortes de 50,8 mm (2") y una altura de 63 mm (2 1/2"), pero por políticas de la empresa a estos valores se les adicionó un 40%, con lo cual se le colocaron 24 resortes de 50,8 mm al troquel de corte-punzonado, mientras que para los troqueles del segundo punzonado y calibrado se les colocó a cada uno 16 resortes de 50,8 mm y 90 mm de altura.

Tabla 4.14 Número de resortes necesarios para la expulsión de la lámina metálica. [Fuente: Propia]

Troquel	Øresorte (mm)	Altura (mm)	$F_{1/10}$ plg (N)	Fcs (N)	N_s mínimo
Corte-punzonado	50,8	63	526,66	1.645,84	17
Punzonador	50,8	90	295,36	923	11
Calibrador	50,8	90	295,36	923	11

4.7.6 Resultados de la elaboración de los planos de los componentes del herramental

Se elaboraron los planos de cada componente de los herramentales por medio del programa computacional Mechanical Desktop; cada componente se realizó en un formato Din A3 creado por la empresa los cuales poseen especificaciones adicionales y las dimensiones necesarias para la fabricación de los componentes.

Entre las especificaciones que posee cada formato están la identificación, cantidades, material, escala, fecha y número de secuencia de cada componente, los formatos utilizados en la empresa Metalpartes Esposito pueden ser observados en las figuras 4.10 y 4.11.

En los apéndices F se muestra los componentes del troquel para el calibrado, sólo se muestran los componentes de este troquel porque los cuatro juegos de troqueles poseen aproximadamente 200 componentes y muchos de ellos presentan formas similares, pero con diferentes dimensiones y mostrarlos a todos es innecesario.

MÉTODO DE PROYECCIÓN PROJECTION METHOD		ESCALA / SCALE 1:2	TOLERANCIA TOL. PRINCIPLE	TOL. GENERAL GENERAL TOL.	D. G. T.	MASS TOL.
TRATAMIENTO TÉRMICO Y SUPERFICIAL HEAT & SURFACE TREATMENT				MATERIAL	MODEL [CANT./QTY.] 1	
				NOMBRE/NAME Panel Upr Back		
APPROB. APPROVED	APPROB. APPROVED	REVISO CHECKED	DIBUJO/DRAW	STAFF CODE	HEMBRA CORTADOR Y PUNZONADOR	
				N° DE PARTE/PART. N° 64111-		
DWG. HIST.				METALPARTES ESPOSITO C. A.		A3

Figura 4.10 Formato Din A3 utilizado para la elaboración de los planos.

[Fuente: Metalpartes Esposito]

Las escalas de los planos mostrados en los apéndices están modificados para que los mismos coincidan con el tamaño de la hoja tipo carta; en la empresa estos planos se imprimieron en escala 1:1 debido a que en muchos casos los planos se utilizaron como plantillas para marcar sobre el metal de los componentes los centros de los agujeros y así evitar errores en las mediciones.

HOJA DE TRABAJO			METALPARTES ESPOSITO, C.A.		
HOJA N°	001	FECHA:	18/09/07	IDENTIFICACION:	01-C-64111
DESCRIPCION:			MATERIAL:		ASTM A36
REFUERZOS			ESPESOR:		10mm
CANTIDAD:	16	PESO:	CARGO:		

Figura 4.11 Formato Din A4 utilizado para la elaboración de los planos.

[Fuente: Metalpartes Esposito]

Los punzones cilíndricos y las matrices de los mismos no tienen planos porque estos componentes son fabricados por medio del formato mostrado en las figuras 4.12 y 4.13 en el cual se especifican la cantidad y dimensiones de los punzones sin la elaboración de los planos.

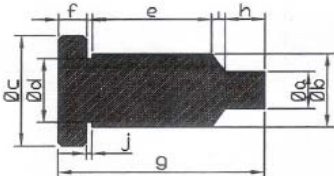
HOJA N°: _____ PROYECTO: _____ TROQUEL: _____ FECHA: _____	HOJA FABRICACION PUNZONES	METALPARTES ESPOSITO, C.A.										
												
MEDIDAS												
PUNZON	CANT.	Øa	Øb	Øc	Ød	e	f	g	h	i	j	k

Figura 4.12 Formato utilizado para la fabricación de los punzones.

[Fuente: Metalpartes Esposito]

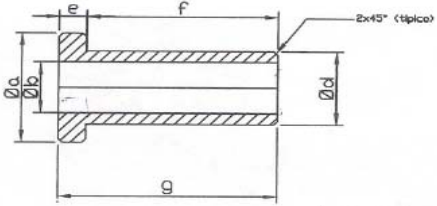
HOJA N°: _____ PROYECTO: _____ TROQUEL: _____ FECHA: _____	HOJA FABRICACION MATRICES	METALPARTES ESPOSITO, C.A.							
									
MEDIDAS									
CAMISA	CANT.	Øa	Øb	Øc	Ød	e	f	g	

Figura 4.13 Formato utilizado para la fabricación de las matrices.

[Fuente: Metalpartes Esposito]

4.7.7 Resultados del cálculo de esfuerzos y deformaciones en los punzones por medio de elementos finitos

El cálculo de los esfuerzos y deformaciones se realizó aplicándole a los punzones creados en el programa Mechanical Desktop el comando de análisis de esfuerzos, los punzones seleccionados para el análisis de esfuerzos fueron escogidos por presentar las condiciones críticas de diseño, los punzones utilizados son los punzones que presentan mayor altura y menor sección transversal, estos son mostrados en la figura 4.14 con sus respectivas medidas en mm, la carga utilizada para el análisis de esfuerzos fue de 270 N/mm, y un esfuerzo de fluencia de 1.889 N/mm² para el Amutit S en las figuras 4.15 y 4.16 se pueden observar el mallado y el cálculo de esfuerzos.

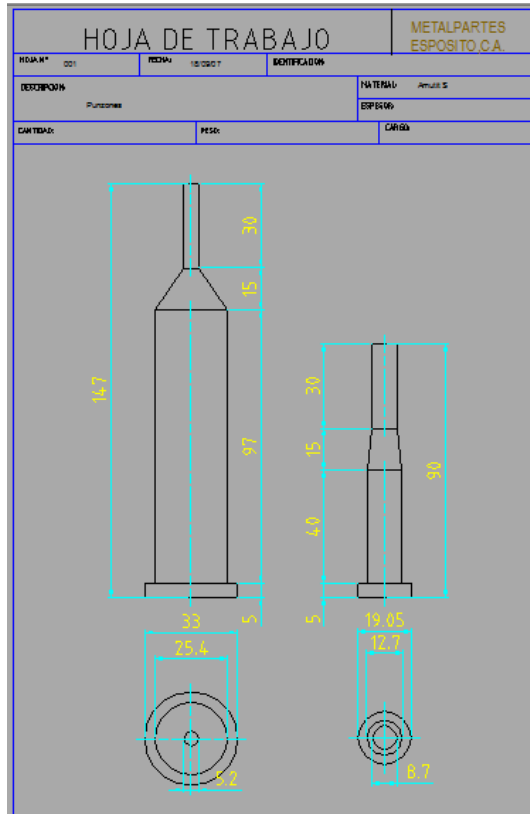


Figura 4.14 Plano de los punzones utilizados para el estudio de esfuerzo y deformación. (1) Punzón de la izquierda, (2) Punzón de la derecha [Fuente: Propia]

En la figura 4.15 se puede observar el mallado, la deformación y los valores de esfuerzos generados en el punzón n° 1, en este punzón se generaron esfuerzos de 856 N/mm^2 en el borde de la zona de corte, lo cual es lo esperado por ser la zona donde se necesita ejercer la mayor fuerza para producir el corte de la lámina metálica, y se genero una deformación máxima de $0,0444 \text{ mm}$.

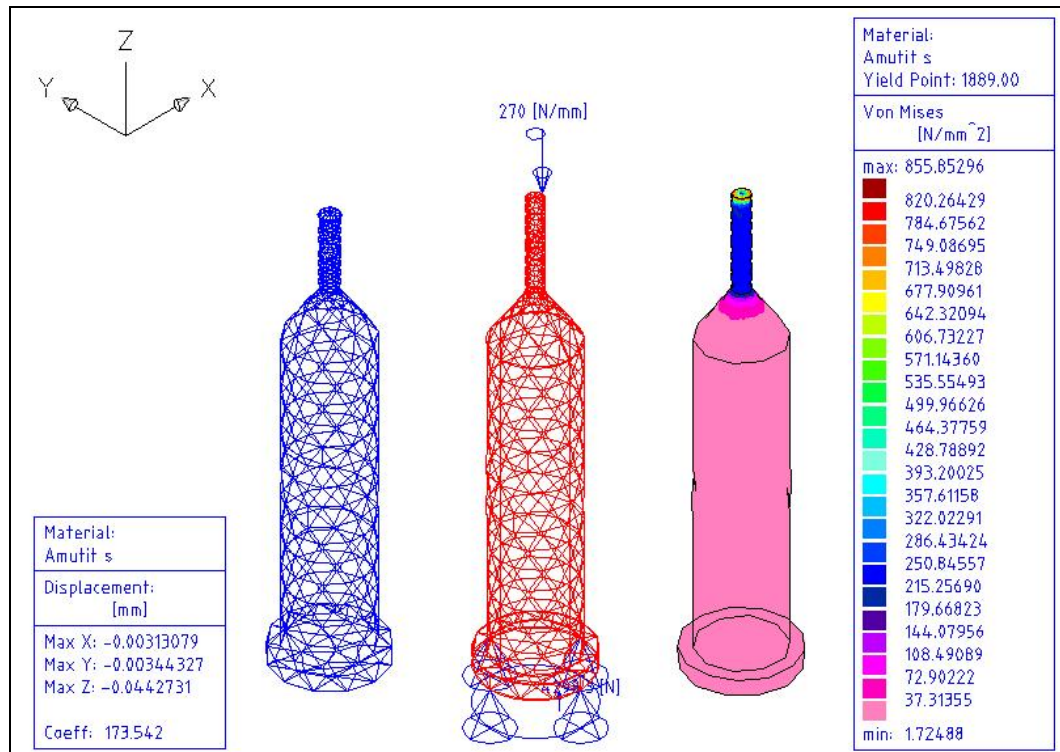


Figura 4.15 Cálculo de esfuerzos y deformación del punzón n°1. [Fuente. Propia]

En el punzón n° 2 se generaron esfuerzos máximos de 504 N/mm^2 ubicados en el borde de corte del punzón, y una deflexión $0,0437 \text{ mm}$, los esfuerzos en el punzón n° 2 son 41 % menores que los generados en el punzón n°1, ésto se debe a que área en contacto con la lámina metálica del punzón n° 1 es menor a la del punzón n° 2, y por ende los esfuerzos que se generan en el punzón n° 1 son mayor; los esfuerzos calculados en el punzón crítico es 55 % menor que el esfuerzo de fluencia del material, con lo cual se garantiza que los punzones de los troqueles no fallaran por el trabajo de corte y punzonado. En la figura 4.16 se puede observar los esfuerzos generados en el punzón n°2.

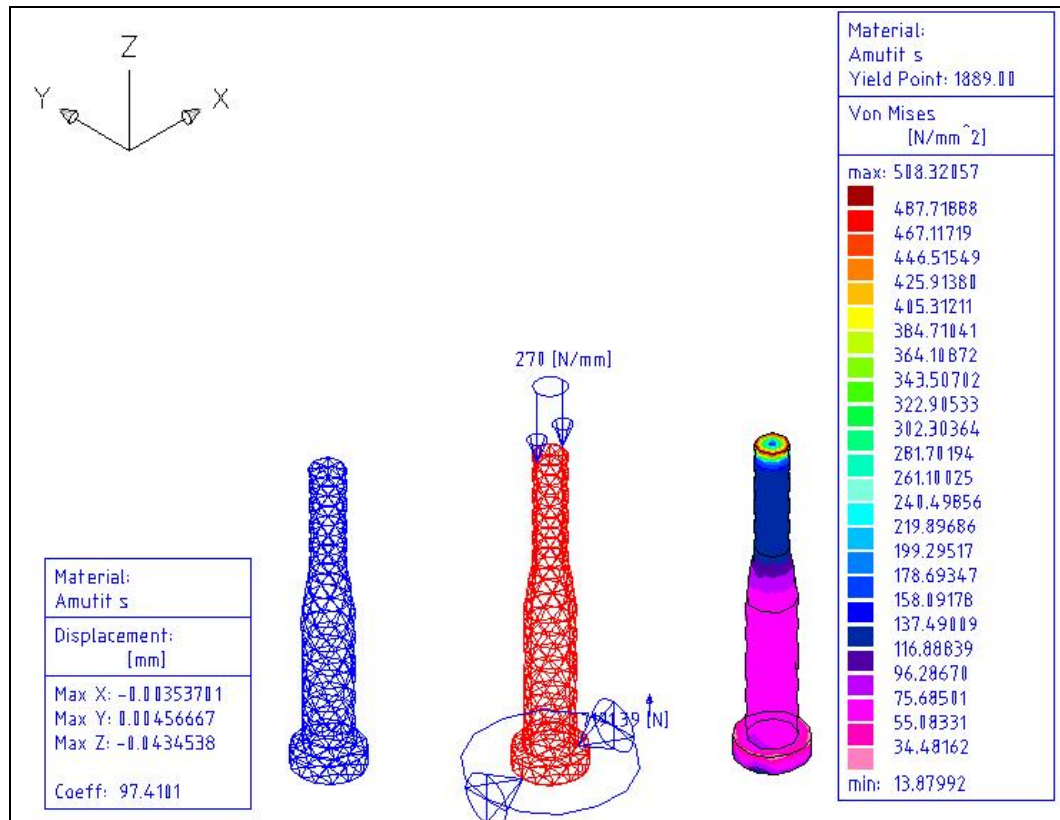


Figura 4.16 Cálculo de esfuerzos y deformación del punzón n° 2. [Fuente. Propia]

4.8 Resultados de la generación de las secuencias de mecanizado de los troqueles

Las secuencias de mecanizado utilizadas en la fabricación de los componentes de los troqueles se crearon de forma individual, estas secuencias fueron una guía para la fabricación de los componentes y con ello el ahorro de tiempo y etapas en el mecanizado de los mismos.

La creación de secuencias es una etapa fundamental en la fabricación de los componentes porque la óptima planificación de las secuencias mejora los tiempos de

producción de los troqueles y previene que los componentes puedan pasar por procesos de mecanizados que no se debían aplicar hasta que la pieza pase por procesos de mecanizados previos, ocasionando problemas que en el mejor de los casos sólo se tenga que aplicar nuevamente un proceso de mecanizado y siendo el peor de los casos el daño irreversible de un componente lo cual acarrea costos por pérdida del material y costos de horas hombres en la preparación y fabricación del componente.

4.8.1 Resultados de la secuencia de mecanizado del troquel estampador

4.8.1.1 Macho estampador

El macho estampador consta de base, refuerzos del pisador, soporte del macho estampador, punzón del macho estampador, pisador y patines, cuyas secuencias son mostradas a continuación.

Secuencia de mecanizado de la base del macho estampador

- a. Corte por el proceso de oxicorte del perímetro de la base.
- b. Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c. Marcar centros de agujeros y ejes de la pieza.
- d. Taladrado de agujeros.
- e. Escariado de agujeros para los pasadores.
- f. Roscado de agujeros para izamiento, transporte de la pieza y sujeción de los patines.
- g. Corte de las ranuras de embridaje por medio del proceso de oxicorte.
- h. Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- i. Fresado de ambas caras.

Secuencia de mecanizado del refuerzos del pisador

- a. Corte por el proceso de oxicorte perímetro interno y externo.
- b. Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c. Marcar centros de agujeros y ejes de la pieza.
- d. Taladrado de agujeros.
- e. Escariado de agujeros para los pasadores.
- f. Roscado de agujeros para izamiento y transporte de la pieza.
- g. Fresado de ambas caras.

Secuencia de mecanizado del soporte del macho estampador

- a. Fabricación del modelo para la fundición.
- b. Marcar centros de agujeros para sujeción a la máquina fresadora, volteo e izamiento de la pieza y ejes de la pieza.
- c. Taladrado de agujeros para sujeción a la máquina fresadora, volteo e izamiento de la pieza.
- d. Roscado de los agujeros de izamiento.
- e. Fresado de la cara de contacto de las patas del soporte con la base.
- f. Fresado de la cara de contacto del soporte con el acero macho.
- g. Taladrado de agujeros para sujeción a la base, del acero macho y de los pasadores.
- h. Escariado de agujeros para los pasadores.
- i. Roscado de agujeros para sujeción de la base y del acero macho.

Secuencia de mecanizado del punzón del macho estampador

- a. Fabricación del modelo para la fundición.
- b. Marcar centros de agujeros para sujeción a la máquina fresadora, volteo e izamiento de la pieza y ejes de la pieza.

- c. Taladrado de agujeros para sujeción a la máquina fresadora, volteo e izamiento de la pieza.
- d. Roscado de los agujeros de izamiento.
- e. Fresado de la cara de contacto con el soporte.
- f. Taladrado de agujeros para sujeción al soporte y de los pasadores.
- g. Escariado de agujeros para los pasadores.
- h. Desbaste en la máquina copiadora.
- i. Afinado en el centro de mecanizado asistido por computadora (CNC).
- j. Pulido de la superficie de trabajo.

Secuencia de mecanizado del pisador

- a. Fabricación del modelo para la fundición.
- b. Fresado de la cara de contacto con el refuerzo.
- c. Taladrado de agujeros para sujeción al refuerzo y de los pasadores.
- d. Escariado de agujeros para los pasadores.
- e. Roscado de agujeros para sujeción refuerzo.
- f. Desbaste en la máquina copiadora.
- g. Afinado en el centro de mecanizado asistido por computadora (CNC).
- h. Pulido de la superficie de trabajo.

Secuencia de mecanizado de los patines del macho estampador

- a. Fabricación del modelo para la fundición.
- b. Fresado de la cara de contacto con la base, pisador y hembra.
- c. Taladrado de agujeros para sujeción a la base y de los pasadores.
- d. Escariado de agujeros para los pasadores.

4.8.1.2 Hembra del estampador

La hembra del estampador consta de base, soporte de la hembra estampadora y matriz estampadora, cuyas secuencias de mecanizado son mostradas a continuación.

Secuencia de mecanizado de la base de la hembra del estampador

- a.** Corte por el proceso de oxicorte del perímetro de la base.
- b.** Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c.** Marcar centros de agujeros y ejes de la pieza.
- d.** Taladrado de agujeros.
- e.** Escariado de agujeros para los pasadores.
- f.** Roscado de agujeros para izamiento y transporte de la pieza.
- g.** Corte de las ranuras de embridaje por medio del proceso de oxicorte.
- h.** Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- i.** Fresado de ambas caras.

Secuencia de mecanizado del soporte de la hembra estampadora

- a.** Fabricación del modelo para la fundición.
- b.** Marcar centros de agujeros para sujeción a la máquina fresadora, volteo e izamiento de la pieza y ejes de la pieza.
- c.** Taladrado de agujeros para sujeción a la máquina fresadora, volteo e izamiento de la pieza.
- d.** Roscado de los agujeros de izamiento.
- e.** Fresado de la cara de contacto del soporte con la base.
- f.** Fresado de la cara de contacto del soporte con el acero hembra.
- g.** Taladrado de agujeros para sujeción a la base, del acero hembra y de los pasadores.

- h.** Escariado de agujeros para los pasadores.
- i.** Roscado de agujeros para sujeción de la base y del acero hembra.
- j.** Fresado de las superficies de contacto con los patines.

Secuencia de mecanizado de la matriz estampadora

- a.** Fabricación del modelo para la fundición.
- b.** Marcar centros de agujeros para sujeción a la máquina fresadora, volteo e izamiento de la pieza y ejes de la pieza.
- c.** Taladrado de agujeros para sujeción a la máquina fresadora, volteo e izamiento de la pieza.
- d.** Roscado de los agujeros de izamiento.
- e.** Fresado de la cara de contacto con el soporte.
- f.** Taladrado de agujeros para sujeción al soporte y de los pasadores.
- g.** Escariado de agujeros para los pasadores.
- h.** Desbaste en la máquina copiadora.
- i.** Afinado en el centro de mecanizado asistido por computadora (CNC).
- j.** Pulido de la superficie de trabajo.

4.8.2 Secuencia de mecanizado del troquel cortador-punzonador

4.8.2.1 Macho Cortador

El macho cortador consta de base, soporte del macho cortador y punzón cortador, cuyas secuencias de mecanizado son mostradas a continuación.

Secuencia de mecanizado de la base del macho cortador

- a.** Corte por el proceso de oxicorte del perímetro de la base.

- b.** Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c.** Marcar centros de agujeros y ejes de la pieza.
- d.** Taladrado de agujeros.
- e.** Escariado de agujeros para los pasadores.
- f.** Roscado de agujeros para izamiento y transporte de la pieza.
- g.** Corte de las ranuras de embridaje por medio del proceso de oxicorte.
- h.** Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- i.** Fresado de ambas caras.

Secuencia de mecanizado del soporte del macho cortador

- a.** Fabricación del modelo para la fundición.
- b.** Marcar centros de agujeros para sujeción a la máquina fresadora, volteo e izamiento de la pieza y ejes de la pieza.
- c.** Taladrado de agujeros para sujeción a la máquina fresadora, volteo e izamiento de la pieza.
- d.** Roscado de los agujeros de izamiento.
- e.** Fresado de la cara de contacto de las patas del soporte con la base.
- f.** Fresado de la cara de contacto del soporte con el acero macho.
- g.** Taladrado de agujeros para sujeción a la base, del acero macho y de los pasadores.
- h.** Escariado de agujeros para los pasadores.
- i.** Roscado de agujeros para sujeción de la base y del acero macho.
- j.** Taladrado de las descargas del material sobrante en el proceso de punzonado.

Secuencia de mecanizado del punzón del macho cortador

- a.** Fabricación del modelo para la fundición.

- b.** Marcar centros de agujeros para sujeción a la máquina fresadora, volteo e izamiento de la pieza y ejes de la pieza.
- c.** Taladrado de agujeros para sujeción a la máquina fresadora, volteo e izamiento de la pieza.
- d.** Roscado de los agujeros de izamiento.
- e.** Fresado de la cara de contacto con el soporte.
- f.** Taladrado de agujeros para sujeción al soporte y de los pasadores.
- g.** Escariado de agujeros para los pasadores.
- h.** Desbaste en la máquina copiadora.
- i.** Afinado en el centro de mecanizado asistido por computadora (CNC).
- j.** Taladrado de los agujeros para las matrices de los punzones y de los agujeros para sujeción de los mismos, por medio del CNC.
- k.** Mecanizado de las 7 cavidades para las cajas de matrices múltiples por medio del CNC.
- l.** Roscado de los agujeros para sujeción de las cajas y matrices.
- m.** Pulido de la superficie de trabajo.

4.8.2.2 Hembra del cortador

La hembra del cortador consta de base, porta punzón, extractor, caja de aceros, aceros de la matriz de corte, punzones cilíndricos y de forma, cuyas secuencias son mostradas a continuación.

Secuencia de mecanizado de la base de la hembra del cortador

- a.** Corte por el proceso de oxicorte del perímetro de la base.
- b.** Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c.** Marcar centros de agujeros y ejes de la pieza.

- d.** Taladrado de agujeros para izamiento, transporte, pasadores, agujeros para las camisas, sujeción del porta punzón, suplemento y a la máquina fresadora.
- e.** Escariado de agujeros para los pasadores.
- f.** Roscado de agujeros para izamiento y transporte de la pieza.
- g.** Roscado de agujeros para la sujeción del porta punzón y del suplemento.
- h.** Taladrado de asientos de las camisas.
- i.** Escariado de los agujeros de las camisas.
- j.** Corte de las ranuras de embridaje por medio del proceso de oxicorte.
- k.** Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- l.** Fresado de ambas caras.

Secuencia de mecanizado del porta punzón de la hembra del cortador

- a.** Corte por el proceso de oxicorte del perímetro de la base.
- b.** Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c.** Marcar centros de agujeros y ejes de la pieza.
- d.** Taladrado de agujeros para pasadores, punzones, asientos de los punzones, resortes, agujeros para las camisas, sujeción del porta punzón a la base, de los tacos de refuerzos de los punzones y a la máquina fresadora.
- e.** Escariado de agujeros para los pasadores.
- f.** Fresado de ambas caras.

Secuencia de mecanizado del extractor de la hembra del cortador

- a.** Fabricación del modelo del extractor con madera y masilla plástica para la fundición.
- b.** Marcar centros de agujeros para sujeción a la máquina fresadora, para las camisas y punzones.

- c. Taladrado de agujeros para sujeción a la máquina fresadora, para las camisas y punzones.
- d. Fresado de la cara de contacto con los suplementos.
- e. Fresado de las zonas de apoyo de los resortes.
- f. Roscado de los agujeros de las camisas.
- g. Escariado de agujeros para los punzones.
- h. Corte por el proceso de oxicorte del perímetro de los agujeros de forma.
- i. Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- j. Afinado en el centro de mecanizado asistido por computadora (CNC).
- k. Pulido de la superficie de trabajo.

Secuencia de mecanizado de la caja de aceros de la hembra del cortador

- a. Fabricación del modelo para la caja de aceros.
- b. Marcar centros de agujeros para pasadores y sujeción a la base.
- c. Taladrado de agujeros para pasadores y sujeción a la base.
- d. Fresado de la cara de contacto con la base.
- e. Fresado de la caja donde asientan los aceros.
- f. Colocar los aceros y marcar centros de agujeros para pasadores y sujeción de los aceros.
- g. Taladrado de agujeros para pasadores y sujeción de los aceros.
- h. Roscado de los agujeros de sujeción de la base y de los aceros.
- i. Escariado de agujeros para los pasadores.

Secuencia de mecanizado de los aceros de la matriz de corte

- a. Corte de los aceros según plano por medio de la sierra de vaivén.
- b. Fresado de la cara de contacto con la caja para los aceros.
- c. Taladrado de agujeros para pasadores y sujeción de los aceros.

- d.** Escariado de agujeros para los pasadores.
- e.** Ensamblaje de los aceros con la caja para los aceros.
- f.** Mecanizado de los aceros en el centro de mecanizado computarizado (CNC).

Punzones de la hembra del cortador

Los punzones se dividen en punzones cilíndricos y punzones de forma y su secuencia es descrita a continuación.

Secuencia de mecanizado de los punzones Cilíndricos

- a.** Corte de las barras de Amutit “S” de acuerdo a la ficha de los punzones por medio de la sierra de vaivén.
- b.** Torneado del cuerpo del punzón.
- c.** Torneado del cono del punzón.
- d.** Torneado de la punta del punzón
- e.** Taladrado de agujeros para pasadores en los punzones que serán colocados sobre el porta punzón.
- f.** Escariado de agujeros para los pasadores en los punzones que serán colocados sobre el porta punzón.
- g.** Ensamblaje de los punzones con el porta punzón y corte de estos a la altura definitiva por medio del CNC.

Secuencia de mecanizado de los punzones de Forma

- a.** Corte de los aceros para las bases y los punzones por medio de la sierra de vaivén.

- b. Taladrado de agujeros para pasadores y de sujeción del punzón a la base y de la base al porta punzón.
- c. Fresado de la cara de contacto entre el punzón y la base y de la base al porta punzón.
- d. Roscado de los agujeros de sujeción en la base.
- e. Escariado de los agujeros para pasadores.
- f. Mecanizado de los punzones de forma por medio del centro de mecanizado computarizado (CNC).
- g. Ensamblaje de los punzones con el porta punzón y corte de estos a la altura definitiva por medio del CNC.

4.8.3 Secuencia de mecanizado del troquel del segundo punzonado

4.8.3.1 Macho del segundo punzonado

El macho del segundo punzonado consta de base, soporte del macho punzonador, punzón macho, tacos de columnas, caja protectora y soporte del panel, cuyas secuencias son mostradas a continuación.

Secuencia de mecanizado de la base del segundo punzonado

- a. Corte por el proceso de oxicorte del perímetro de la base.
- b. Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c. Marcar ejes de la pieza y centros de agujeros de volteo y de embridaje.
- d. Taladrado de agujeros.
- e. Corte de las ranuras de embridaje por medio del proceso de oxicorte.
- f. Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- g. Fresado de ambas caras.

Secuencia de mecanizado del soporte del macho del segundo punzonado

- a.** Corte por el proceso de oxicorte las paralelas que se utilizaran para el soporte.
- b.** Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c.** Fresado de las caras que se encontraran en contacto con la base y con el acero.
- d.** Sujeción a la base y al acero por medio del proceso de soldado por arco eléctrico.

Secuencia de mecanizado del punzón macho del segundo punzonado

- a.** Fresado de la cara de contacto con el soporte.
- b.** Corte por medio del proceso de oxicorte un perímetro más pequeño de las matrices de los punzones rectangulares.
- c.** Desbaste en la máquina copiadora.
- d.** Afinado en el centro de mecanizado asistido por computadora (CNC).
- e.** Afinado de las 5 matrices para los punzones rectangulares por medio del CNC.
- f.** Pulido de la superficie de trabajo.

Secuencia de mecanizado de los tacos de las columnas del segundo punzonado

- a.** Corte del perímetro del taco por medio del proceso de oxicorte.
- b.** Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c.** Fresado de la cara de contacto con el soporte.
- d.** Marcar centro de agujero.
- e.** Taladrado de agujero para la columna.
- f.** Sujeción a la base por medio del proceso de soldado por arco eléctrico.

Secuencia de mecanizado de la caja protectora y soporte del panel del segundo punzonado

- a. Corte de las piezas constitutivas de la caja protectora y del soporte por medio del proceso de oxicorte o de la sierra de vaivén.
- b. Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c. Ensamble y unión de las piezas para crear la caja protectora y el soporte por medio del proceso de soldado por arco eléctrico.
- d. Sujeción al soporte del acero por medio del proceso de soldado por arco eléctrico.

4.8.3.2 Hembra del segundo punzonado

La hembra del segundo punzonado consta de base, porta punzón, extractor, punzones y soportes para bocinas de las columnas, cuyas secuencias son mostradas a continuación.

Secuencia de mecanizado de la base del segundo punzonado

- a. Corte por el proceso de oxicorte del perímetro de la base.
- b. Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c. Marcar ejes de la pieza y centros de agujeros para embridaje, volteo y para las camisas.
- d. Taladrado de agujeros.
- e. Taladrado de asientos de las camisas.
- f. Escariado de los agujeros de las camisas.

- g.** Corte de las ranuras de embridaje por medio del proceso de oxicorte.
- h.** Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- i.** Fresado de ambas caras.

Secuencia de mecanizado del porta punzón del segundo punzonado

- a.** Corte por el proceso de oxicorte el perímetro del porta punzón.
- b.** Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c.** Marcar centros de agujeros para las camisas, pasadores para los punzones y los resortes.
- d.** Taladrado de agujeros.
- e.** Escariado de los agujeros de las camisas.
- f.** Fresado de ambas caras.
- g.** Sujeción a la base por medio del proceso de soldado por arco eléctrico.

Secuencia de mecanizado del extractor del segundo punzonado

- a.** Fresado de la cara de contacto con el porta punzón.
- b.** Marcar centros de agujeros para las camisas.
- c.** Taladrado de agujeros.
- d.** Roscado de los agujeros para las camisas.
- e.** Corte por medio del proceso de oxicorte un perímetro más pequeño del de los punzones rectangulares.
- f.** Desbaste en la máquina copiadora.
- g.** Afinado en el centro de mecanizado asistido por computadora (CNC).
- h.** Pulido de la superficie de trabajo.

Secuencia de mecanizado de los punzones del segundo punzonado

- a.** Corte por el proceso de oxicorte un perímetro más grande del punzón.
- b.** Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.

- c. Marcar centros de agujeros para los pasadores.
- d. Taladrado de agujeros.
- e. Escariado de los agujeros de los pasadores.
- f. Fresado de ambas caras.
- g. Afinado de los 5 punzones rectangulares por medio del CNC.
- h. Sujeción al porta punzón por medio del proceso de soldado por arco eléctrico.

Secuencia de mecanizado de los soportes para bocinas de las columnas del segundo punzonado

- a. Marcar centros de agujeros para las bocinas y sujeción de las mismas.
- b. Taladrado de agujeros para las bocinas y sujeción de las mismas.
- c. Roscado de los agujeros de sujeción de las bocinas.
- d. Escariado de agujeros para las bocinas.
- e. Fresado de la cara de contacto con los tacos de columnas.
- f. Fresado de la cara de contacto del taco con la base.
- g. Sujeción a la base por medio del proceso de soldado por arco eléctrico.

4.8.4 Secuencia de mecanizado del troquel calibrador

4.8.4.1 Macho calibrador

El macho calibrador consta de base, soporte del macho calibrador, punzón del calibrador y soportes para bocinas de las columnas, cuyas secuencias de mecanizado son mostradas a continuación.

Secuencia de mecanizado de la base del macho calibrador

- a. Corte por el proceso de oxicorte del perímetro de la base.
- b. Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c. Marcar ejes de la pieza y centros de agujeros de volteo y de embridaje.
- d. Taladrado de agujeros.
- e. Corte de las ranuras de embridaje por medio del proceso de oxicorte.
- f. Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- g. Fresado de ambas caras.

Secuencia de mecanizado del soporte del macho calibrador

- a. Corte por el proceso de oxicorte las paralelas que se utilizaran para el soporte.
- b. Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c. Fresado de las caras que se encontraran en contacto con la base y con el acero.
- d. Sujeción a la base y al acero por medio del proceso de soldado por arco eléctrico.

Secuencia de mecanizado del punzón del calibrador

- a. Fresado de la cara de contacto con el soporte.
- b. Corte por medio del proceso de oxicorte un perímetro más pequeño de las matrices de los punzones rectangulares.
- c. Desbaste en la máquina copiadora.
- d. Afinado en el centro de mecanizado asistido por computadora (CNC).
- e. Afinado de las 5 matrices para los punzones rectangulares por medio del CNC.

- f. Pulido de la superficie de trabajo.

Secuencia de mecanizado de los soportes para bocinas de las columnas del macho calibrador

- a. Marcar centros de agujeros para las bocinas y sujeción de las mismas.
- b. Taladrado de agujeros para las bocinas y sujeción de las mismas.
- c. Roscado de los agujeros de sujeción de las bocinas.
- d. Escariado de agujeros para las bocinas.
- e. Fresado de la cara de contacto con los tacos de columnas.
- f. Fresado de la cara de contacto del taco con la base.
- g. Sujeción a la base por medio del proceso de soldado por arco eléctrico.

4.8.4.2 Hembra del calibrador

La hembra del calibrador consta de base, extractor, calibradores, bases para los calibradores, caja protectora y soporte del panel, cuyas secuencias de mecanizado son mostradas a continuación.

Secuencia de mecanizado de la base de la hembra del calibrador

- a. Corte por el proceso de oxicorte del perímetro de la base.
- b. Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c. Marcar ejes de la pieza y centros de agujeros para embridaje, volteo, resortes y para las camisas.
- d. Taladrado de agujeros.
- e. Taladrado de asientos de las camisas.
- f. Escariado de los agujeros de las camisas.
- g. Corte de las ranuras de embridaje por medio del proceso de oxicorte.

- h.** Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- i.** Fresado de ambas caras.

Secuencia de mecanizado del extractor de la hembra del calibrador

- a.** Fresado de la cara de contacto con la base.
- b.** Marcar centros de agujeros para las camisas.
- c.** Taladrado de agujeros.
- d.** Roscado de los agujeros para las camisas.
- e.** Corte por medio del proceso de oxicorte un perímetro más pequeño del de los punzones rectangulares.
- f.** Desbaste en la máquina copiadora.
- g.** Afinado en el centro de mecanizado asistido por computadora (CNC).
- h.** Pulido de la superficie de trabajo.

Secuencia de mecanizado de los calibradores de la hembra del calibrador

- a.** Corte por el proceso de oxicorte un perímetro más grande del calibrador.
- b.** Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c.** Marcar centros de agujeros para los pasadores y sujeción.
- d.** Taladrado de agujeros.
- e.** Escariado de los agujeros de los pasadores
- f.** Roscado de agujeros de sujeción.
- g.** Fresado de ambas caras.
- h.** Sujeción a las bases para los calibradores.
- i.** Afinado de los 5 calibradores rectangulares por medio del CNC.

Secuencia de mecanizado de las bases para los calibradores de la hembra del calibrador

- a. Corte por el proceso de oxicorte un perímetro más grande del calibrador.
- b. Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c. Marcar centros de agujeros para los pasadores.
- d. Taladrado de agujeros.
- e. Escariado de los agujeros de los pasadores.
- f. Fresado de ambas caras.
- g. Afinado de los 5 calibradores rectangulares por medio del CNC.
- h. Sujeción a la base por medio del proceso de soldadura por arco eléctrico.

Secuencia de mecanizado de la caja protectora y soporte del panel de la hembra del calibrador

- a. Corte de las piezas constitutivas de la caja protectora y del soporte por medio del proceso de oxicorte o de la sierra de vaivén.
- b. Esmerilado de escoria producidas en el proceso de oxicorte.
- c. Ensamble y unión de las piezas para crear la caja protectora y el soporte por medio del proceso de soldadura por arco eléctrico.
- d. Sujeción al extractor por medio del proceso de soldado por arco eléctrico.

4.9 Resultados de la construcción de los componentes de los herramientas

Los componentes de los herramientas se construyeron siguiendo las secuencias de mecanizado descritos en el punto anterior y utilizando velocidades de corte de 85 m/min y 62 m/min y velocidades de avances de 0,08 mm/diente y 0,42 mm/diente para los mecanizados en las máquinas fresadoras, con fresas de 150 mm y de 70 mm; para los procesos de taladrados y escariados se utilizaron los parámetros mostrados en la tabla 4.15.

Tabla 4.15 Parámetros de corte para el proceso de taladrado. [Fuente: Propia]

PARÁMETROS PARA EL TALADRADO							
Diámetro del agujero		Condiciones de corte					
		Material					
		Hierro		Acero		Fundición	
Plg.	mm.	rev/min	Avance mm/rev	rev/min	Avance mm/rev	rev/min	Avance mm/rev
1/8	3,175	560	0.2	560	0.12	560	0.12
9/64	3,572						
5/32	3,969						
11/64	4,366						
3/16	4,762						
13/64	5,169						
7/32	5,596						
15/64	5,953						
1/4	6,35						
17/64	6,747	450	0,2	355	0,12	355	0,12
9/32	7,144						
19/64	7,541						
5/16	7,938						
21/64	8,334	355	0,2	355	0,12	355	0,12
11/32	8,731						
23/64	9,128						
3/8	9,525						
25/64	9,922	355	0,2	224	0,12	224	0,12
13/32	10,319						
27/64	10,716						
7/16	11,112						
29/64	11,509						
15/32	11,906						
31/64	12,303						
1/2	12,7						

En la construcción de los componentes fue muy importante seguir las secuencias de mecanizado establecidas, para programar el uso de las máquinas del taller de matricería y con esto lograr los tiempos estimados para la fabricación de los herramientas, en las figuras 4.17 y 4.18 se puede observar los desbastes iniciales en la máquina copidora de los troqueles para el segundo punzonado y el estampado, en

la cual es montado el molde y los tochos de aceros en la mesa de la maquina y por medio de una punta palpadora se copió la superficie del molde al tocho de acero, este proceso se utilizó como paso previo al mecanizado en los centros de mecanizados por control numérico.



Figura 4.17 Desbaste inicial en la máquina copidora del troquel para el segundo punzonado. [Fuente: Propia]

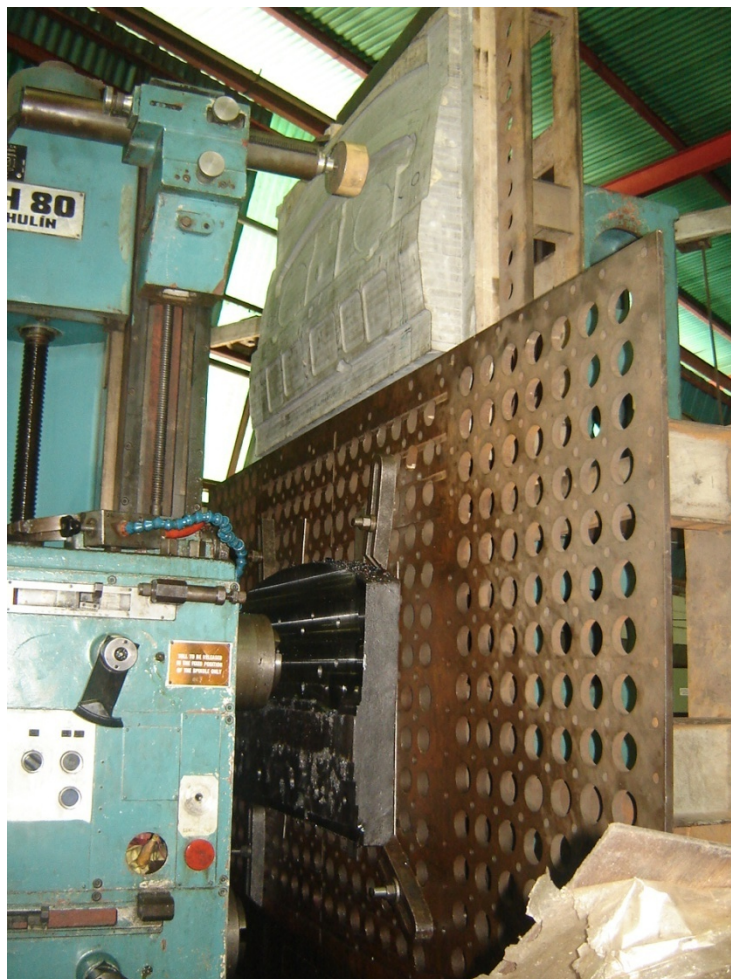


Figura 4.18 Desbaste inicial en la máquina copiadora del macho estampador
[Fuente: Propia]

En la figura 4.19 se muestra el proceso de fresado en una de las caras de la caja de acero de la hembra cortadora, éste fue el proceso más utilizado en la construcción de los troqueles, en la figura 4.20 se muestra el proceso de taladrado de la placa porta punzón del troquel cortador-punzonador.



Figura 4.19 Fresado de la cara inferior de la caja para los aceros de la hembra del cortador-punzonador. [Fuente: Propia]



Figura 4.20 Proceso de taladrado de los agujeros para los punzones, resortes y camisas de la placa porta punzón del troquel cortador-punzonador [Fuente: Propia]

4.10 Fabricación de los modelos en madera y de los troqueles

La fabricación de los modelos de los troqueles en madera y los procesos de desbaste final y afinado de los troqueles se realizó por medio del uso de centros computarizados de mecanizados (CNC), regidos por los códigos numéricos creados con el programa computacional EdgeCam, mediante el uso del CNC de materiales blandos se fabricaron 4 modelos en madera, estos modelos fueron los machos y las hembras del estampador y del segundo punzonado, y con el CNC para metales se afinaron todos los troqueles y los punzones de forma del troquel cortador-punzonador.

Los modelos en madera se fabricaron en el centro computarizado de mecanizado marca Thermowood, este CNC se utilizó para el mecanizado de materiales blandos, los modelos en madera fueron fabricados para utilizarlos en las máquinas copiadoras para los desbastes iniciales de los troqueles, con ésto se logra disminuir los tiempos de mecanizados en el CNC para metales y así optimizar los tiempos de fabricación de los troqueles. Para la fabricación de los modelos en madera primero se creó un bloque de láminas de MDF unidas con pegamento mostrado en la figura 4.21, luego fue montado, fijado y centrado con la herramienta de corte del centro de mecanizado y se corrió la secuencia de mecanizado creada en el centro computarizado de mecanizado. Para la creación de la secuencia de mecanizado de los modelos se importó la superficie digital creada en el programa Mechanical Desktop al programa EdgeCam, luego se procedió a crear los límites para el proceso de mecanizado computarizado, la caja que simula las dimensiones del taco de madera, se define el proceso de mecanizado (taladrado, fresado, escariado), el patrón o ruta de corte, penetración del corte en cada ciclo, se asignaron valores para velocidad de corte entre 1 y 1,5 m/min y las velocidades angulares se definieron entre 10.000 y 12.000 rev/min como máximo para el corte de madera.



Figura 4.21 Bloques de láminas de MDF fijadas en la mesa del centro de mecanizado para materiales blandos. [Fuente: Propia]

Definidos todos los parámetros se realizó una corrida de prueba del proceso en el programa EdgeCam para verificar que el proceso de mecanizado fuese correcto, luego se procedió a la transformación del proceso digital de mecanizado a el código numérico que rige el funcionamiento del CNC, los códigos numéricos se guardaron en un disco de almacenamiento extraíble, se introdujeron en el centro de mecanizado computarizado y se corrió el código en el mismo, en la figura 4.22 y 4.23 se puede observar el mecanizado del modelo de la hembra estampadora y el desbaste del modelo del segundo punzonador.



Figura 4.22 Proceso de mecanizado en el CNC del modelo de la hembra estampadora. [Fuente: Propia]



Figura 4.23 Proceso de desbaste en el CNC del segundo punzonador. [Fuente: Propia]

El proceso de desbaste final y afinado para los troqueles es similar a la de los modelos, se utilizó la misma superficie importada que para la fabricación de los modelos en madera, se usó el centro de mecanizado computarizado marca Haas, se cambio las dimensiones para que coincida con el tocho de fundición, la penetración del corte, se asignaron valores para la velocidad de corte desde 0,25 a 0,3 m/min y se fijaron velocidades angulares entre 1.000 y 2.200 rev/min, dependiendo si el proceso es un desbaste o un afinado, se realizó la corrida de prueba en el software para el mecanizado, luego se transformó el proceso digital de mecanizado a el código numérico que rige el CNC y luego se cargó y corrió el código numérico en el centro de mecanizado computarizado, en las figuras 4.24 y 4.25 se muestra los procesos de mecanizado en el CNC del troquel estampador.



Figura 4.24 Proceso de desbaste en el CNC del troquel macho del estampador.

[Fuente: Propia]



Figura 4.25 Prensa lámina luego del proceso de desbaste final en el CNC.

[Fuente: Propia]

Para el extractor de la lámina metálica del troquel cortador-punzonador se creó un molde de masilla plástica y tacos de MDF, utilizando como plantilla para su fabricación el molde del macho estampador, el molde del extractor se puede observar en las figura 4.26 y 4.27, este modelo es enviado a la empresa encargada de fabricar los tochos de fundición.



Figura 4.26 Aglomerado de MDF y masilla plástica utilizado para la fabricación del modelo del extractor. [Fuente: Propia]



Figura 4.27 Modelo para el extractor del troquel de corte-punzonado. [Fuente: Propia]

4.11 Resultados de la aplicación de tratamientos térmicos

Se aplicaron tratamientos térmicos superficiales a los componentes de los herramientas de corte, con este tipo de tratamiento térmico se temple sólo la superficie de la pieza y no el núcleo, de esta forma conseguimos piezas resistentes al desgaste exterior, pero tenaces en su interior, el temple de los componentes se realizó según criterios de los expertos de la empresa.













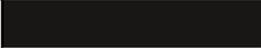
El tratamiento térmico aplicado fue un temple a la llama oxiacetilénica, en el cual mediante el soplete se calienta los bordes de corte hasta que éste se torne de un color rojo cerezo para luego enfriarse mediante un baño de aceite.

El temple a la llama se aplicó en los tacos que conforman el perímetro de corte, en los punzones de forma y en los bordes de corte del punzón cortador-punzonador, los cuales están fabricados de acero 1060; se seleccionó este tratamiento térmico debido a que se pudo aplicar éste sin necesidad de mover los componentes de su posición final luego de ser ensamblado, probado, y ajustado.

Cabe destacar que el tratamiento superficial que se aplicó fue de forma empírica, utilizando como guía para los valores de temperatura la tabla de colores mostrada en la tabla 4.16, y los valores de la misma se seleccionan en función del material de los troqueles, los espesores correspondientes y de las configuraciones respectivas; el tratamiento superficial depende en gran medida de la experiencia y habilidad del operador, la empresa ha comprobado que la durabilidad del filo de corte de los herramientas se ha incrementado con el empleo de este tipo de temple.

Tabla 4.16 Tabla de colores para el acero en función de la temperatura

[Fuente: Ferrum]

Tabla de colores	Temp. (°C)
	1300
	1200
	1100
	1000
	950
	900
	850
	810
	780
	740
	680
	630
	550

4.12 Resultados del ensamble y ajuste del herramental

En esta etapa se unieron todas las piezas pertenecientes a un herramental siguiendo los planos de los ensambles de los troqueles.

Una vez realizado el ensamble de las piezas de los troqueles, éstos son montados en la prensa; se pintó la superficie de uno de los troqueles del conjunto macho-hembra con una fina capa de azul de prusia, se puso en funcionamiento la prensa y se observó las zonas donde ocurre alguna interferencia por medio de la transferencia de pintura entre ellos; las piezas que presentan interferencias son reposicionadas y en algunos casos se realizó un leve desbaste en las zonas de

interferencias. Se repitió el proceso de verificación de interferencia en todos los juegos de troqueles hasta que no hubiese interferencias entre los herramientales y luego todos los componentes se fijaron en sus posiciones con sus respectivas holguras, en la figura 4.28 se puede observar el proceso de ensamblado del troquel calibrador.



Figura 4.28 Ensamblado del troquel calibrador. [Fuente: Propia]

Los troqueles luego de ser ensamblados y ajustados, se pulieron las superficies de éstos utilizando papel abrasivo (lija) y/o herramientas neumáticas abrasivas (rotalim), en las figuras 4.29 y 4.30 se puede observar el troquel estampador en el proceso de pulido y el troquel ensamblado.



Figura 4.29 Proceso de pulido del troquel estampador. [Fuente: Propia]



Figura 4.29 Troquel estampador ensamblado y ajustado. [Fuente: Propia]

4.13 Resultados de las pruebas de funcionamiento

Para las pruebas de funcionamiento se tomó una lámina de metal con las especificaciones dimensionales y de material suministrado por el cliente y la misma fue sometida a los procesos de estampado, corte-punzonado, punzonado y calibrado; revisando la calidad superficial y dimensional de la pieza luego de cada proceso de troquelado.

La calidad superficial y dimensional es comprobada por medio del dispositivo de chequeo fabricado para dicha pieza, este dispositivo está formado por unos bloques de aceros calibrados a alturas específicas y agujeros calibrados; en el cual se coloca la pieza se fija con ganchos de sujeción, por medio de pines calibrados se examinan los agujeros de la pieza y con galgas calibradas se examina las alturas y holguras existentes en puntos especificados por el cliente.

Las mediciones realizadas para la comprobación de las piezas son anotadas en un formato mostrado en el apéndice D en el cual se especifica los puntos donde se realizaran las mediciones, el valor requerido por el cliente, con su respectiva tolerancia y el valor obtenido al realizar las mediciones de alturas, perímetro y agujeros.

En la figura 4.31 se puede observar el dispositivo de chequeo utilizado para el Panel Upr Back, en el caso que la calidad superficial o las dimensiones no son las especificadas se procede al ajuste de presión en las prensas, en algunos casos reposicionar componentes de los troqueles o un afinado de los mismos.

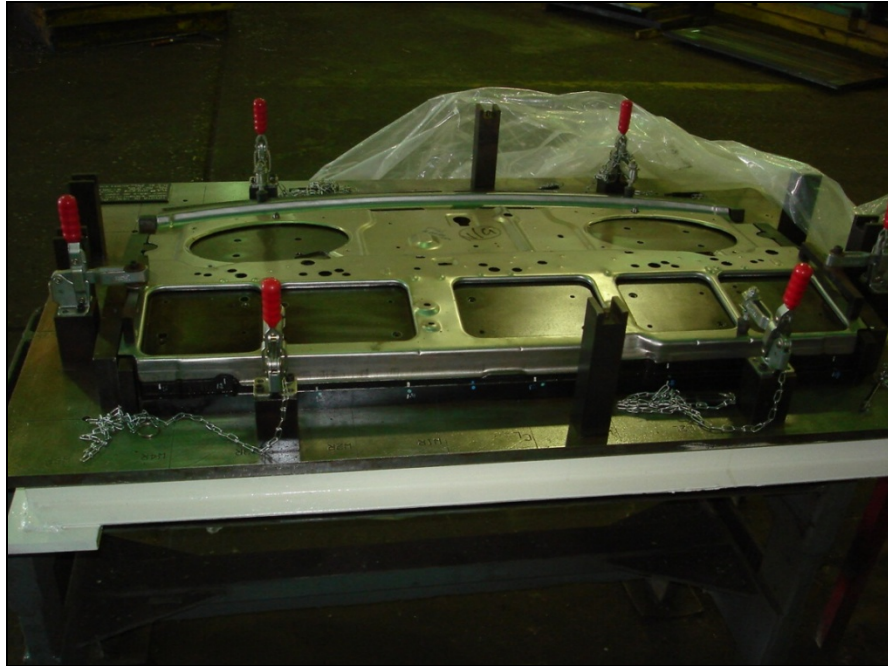


Figura 4.30 Dispositivo de chequeo del panel. [Fuente: propia].

En las figuras 4.32, 4.33, 4.34 se muestra la lámina metálica luego de pasar por los procesos de estampado, corte-punzonado, segundo punzonado y calibrado; luego de cada proceso, la lámina metálica es marcada en los puntos donde difieren las mediciones requeridas con las obtenidas, luego se realizan los ajustes necesarios antes mencionados y se procede a la aplicación de los procesos, hasta obtener los valores deseados; al conseguir los mismos se procede a anotar los parámetros de los procesos en las placas identificadoras de los troqueles.



Figura 4.31 Lámina metálica luego del estampado. [Fuente Propia]

Las placas identificadoras para los troqueles son placas de aluminio en la cual se mecanizan la identificación del troquel, cliente, nombre del proceso, número en la secuencia del proceso, presión en cada una de las mesas, altura de las velas, cantidad de las velas, altura máxima entre las mesas y prensa en la cual se monta dicho troquel.

La identificación de troquel se realiza mediante un formato creado por la empresa, en el cual los primeros 2 dígitos pertenecen al cliente, los 5 siguientes a la pieza en el caso del panel es 64111, seguido de esto, el proceso al cual pertenecen, un listado de éstos, se muestran en el apéndice E, los siguientes pertenecen al componente del herramental y los últimos a la cantidad de componentes iguales del troquel.



Figura 4.32 Lámina metálica luego del corte-punzonado. [Fuente Propia]

Los nombres de los troqueles según los procesos son estampador, cortador-punzonador, punzonador y calibrador, los cuales están enumerados del 1 al 4 de acuerdo a la secuencia en la cual trabajaran los mismos, la cual es como se mencionaron anteriormente.

Las prensas utilizadas fueron 500 Onapres para el estampado, con 12 velas en la mesa inferior de 80 mm de altura y una presión de $101,97 \text{ Ton/m}^2$ en la mesa superior y $71,38 \text{ Ton/m}^2$ en la inferior; para el segundo punzonado se utiliza la prensa Erfurt 250 con una apertura de 500 mm entre las mesas y el calibrador en la prensa Erfurt 500 con una apertura de 800 mm entre mesas.



Figura 4.33 Panel luego del proceso de 2° punzonado y calibrado [Fuente Propia]

Los troqueles del panel Upr Back fueron puestos en funcionamiento en octubre del año 2008 con una producción inicial de 15 piezas diarias, éstas piezas satisficieron los estándares de calidad superficial y dimensional impuestos por la Toyota, la producción de paneles fue aumentada en febrero del año 2009 para llegar a un total de 26 piezas diarias, en mayo del presente año la producción se aumento a 58 piezas con la posibilidad de elevarla hasta 80 piezas para el último trimestre del año; hasta la fecha los troqueles del panel Upr Back han estado trabajando sin ninguna falla técnica produciendo 1.200 piezas mensuales.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La conversión de planos a superficie digital permitió visualizar la pieza en un entorno digital y en 3 dimensiones.

Para cumplir la secuencia lógica seleccionada, en la fabricación del panel Upr Back del Toyota Corolla 2009, a la lámina metálica se le debe aplicar 4 procesos, uno de estampado, uno de corte-punzonado, un segundo punzonado y un calibrado.

Las superficies digitales creadas mediante el software Mechanical Desktop fueron una superficie para el estampado, una para el corte-punzonado, una del segundo punzonado y una para el calibrado.

El acero Amutit “S” se utiliza para la fabricación de los punzones y matrices, mientras que los aceros 1060 y 1045 se utilizaron para elementos de soporte.

Los tochos de 1045 y 1060 son fabricados a pedidos de la empresa en diferentes dimensiones, mientras que el Amutit S se compra en barras cilíndricas estándar en el mercado nacional.

El proceso de formado de la lámina metálica que tuvo mayor requerimiento de fuerza fue el corte-punzonado, con una fuerza de 1.796.599 N (184 Ton).

Las prensas utilizadas en los procesos de estampado y corte-punzonado fueron las prensas Erfurt 500 Ton y Onapres 500 Ton respectivamente; mientras que para el segundo punzonado y calibrado se utilizó la Erfurt 250 Ton.

El radio de curvatura de embutición calculada para el proceso de estampado fue de 5 mm, se aplicó a todas las aristas de los troqueles.

Para el troquel cortador-punzonador se utilizó 24 resortes de 50,8 mm de diámetro con una fuerza de 1.646 N por cada resorte, y para el troquel del segundo punzonado y calibrado se utilizó 16 resortes de 50,8 mm de diámetro y una fuerza por resorte de 923 N.

El esfuerzo calculado en el punzón mas esbelto fue de 856 N/mm^2 , lo que significó un 55% menos que el esfuerzo de fluencia del acero Amutit S.

En el centro de mecanizado de materiales blandos se fabricaron 2 juegos de modelos en madera, uno del estampador y otro del segundo punzonado, y éstos fueron utilizados en la máquina copiadora por pantógrafo para el desbaste inicial de los tochos de metal.

Se crearon 39 secuencias de mecanizado para la construcción de los troqueles y la optimización de los tiempos de fabricación.

Se fabricaron los componentes de los 4 juegos de troqueles, siguiendo las secuencias de mecanizado creadas y utilizando el centro de mecanizado de metales para las superficies complejas.

Se ensamblaron, ajustaron y verificaron los componentes de cada troquel, utilizando una holgura de 0,72 mm para el troquel estampador y 0,042 mm en los troqueles de corte- punzonado y segundo punzonado.

Para endurecer los bordes cortantes de los punzones de forma y el borde de la matriz de corte se aplicó un tratamiento térmico de temple en forma empírica por llama oxiacetilénica.

Las pruebas de funcionamiento de los troqueles satisficieron los estándares de calidad dimensional y superficial del panel fabricado.

Actualmente la empresa Metalpartes Esposito C.A., produce con los juegos de matriz-punzón 58 paneles Upr. Back del Toyota Corolla 2009 diarios.

5.2 Recomendaciones

Reafilar los bordes de la matriz de corte del troquel cortador-punzonador cada 15.000 piezas producidas.

Almacenar los planos de los troqueles y los programas de mecanizado en los CNC en medios de almacenamiento extraíbles (DVD) por un periodo mínimo de 6 años.

Capacitar un grupo del personal obrero para realizar las operaciones básicas y puestas en funcionamiento de los centros de mecanizado computarizado.

BIBLIOGRAFÍA

[1] González, G. **“Estudio de la construcción de una matriz para la elaboración de eslabones de cadena tipo Galle”**. Trabajo de grado, Departamento de Tecnología Mecánica, UDO, Puerto la Cruz (1976).

[2] Abreu, P. **“Diseño de troqueles para cadena de rodillo”**. Trabajo de grado, Departamento de Mecánica, UDO, Puerto la Cruz (1979).

[3] Salazar, R. **“Evaluación de la operación de embutición para una empresa manufacturera”**. Trabajo de grado, Departamento de Mecánica, UDO, Puerto la Cruz (2002).

[4] Konink G. **“Manual del técnico matricero”**, Segunda edición, Editorial Plantyn, España (1968).

[5] Vukota, B y Paquin, J. **“Die design fundamentals”**, Tercera edición, Editorial Industrial, Nueva York (1987).

[6] Wilson, F. **“Die design handbook”**, Segunda edición, Editorial McGraw Hill, Nueva York (1965).

[7] Rossi, M. **“Estampado en frio de la chapa”**, Novena edición, Editorial Dossat, España (1979).

[8] Salueña, X. y Nápoles, A. **“Tecnología mecánica”**, Primera edición, Editorial UPC, España (2000).

[9] **“Formado de metales y trabajo en la chapa metálica”**, En la página web:
<http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/>.

[10] **“Tabla de conversión de durezas”**, En la página web:
http://www.gordonengland.co.uk/hardness/hardness_conversion_1c.htm.

[11] **“Catálogos de resortes superior”** En la página web:
<http://www.supdie.com>

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	CONSTRUCCIÓN DE HERRAMENTALES PARA LA FABRICACIÓN DEL PANEL UPR BACK DEL NUEVO MODELO TOYOTA COROLLA
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
AROCHA D., LUIS M.	CVLAC: 16.545.300 E MAIL: luis_arocha4@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Fabricación de Troqueleria**Diseño mediante el uso de programas asistido por computadora****Mecanizado asistido por computadora (CAM)****Calculo de esfuerzos por elementos finitos****Calculo de fuerzas de estampado, corte y punzonado****Fabricación mecánica utilizando centros de control numérico**

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y ciencias aplicadas	Ingeniería Mecánica

RESUMEN (ABSTRACT):

En este trabajo se explica la construcción de herramientas para la fabricación del panel Upr Back del Toyota Corolla 2009 por medio del uso de paquetes computacionales para el diseño y mecanizado de dichos herramientas, para la construcción de los herramientas se convirtieron los datos y planos de la pieza en superficies digitales, mediante el programa Mechanical Desktop, se seleccionó la secuencia lógica del proceso necesario para la obtención de la pieza, se depuraron las superficies digitales en función de los procesos para la fabricación de los troqueles, se seleccionaron las dimensiones, tratamientos térmicos y materiales utilizados en la fabricación de los troqueles, se construyeron los modelos de los troqueles en madera, mediante el corte en el centro de mecanizado, aplicando la interface Edge Cam, se diseñaron las secuencias de mecanizado necesarias para la fabricación de los troqueles, se construyeron los troqueles aplicando los diferentes procesos de mecanizado siguiendo las secuencias previamente establecidas, se ajustaron los troqueles con las tolerancias de diseño, verificando las posibles interferencias, se realizaron pruebas de funcionamiento de los herramientas con las láminas metálicas y se chequeo la calidad dimensional y superficial de las piezas fabricadas.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
Torrens, Henrique.	CVLAC:				
	E_MAIL	henriquetorrens@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
Martínez, Luis	CVLAC:				
	E_MAIL	Luismart56@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
Sterlacci, Gaetano	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
Nottaro, Rómulo	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2009	07	31
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Fabricación de herramientales.doc	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K
 L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y
 z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: __Diseño y fabricación (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ 6 meses (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

INGENIERO MECÁNICO

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

PREGRADO

ÁREA DE ESTUDIO:

DEPARTAMENTO DE MECANICA

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la
Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados a
otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo
quien lo participara al Consejo Universitario.

Arocha Delgado, Luis M.

AUTOR

Ing. Luis Martínez

TUTOR

Ing. Gaetano Sterlacci

JURADO

Ing. Rómulo Nottaro

JURADO

POR LA SUBCOMISION DE TESIS

Ing. Delia Villarroel