



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño de herramental para
conformado de tubo de
aplicación automotriz**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Luis Mercado Villarreal

ASESOR DE INFORME

Ing. Martin Reyes Farias



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018

DEDICATORIA

A mis padres:

Fernando Mercado Olmedo

Ángela Villarreal Peña

A mis hermanos:

Alejandro Mercado Villarreal

Silvia Mercado Villarreal

Víctor Mercado Villarreal

Fernando Mercado Villarreal

Martín Mercado Villarreal

AGRADECIMIENTOS

A el profesor e ingeniero Martin Reyes Farias por el apoyo, atención, y enseñanzas que me brindo durante la elaboración y desarrollo de este trabajo para concluir de forma satisfactoria.

A los profesores, el Dr. Adrián Espinosa Bautista, el M.I. Antonio Zepeda Sánchez, el Ing. Israel Garduño García, y el Ing. Mariano García del Gallego, por haber aceptado ser sinodales en mi proceso de titulación además por haber sido parte de los profesores que me formaron durante la carrera.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, por haber tenido la oportunidad de ser parte de ella, por haberme formado en sus aulas y ser una parte esencial en mi educación.

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

NOMBRE DE LA EMPRESA:

CMA AUTOMOTIVE S.A. DE C.V (MEPEPSA/ATSA)

TÍTULO:

DISEÑO DE HERRAMENTAL PARA CONFORMADO DE TUBO DE APLICACIÓN AUTOMOTRIZ

ÍNDICE:

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 1: CMA AUTOMOTIVE S.A. DE C.V. (MEPEPSA/ATSA)	7
1.1 Breve historia.....	7
1.2 Objetivos, misión y visión.....	8
1.3 Organigrama	9
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PUESTO.....	10
2.1 Consideraciones deseables para el puesto de Ingeniero en Diseño de Herramental.....	10
2.2 Ingeniero en Diseño de Herramental.....	11
2.3 Objetivos principales del área de Diseño en Ingeniería de Producto.....	12
2.4 Retos.....	13
CAPÍTULO 3: PARTICIPACIÓN EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO.....	14
3.1 Metodología para desarrollo de proyectos en el ámbito automotriz: Planeación Avanzada de la Calidad de Producto (APQP).....	14
3.2 Información del Cliente y Proyecto.....	17
3.3 Diseño y desarrollo del proceso.....	19

3.4 Diseño y Fabricación del Herramental	21
3.4.1 Diseño del Troquel de Corte de Punta.....	21
3.4.2 Fabricación del Troquel de Corte de Punta.....	23
3.4.3 Diseño del Troquel de Estampado (planchado).....	24
3.4.4 Fabricación del Troquel de Estampado (planchado).....	26
3.4.5 Diseño del Troquel de Corte de Ventanas.....	27
3.4.6 Fabricación del Troquel de Corte Ventanas.....	29
3.4.7 Diseño del Troquel de Punzonado.....	30
3.4.8 Fabricación del Troquel de Punzonado.....	32
3.5 Diseño y Fabricación de Dispositivos de Validación de Producto.....	33
3.5.1 Diseño del Checking Fixture.....	33
3.5.2 Fabricación del Checking Fixture.....	34

CAPÍTULO 4: CORRIDA DE PRUEBA DE HERRAMENTALES Y DISPOSITIVOS DE VALIDACIÓN DE PRODUCTO.....36

4.1 Prueba del herramental para la dobladora de tubo CNC.....	36
4.2 Prueba del Troquel de Corte de Punta.....	41
4.3 Prueba del Troquel de Estampado (planchado).....	42
4.4 Prueba del Troquel de Corte de Ventanas.....	43
4.5 Prueba del Troquel de Punzonado	44
4.6 Prueba del Checking Fixture.....	45

RESULTADOS.....47

CONCLUSIONES.....50

BIBLIOGRAFIA.....52

INTRODUCCIÓN

El éxito o fracaso de un proceso de conformado de metales se basa 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 predeterminada durante las pruebas. Pero este enfoque crea dos problemas. Primero, no tiene sentido técnico ni económico evaluar un diseño de troquel ya que está terminado, pues debería probarse y validarse el diseño del troquel antes de invertir tiempo y dinero en su fabricación. Segundo, muy a menudo después de iniciada la producción descubrimos que cambios pequeños al parecer insignificantes en algunas variables del proceso, como propiedades del material, lubricación del troquel, posición del blanco, temperatura o geometría del troquel pueden llevar a que el proceso se salga de control.

Tradicionalmente las prácticas de ingeniería de herramientas permiten cierta libertad de diseño en la fase temprana del proyecto, pero esta libertad disminuye rápidamente a medida que la fase de fabricación y pruebas se acercan. Sin conocimiento de la influencia de variables como fricción, propiedades del material y geometría de la pieza de trabajo en la mecánica del proceso, se vuelve imposible diseñar troqueles adecuadamente, mucho menos predecir y prevenir la presencia de defectos.¹

Debido a que los metales deben ser conformados en la zona de comportamiento plástico es necesario superar el límite de fluencia para que la deformación sea permanente. Por lo cual, el material es sometido a esfuerzos superiores a sus límites elásticos, estos límites se elevan consumiendo así la ductilidad. Este proceso lo podemos observar en la gráfica de la figura 1.

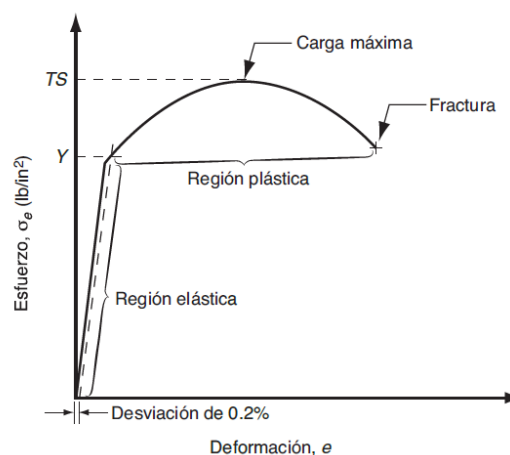


Figura 1 Curva esfuerzo-deformación “Extracción Conformado de metales, Laboratorio de Producción, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería 2008”

¹ Peter Ulintz, *Herramientales desde el diseño*, Metalforming, México, Ed. abril 2007, Pág. 38.

En el conformado de metales se deben tener en cuenta ciertas propiedades, tales como un bajo límite de fluencia y una alta ductilidad. Estas propiedades son influenciadas por la temperatura: cuando la temperatura aumenta, el límite de fluencia disminuye mientras que la ductilidad aumenta.

Existe para esto un amplio grupo de procesos de manufactura en los cuales las herramientas, usualmente un dado de conformación, ejercen esfuerzos sobre la pieza de trabajo que las obligan a tomar la forma de la geometría del dado.

A continuación, en el diagrama de la figura 2, se muestra el tipo de distinciones a tener en cuenta cuando se estudian los procesos de conformado de metales.²

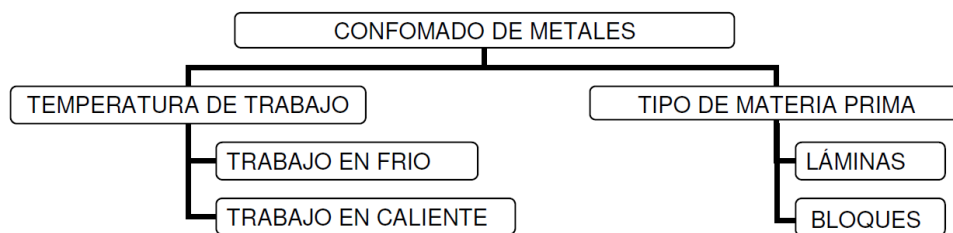


Figura 2 Diagrama conformado de metales “Extracción Conformado de metales, Laboratorio de Producción, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería 2008”

Para nuestro caso el proceso de conformado de tubo de acero es en frío y el tipo de materia prima es lamina en forma de tubo metálico, los procesos aplicados a nuestra geometría básica son: doblado, punzonado, estampado, biselado, corte, barrenado, reducción y combinación de estos.

² *Conformado de Metales*, Laboratorio de Producción, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería, Ed. 2008-1, Págs. 6 y 7.

CAPÍTULO 1: CMA AUTOMOTIVE S.A. DE C.V. (MEPEPSA/ATSA)

1.1 BREVE HISTORIA

CMA Automotive S.A. de C.V.

Fundada en 1986, con instalaciones de 5,600 m² de superficie, Aceros ATSA S.A. de C.V., tiene actualmente una nave de conformado y una nave de corte y almacenamiento de tubería de acero redonda, cuadrada y rectangular en acero 1010 y alta resistencia. Cuenta además con maquinaria con tecnología de punta para el corte, doblado, estampado, punzonado y conformado de tubería de acero.

En tanto, Mercantil de perfiles Pérez, S.A. de C.V., fundada en 1988, tiene una nave de comercialización de Tubería Mecánica Cedula 30; Tubería Cedula 40 para conducción de agua con extremos lisos, roscados y galvanizados; Tubería Cedula 80; P.T.R.; Perfiles Estructurales (Canal U, vigas IPR, IPS), Polín Montén, Perfil Pintado, ángulos, soleras, cuadrados, redondos y lamina.

En el año 2001 y de acuerdo a la necesidad de implantar un sistema de calidad de clase mundial se decide integrar a las dos empresas para efectos de certificación, como el corporativo MEPEPSA/ATSA. En conjunto ofrecen una extensa gama de artículos y productos que van desde la venta directa sin transformación, hasta piezas con valor agregado manufacturadas en sus instalaciones. Además, el Corporativo MEPEPSA/ATSA busca constantemente el profesionalismo y optimización de sus procesos y la entrega y recepción de productos, ofreciendo servicios de calidad certificado en ISO 9001:2000 con la infraestructura, maquinaria y equipo con personal altamente calificado.

Ambas empresas cuentan con unidades de reparto y atiende mercados como el automotriz, muebles, andamios, camas. Juegos infantiles, exhibidores, estructuristas y ferreteros, entre otros.³

Actualmente denominada CMA Automotive S.A. de C.V. (2017) con dos Plantas, una para la manufactura de tubo de acero ubicada en Aguascalientes y la otra para el conformado de tubo en la Ciudad de México, es líder en la fabricación de tubos de acero, tuberías y servicios relacionados para la industria automotriz del mundo y algunas otras aplicaciones industriales.

³ Recibe certificado ISO 9001:2000 el Corporativo MEPEPSA/ATSA, Empresas y Negocios en Expansión, Reforma, Ed. febrero 2003, Sección F, Págs. 4 y 5.

1.2 OBJETIVOS, MISIÓN Y VISIÓN.

OBJETIVOS:

Lograr la completa satisfacción del cliente dándoles lo que requieren, cuando lo requieren y como lo requieren a través de la eficacia de nuestro proceso administrativo, la eficiencia de nuestra gente y nuestros procesos.

MISION:

Ser una empresa líder en el mercado de la transformación del acero mediante, la capacidad, preparación y compromiso de nuestra gente y la eficiencia de nuestros procesos; la calidad y diferenciación de nuestros productos y la preferencia de nuestros clientes.

VISION:

Mostrar a la sociedad que podemos ser una empresa rentable en el valor de las personas.

1.4 ORGANIGRAMA

En el diagrama de la figura 3 se muestran las diferentes áreas en las que está compuesta la organización de la empresa tanto en sitio 1 y sitio 2, tales como dirección, departamento de ingeniería, taller de herramientas, calidad, metrología, mantenimiento, producción, logística, recursos humanos, contabilidad, materiales y almacén. En cuanto a mis funciones pertenezco a el área de ingeniería, este está estructurado con un jefe de ingeniería, un ingeniero de proyectos, un ingeniero de procesos y un ingeniero de diseño.

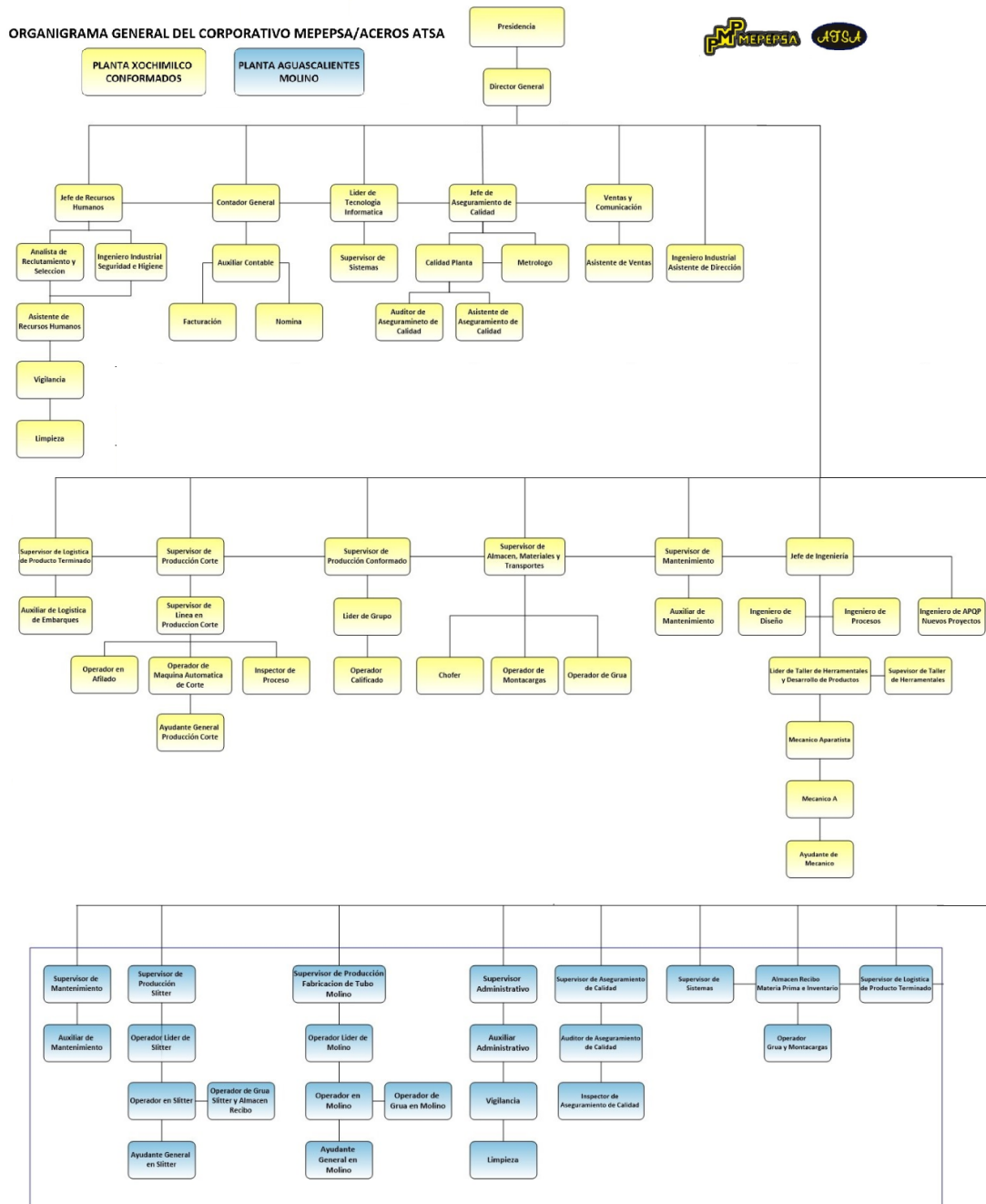


Figura 3 Organigrama "Cortesía MEPEPSA/ATSA"

CAPITULO 2: DESCRIPCION DEL PUESTO

2.1 CONSIDERACIONES DESEABLES PARA EL PUESTO DE INGENIERO EN DISEÑO DE HERRAMENTAL

En la tabla de la figura 4 se muestran los requerimientos específicos para el desempeño del puesto de ingeniero de diseño de herramientas.

CONOCIMIENTOS (NOCIÓN: IDEA)	HABILIDADES (CAPACIDAD)	APTITUDES (DISPOSICIÓN NATURAL)
Básico en el Sistema de Calidad ISO 9001:2008	En instrumentos de medición: flexómetro, vernier, calibrador, etc.	Observador y analítico: Buena habilidad visuomotriz para detectar errores en el proceso
Metrología Dimensional, Tolerancias Dimensionales y Geométricas (GD&T)	Interpretación de planos y dibujo técnico industrial.	Análisis para resolución de problemas técnicos.
Conocimiento de máquinas convencionales: torno, fresadora, taladros, rectificadora, etc.	Trabajo en equipo y bajo Presión.	Habilidad para manejo de conflictos.
Conocimientos de Software de Diseño CAD CAM. (AutoCAD, SolidWorks y BobCAM)	Habilidad para establecer relaciones interpersonales: Empático.	Planeación, organización y control.
Básico Geometría, Trigonometría y Álgebra		Objetivo, concreto y organizado.
Manejo de paquetería Office y aplicaciones de software de diseño para la ingeniería del proceso.		Identificación de las diferentes especificaciones del material: calibre, longitud y diámetro.

Figura 4 Tabla de conocimientos, habilidades y aptitudes

2.2 INGENIERO EN DISEÑO DE HERRAMENTAL

Como ingeniero en diseño de herramental, desarrollo actividades que en base a experiencia he ido adquiriendo y otras basadas en la investigación documental de procesos, normas y técnicas de diseño que me han permitido llevar acabo ciertas actividades tales como:

- Participar en el mantenimiento de la política de calidad y aplicarla a mis actividades de trabajo.
- Participar en un grupo interdisciplinario para organizar y planificar la secuencia de actividades que permiten la introducción de un nuevo producto/proyecto.
- Diseño de medios de producción (Troqueles, Welding Fixture, Dados de doblado, Dispositivos de Producción, etc.).
- Diseño de dispositivos para validación de producto (Checking Fixture, Gages, Go-No Go, etc.).
- Identificar y diseñar dispositivos y elementos mecánicos para solución de problemas relacionados con máquinas y procesos de producción.
- Elaborar modelado CAD, dibujos de ensambles y despieces de herramientas y dispositivos.
- Seguimiento a los cambios de diseño (Cambios de nivel) junto con metrología para revisión de parámetros dimensionales de los dispositivos de verificación conforme a planos.
- Generar codificación para registro de herramientas y dispositivos de validación.
- Elaboración de lista y requisición de materiales.
- Generar programas de puntos para dobladoras CNC, calculo de desarrollos, designación de parámetros de tubo para realizar pruebas, muestras, etc.
- Trabajo en campo para toma de mediciones, pruebas, ajuste de herramientas, dispositivos de verificación y su validación.
- Participar activamente en la implementación y mantenimiento de las 5'S en todas las áreas.
- Participar activamente en las auditorias ISO 9001-2008
- Mantener limpia y en orden su área de trabajo.

2.3 OBJETIVOS PRINCIPALES DEL ÁREA DE DISEÑO EN INGENIERIA DE PRODUCTO

La Ingeniería de diseño traduce los requisitos de la calidad por parte del cliente en características de operación, especificaciones exactas y tolerancias adecuadas para un nuevo producto o servicio, o la modificación de un producto establecido. El diseño más sencillo y menos costoso que cumpla los requisitos del cliente es el mejor diseño. Al aumentar la complejidad del producto o servicio, disminuyen la calidad y la confiabilidad. Es esencial la intervención temprana de Ventas, Producción, Calidad, Adquisiciones y el Cliente, para prevenir los problemas antes de que sucedan. A este tipo de compromiso se le llama ingeniería concurrente.

Siempre que sea posible, Ingeniería de diseño debe usar diseños probados y componentes estándar. Para este propósito, se usan las normas industriales y gubernamentales cuando sean aplicables.

Tolerancia es la variación permisible en el tamaño de la característica de la calidad, y la selección de tolerancias tienen doble efecto sobre la calidad. A medida que se estrechan las tolerancias, suele obtenerse un mejor producto o servicio: sin embargo, los costos de producción y de calidad pueden aumentar. En el caso ideal, las tolerancias deben establecerse científicamente balanceando la precisión que se desea con el costo de lograrla. Como hay demasiadas características de calidad para ser determinadas de forma científica, muchas tolerancias se establecen usando sistemas normalizados de dimensionamiento y de tolerancias. Los experimentos diseñados son una técnica muy efectiva para determinar qué características de procesos, productos o servicios son críticas, y también sus tolerancias. Deben establecerse tolerancias críticas junto con la capacidad del proceso.

El diseñador determina los materiales que serán utilizados en el producto o servicio. La calidad de un material se basa en especificaciones escritas, que comprenden características físicas, confiabilidad, criterios de aceptación y empaque. Además del aspecto funcional, un producto o servicio de calidad es aquel que se puede usar con seguridad. También es aquel que se puede reparar o mantener con facilidad.

En fases oportunas del desarrollo del producto o el servicio se hacen exámenes de diseño. Dichos exámenes deben identificar áreas problema e inadaptaciones, existentes o previstas, y deben iniciar acciones correctivas para asegurar que el diseño final y los datos que lo respaldan cumplen los requisitos del cliente. Después de que el grupo de examen del diseño aprueba al producto o servicio, para que pase a producción, se distribuyen los requisitos definitivos de calidad. La calidad se diseña en el servicio o producto, antes de ponerlos a disposición de manufactura. ⁴

⁴ Harold Maynard, *Manual del Ingeniero Industrial Vol. I, II*, McGraw-Hill/Interamericana de México, Ed. 5ª 2006.

2.4 RETOS

Como ingeniero de diseño y a su vez como empresa que está en crecimiento y sobre todo que está entrando de lleno con más énfasis a la generación de producto de índole automotriz y debido a los requerimientos y altos índices de calidad que la industria automotriz exige, me he enfocado en sacar el máximo provecho a tecnologías tales como el uso de software de diseño CAD y manufactura CAM y más adelante el uso de CAE, con el fin de poder generar otro tipo o modo de desarrollar herramental y a su vez realizar proyectos de un nivel más alto de complejidad dado que antes esto no era posible debido a que no se contaba con la tecnología, todo esto abocándome a lo que exige la normatividad.

Es de suma importancia la formación obtenida durante mi estancia en la universidad ya que en base a ello me es posible aplicar el conocimiento adquirido tanto teórico como práctico para la solución de problemas de ingeniería en relación al diseño de productos y procesos, cabe mencionar que no es una tarea fácil, pero si una oportunidad para poner en práctica todas mis ideas y llevarlas a cabo.

CAPÍTULO 3: PARTICIPACIÓN EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ:

Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP)

Es una metodología que facilita la comunicación y la integración de equipos de trabajo enfocados al diseño y desarrollo de productos y procesos, de tal modo que la información generada sea consistente con los requerimientos del cliente. Algunos beneficios de la planeación de la calidad de un producto son:

- Dirigir recursos a satisfacer los clientes
- Promover la identificación anticipada de cambios requeridos
- Evitar cambios tardíos
- Ofrecer productos de calidad a tiempo y al más bajo costo

El objetivo esencial es la de reducir la complejidad en la planeación de calidad de productos para clientes y proveedores, siendo un medio de los proveedores para comunicar fácilmente los requerimientos de planeación de calidad de un producto a subproveedores.

Ciclo de planeación de calidad de un producto

En el gráfico de la figura 5 se muestra la descripción de un programa típico. Las diferentes fases están en secuencia para representar un esquema de tiempo planeado para la ejecución de las fases descritas. El propósito del ciclo de planeación de calidad del producto es enfatizar:

- La planeación anticipada. Los tres primeros cuartos del ciclo están orientados a la planeación anticipada de la calidad de un producto a través de la validación del producto/proceso.
- El acto de implementación. La cuarta parte es la etapa donde la importancia de evaluar los resultados sirve para dar motivos: determinar si los clientes están satisfechos, y ofrecer soporte a la búsqueda del mejoramiento continuo.

El ciclo busca de forma permanente el mejoramiento continuo que solo puede lograrse tomando experiencia de un programa y aplicando el conocimiento adquirido a un programa siguiente.

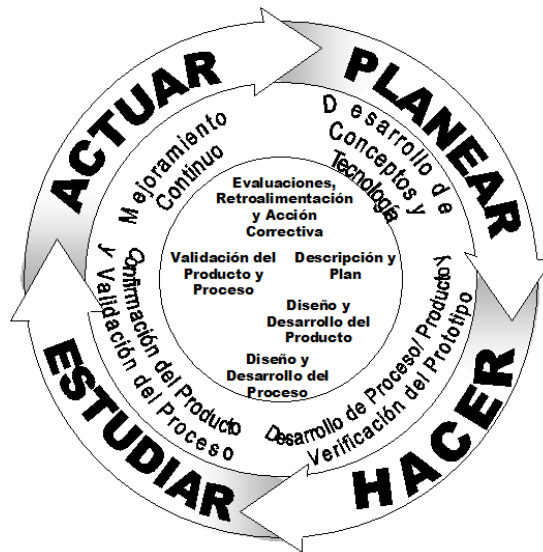


Figura 5 Grafica del ciclo de planeación del producto
 “Extracción Manual de referencia APQP/CP-1:1994, AIAG”.

Matriz de Responsabilidades de la Planeación de la Calidad del Producto

La matriz de la figura 6 es un ejemplo y muestra las funciones en la planeación de calidad de un producto para tres tipos de proveedores, define el alcance de sus responsabilidades de planeación que pudieran existir entre proveedores, subproveedores y clientes.

	Responsable de Diseño	*Solo Manufactura	Proveedores de Servicios ej., Tratamientos Térmicos, Almacenamiento, Transporte, etc.
Definición del Alcance	X	X	X
Planeación y Definición	X		
Diseño y Desarrollo del Producto	X		
Factibilidad	X	X	X
Diseño y Desarrollo del Proceso	X	X	X
Validación del Producto y el Proceso	X	X	X
Retroalimentación, Evaluaciones y Acciones Correctivas	X	X	X
Metodología de Planes de Control	X	X	X

Figura 6 Matriz de responsabilidades de la planeación de la calidad del producto
 “Extracción Manual de referencia APQP/CP-1:1994, AIAG”.

Esquema de Tiempo para la Planeación de la Calidad de un Producto

En el siguiente esquema de la figura 7 de tiempo se muestran las etapas de planeación de la calidad de un producto. El objetivo del equipo de planeación es concentrar sus esfuerzos en la prevención de defectos. La prevención de defectos es dirigida por ingeniería simultánea ejecutada por áreas de ingeniería de producto y manufactura trabajando en forma concurrente.⁵

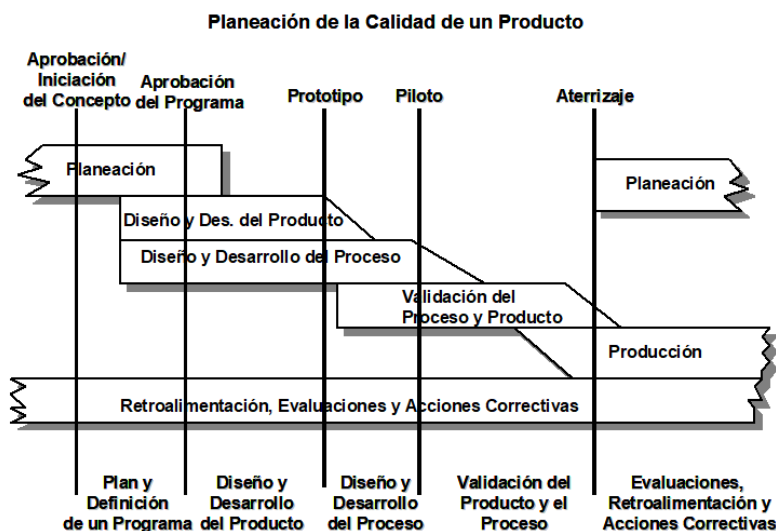


Figura 7 Esquema de tiempo para la planeación de la calidad del producto
 “Extracción Manual de referencia APQP/CP-1:1994, AIAG”

⁵ *Planeaciones de Calidad y Planes de Control (Manual de referencia APQP/CP-1:1994, AIAG)*, Chrysler Corporation, Ford Motor Company y General Motors Corporation, Ed. junio 1994, Págs. 1-6.

3.2 INFORMACIÓN DEL CLIENTE Y PROYECTO

Empresa: Isringhausen México S.A. de C.V.

Razón social: Isri

Domicilio: Calle Servidumbre de Paso 851, Col. Aeropuerto Rancho Nuevo, CP. 25300, Saltillo Coahuila.

Página de internet: www.isri.com

Perfil general: Industrias manufactureras, giro automotriz; fabricación de asientos y accesorios interiores para vehículos automotores.

Proyecto: DTNA (Daimler Trucks North America)

Numero de parte: 10200314

En la imagen de la figura 8 se muestra el plano de la pieza, en el cual podemos identificar el nombre de la parte, numero de parte; especificaciones de dibujo técnico como sistema de dibujo, escala, formato, sistema CAD, unidades de dimensión; fechas de diseño, revisión y aprobación; normas y estándares de diseño; especificaciones de material y pruebas, y en general todas las dimensiones y tolerancias que requiere la pieza para su correcta geometría y funcionamiento como componente.

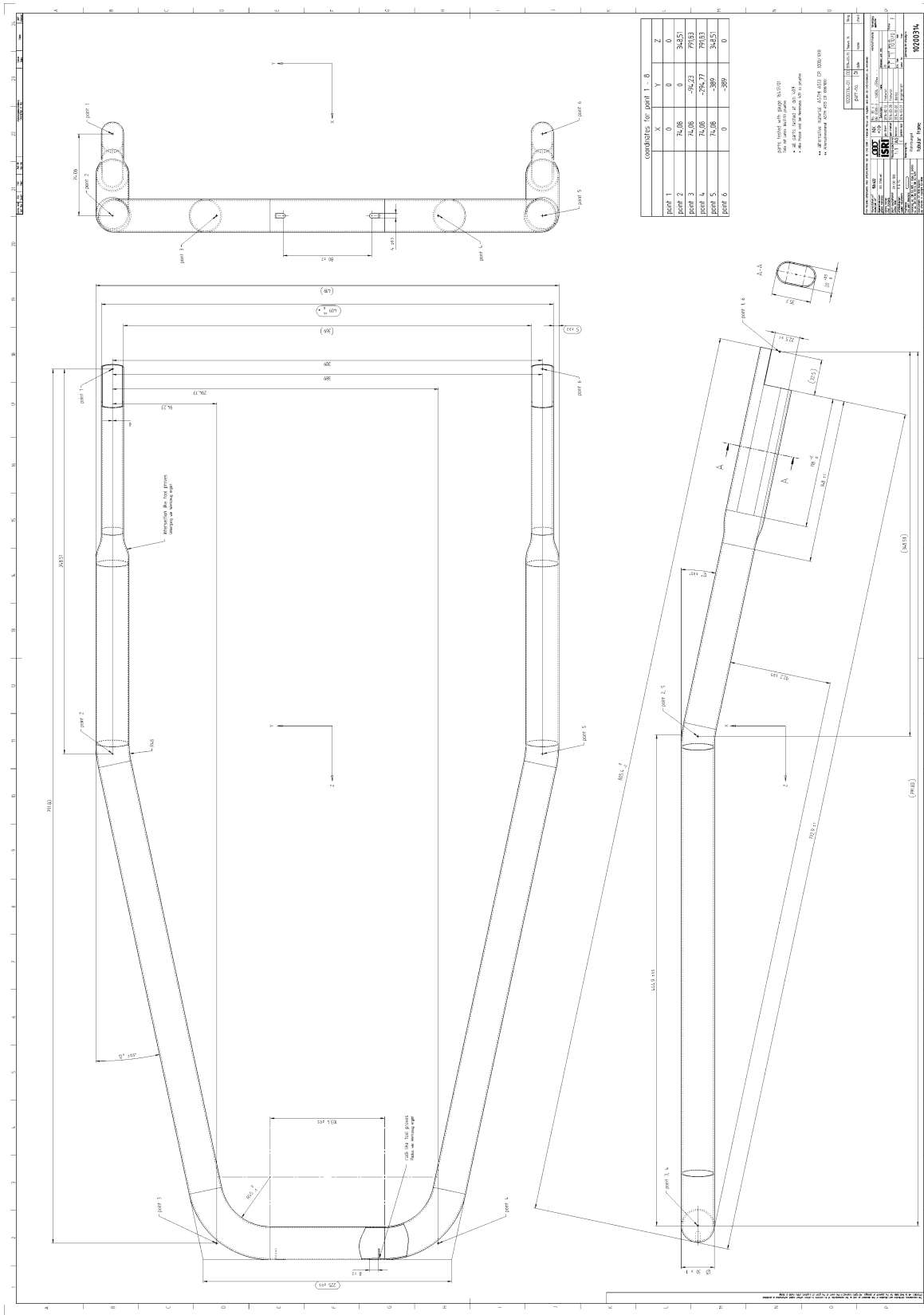


Figura 8 Plano del número de parte "Propiedad de Isringhausen México S.A. de C.V."

3.3 DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROCESO

Diseño y desarrollo del proceso

Una vez realizado el análisis de factibilidad donde se declara la viabilidad del proyecto, hemos definido las propiedades y características de diseño que deberán cumplir con los requerimientos del cliente.

Diseño para facilidad de manufactura y ensamble

El diseño para facilidad de manufactura y ensamble es un proceso de ingeniería simultánea diseñado para optimizar la relación entre la función de diseño, la facilidad de manufactura y la facilidad de ensamble. Para esto debemos tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Diseño, concepto, función y sensibilidad a la variación de la manufactura
- Proceso de manufactura y ensamble
- Tolerancias dimensionales y geométricas de la pieza
- Requerimientos de desempeño
- Número de componentes
- Ajustes del proceso
- Manejo de materiales

Definición de operaciones en el flujo de proceso

- Corte del tubo
- Doblado del tubo en maquina dobladora CNC.
- Comprobación del doblado en una plantilla de doblado
- Primera operación en troquel de despunte
- Segunda operación en troquel de estampado (planchado)
- Tercera operación en troquel de corte de ventanas
- Cuarta operación en troquel de punzonado
- Validación del producto en dispositivo Checking Fixture

Para esto, se adquirió herramental de línea solo para la dobladora CNC mientras que para las operaciones en troquel y validación de producto fueron desarrollados.

En la imagen de la figura 9 podemos observar del diagrama de flujo de proceso, la operación de corte está generalizada anteriormente mencionada, para el caso de las operaciones subsecuentes solo se tomaron en cuenta las operaciones 70, 80, 90, 100, 110 y 130 pues son las que están directamente relacionadas con el proceso de conformado de la pieza para lo cual diseñe y desarrolle herramienta especial.

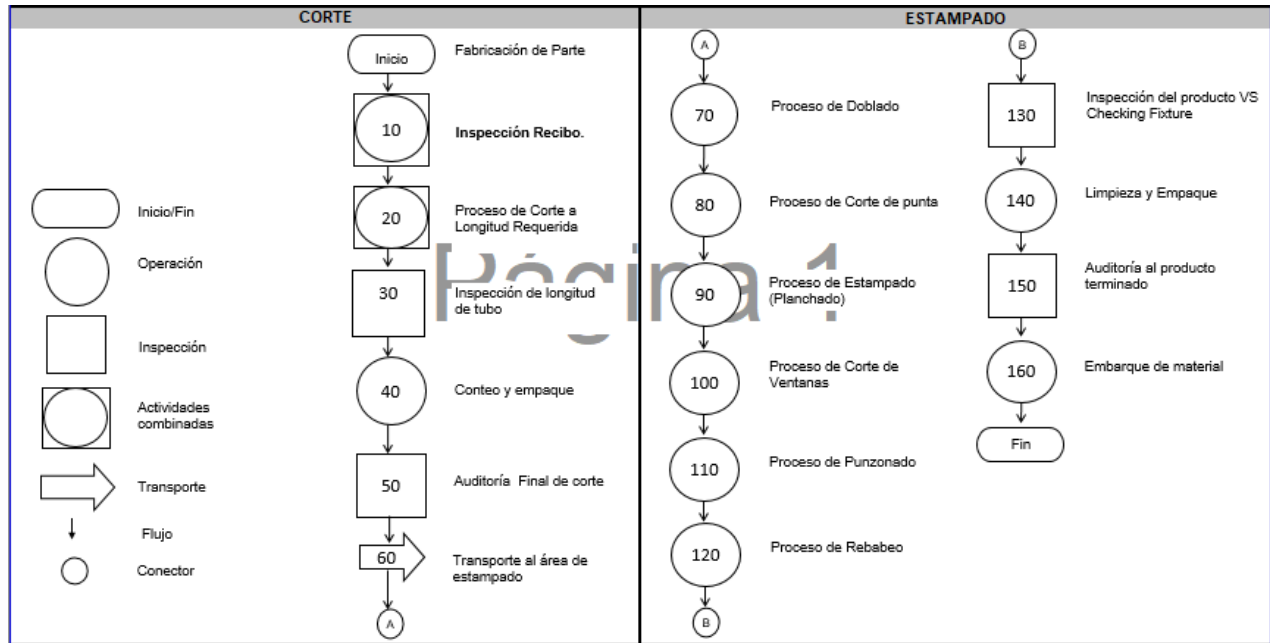


Figura 9 Diagrama de flujo de proceso "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

3.4 DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL HERRAMENTAL

3.4.1 Diseño del Troquel de Corte de Punta

El troquel de la figura 10 consta de dos estaciones con las cuales se pretende hacer un primer corte, como el corte se hará de la parte interna hacia la parte externa del tubo, se diseñó la estación de tal modo que el punzón estuviera empotrado en un bloque y este a su vez atornillado a otro bloque el cual está de modo flotante con resortes y tornillos guía que permitirán el accionamiento vertical, le agregue una placa que sirviera de sufridera pues es donde golpeará la zapata superior del porta troquel además de que le gane altura para que las cajas donde hacen el recorrido las cabezas de los tornillos guía fuera mayor y no golpearan al accionarse y evitar choques entre tornillos y la zapata superior, además de una matriz de doble vida de forma independiente y su respectivo desfogue de material en la parte media de la sufridera que está montada en dos placas paralelas para tener el suficiente espacio para retirar el material cortado.

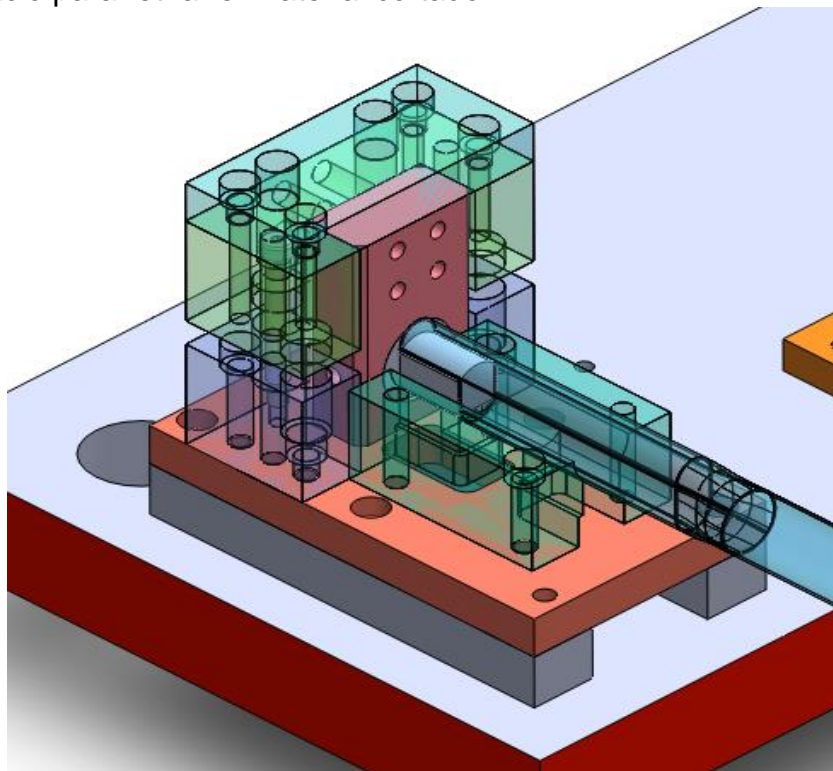


Figura 10 Estación de despiece "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

En la siguiente imagen de la figura 11 se muestra el ensamble de las dos estaciones en la posición que el operador deberá colocar la pieza, para esto también se le agregó un soporte que marcará la posición de la pieza y sobretodo mandará a fondo los extremos para poder garantizar el corte requerido, como este dispositivo no puede ser totalmente rígido le agregue resortes con tornillos guía que permitirán introducir piezas con las tolerancias máximas y mínimas en cuanto al largo de los extremos del tubo, una vez diseñado todo el troquel procedí a realizar el despiece del dispositivo para iniciar su fabricación.

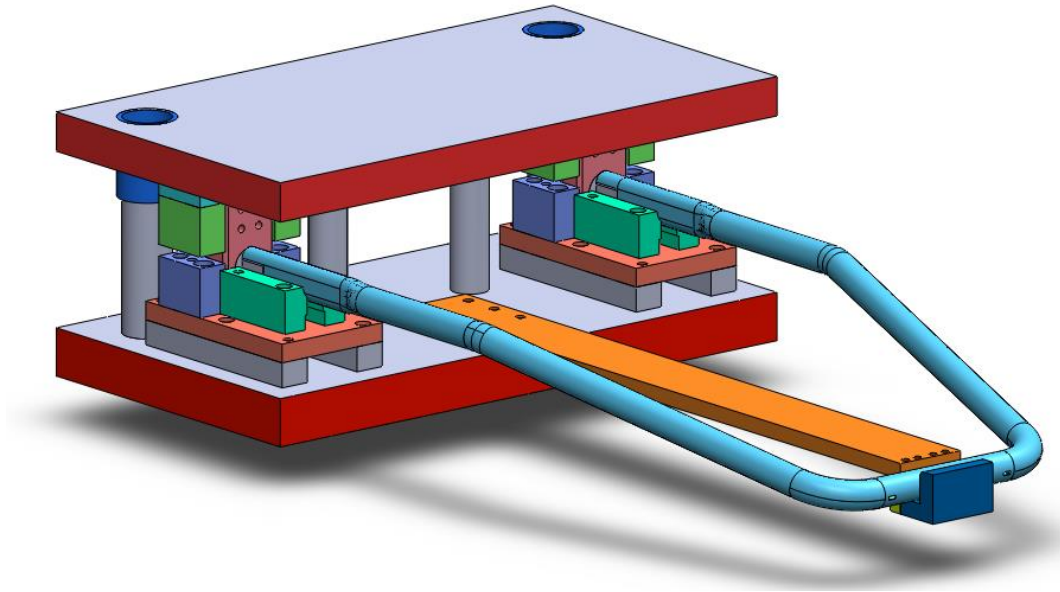


Fig.11 Ensamble del troquel de despunte “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

Explosivo y despiece del troquel de corte de punta

En la siguiente imagen de la figura 12 se muestra el explosivo y su respectivo despiece de componentes en planos que nos indican las especificaciones técnicas de cada elemento.

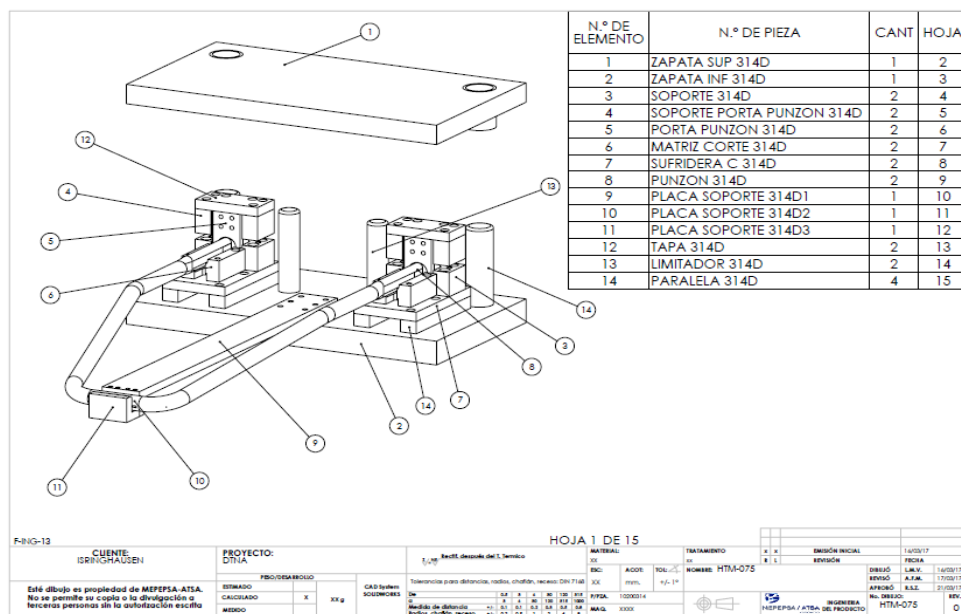


Figura 12 Explosivo y despiece “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

3.4.2 Fabricación del Troquel de Corte de Punta

En la siguiente imagen de la figura 13 podemos observar el armado de la estación de forma más detallada, tanto el montaje de estas y en general el troquel terminado de la figura 14.



Figura 13 Armado de la estación de corte de punta “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

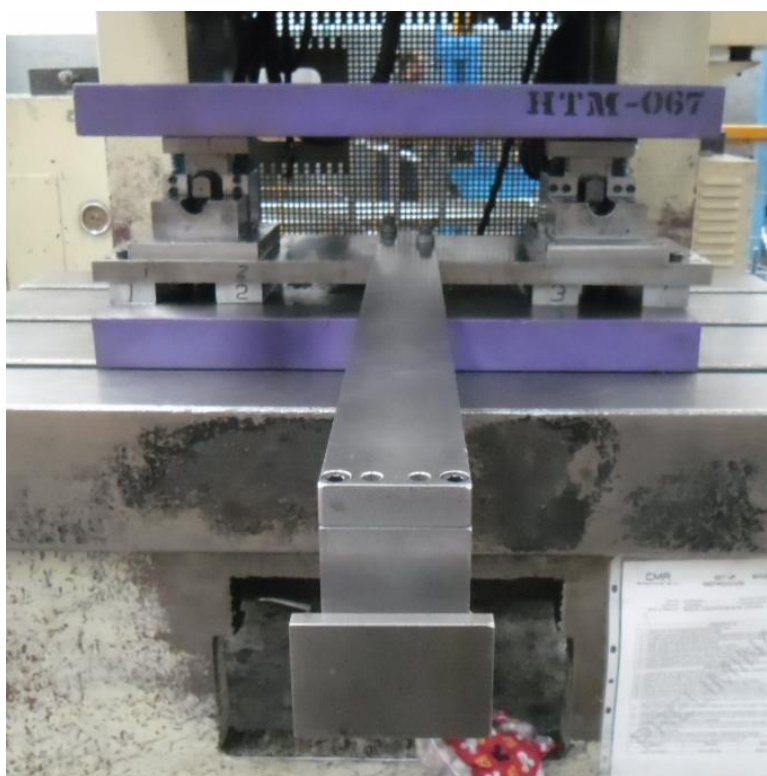


Figura 14 Troquel terminado “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

3.4.3 Diseño del Troquel de Estampado (planchado)

En este paso se diseñaron dos estaciones para realizar el estampado de forma simultánea, la estación consta de dos bloques inferior y superior, el bloque superior será atornillado directamente a la zapata superior mientras que el bloque inferior se atornillado a un placa (sufridera) que también servirá para colocar los porta flechas o almas y que a su vez se fijara a la zapata inferior, esta forma de armado sirve para poder realizar un mejor ajuste en el armado y desarmado cuando se requiera dar mantenimiento a las estaciones, los bloques antes mencionados tienen un corte simétrico de ángulos que permitirán el deslizamiento de dos bloques (planchadores) dirigidos por placas en L que servirán de guías y harán el estampado simétrico y que serán limitados por una flecha al interior del tubo que nos darán la dimensión requerida, la posición del tubo estará marcada por dos centradores como se muestra en la imagen de la figura 15.

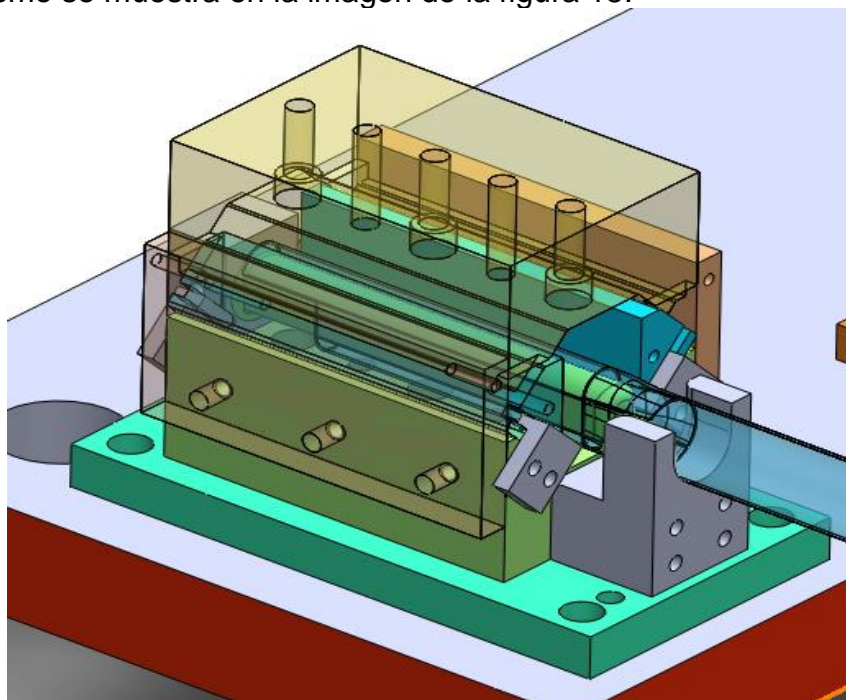


Figura 15 Estación de Estampado (planchado) "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

En el ensamble de la figura 16 se muestra un soporte que limitara el área de planchado en cada extremo del tubo en este concepto solo se utilizó el bloque en el extremo del soporte para evitar que la pieza se vaya más a fondo y se mantenga la posición deseada, una vez terminado se procedió a realizar el despiece para su fabricación.

3.4.4 Fabricación del Troquel de Estampado (planchado)

En la imagen de la figura 18 se muestran los componentes ya terminados de la estación de estampado para poder iniciar el armado y más adelante el ajuste de la herramienta. En la imagen de la figura 19 podemos observar el armado general tanto de las dos estaciones como del soporte central para iniciar las pruebas del troquel.

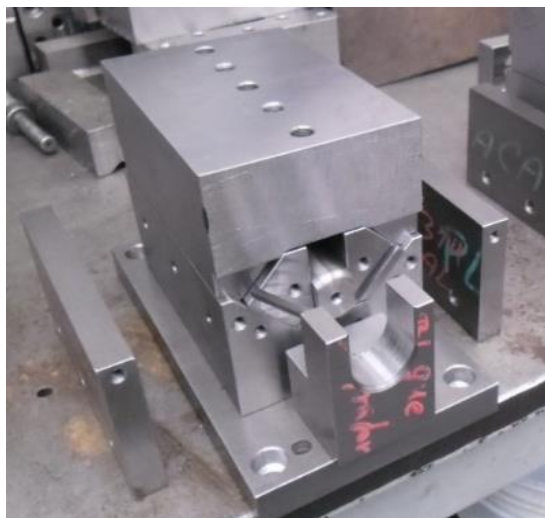


Figura 18 Armado de la estación de estampado (planchado) “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

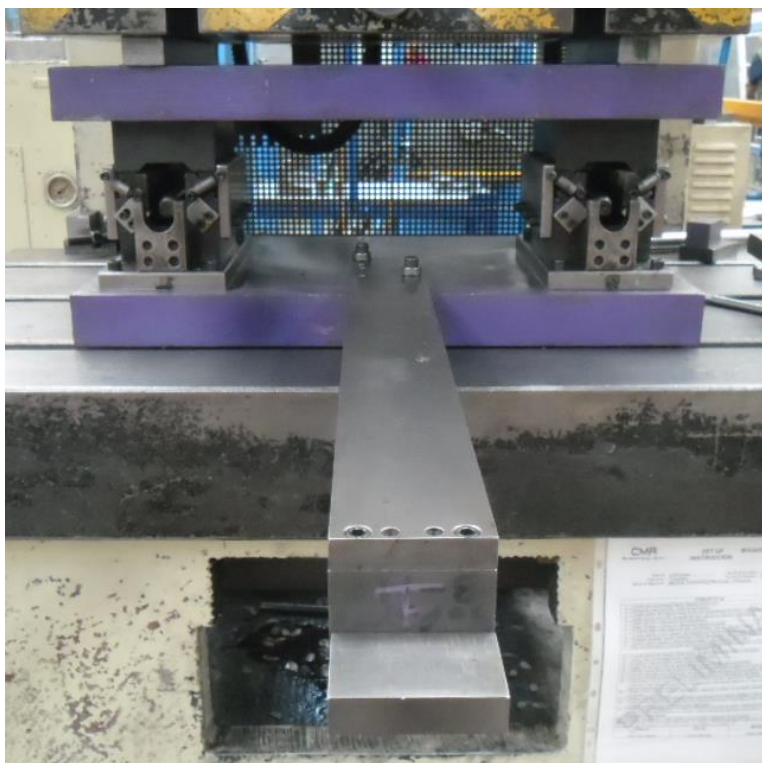


Figura 19 Troquel terminado “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

3.4.5 Diseño del Troquel de Corte de Ventanas

De igual manera se tienen dos estaciones en la figura 20, se diseñó un mecanismo leva-seguidor para poder hacer de forma simultanea el corte de las cuatro caras en el área de estampado con el fin de realizar la operación de forma más rápida, consta de un arreglo de bloques, para guiar el carrito porta punzón diseñe un bloque en forma de U que servirá de guía y donde el carrito hará el recorrido en donde las laterales servirán de apoyo a los resortes que los mantendrán centrados, el carrito tiene a los lados unas cajas donde serán alojados los resortes, el perno seguidor esta empotrado a una barra y esta a su vez atornillada a un bloque en C que servirá de soporte y será atornillado a la zapata superior, tanto la leva como el seguidor están encajonados para evitar posibles movimientos que nos lleven a un fallo en el sistema, las matrices están montadas en un bloque en U con un corte en una de las caras para el desfogue de material, estas piezas han sido tratadas térmicamente debido a que están sujetas a movimientos y abra fricción entre ellas.

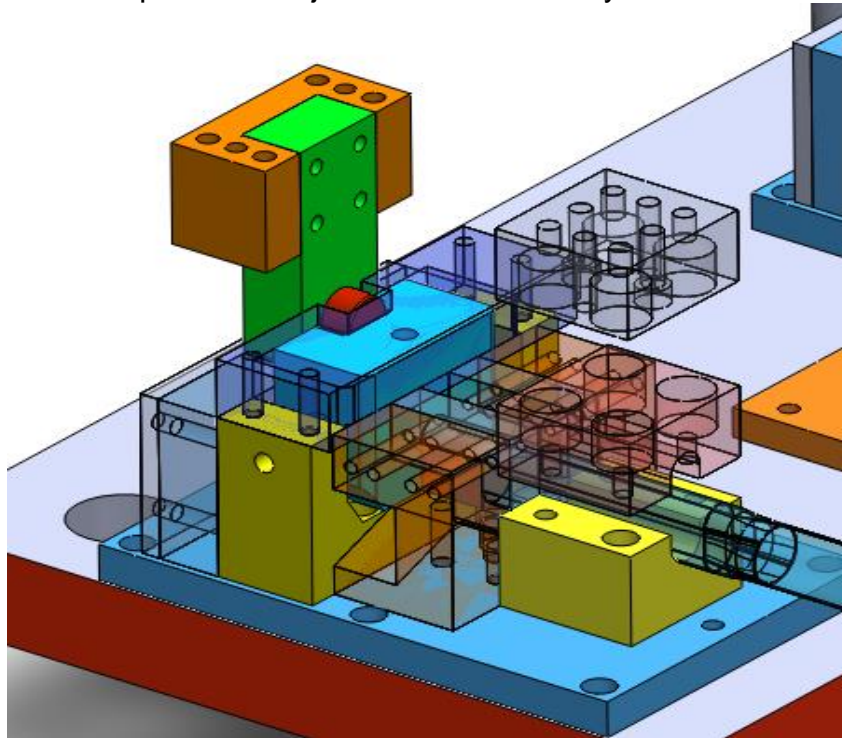


Figura 20 Ensamble estación de corte de ventana “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

En el ensamble de la figura 21 se muestra el armado completo del troquel, en cuanto a la sujeción de la pieza se diseñó un sistema de pisadores con un corte del perfil en forma de oblongo tanto en el pisador inferior como en superior, este sistema es accionado de forma vertical por resortes que al presionar la pieza la llevaran a fondo antes de que el punzón se mueva hacia los lados de modo que el corte sea el correcto en esa dirección (vertical), el soporte colocado al centro permitirá mandar a fondo en la dirección horizontal pues consta de un bloque que hará presión en los dos extremos de la pieza por medio de resortes guiados por tornillos, en esencia este sistema servirá para evitar movimientos y cortes fuera de dimensión. Una vez terminado el diseño realice el despiece para su fabricación.

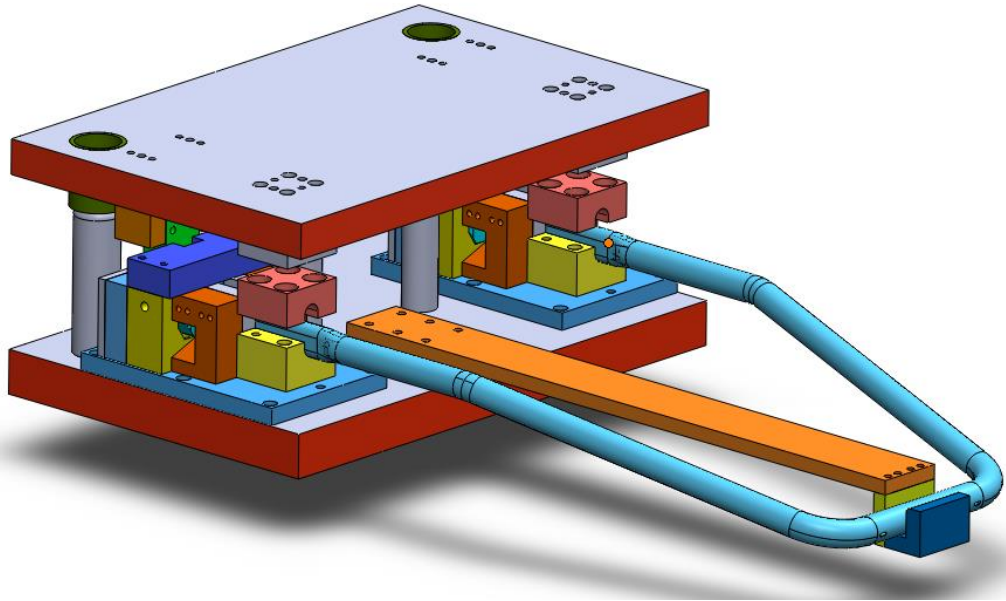


Figura 21 Ensamble del troquel de corte de ventanas “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

Explosivo y despiece del troquel de corte de ventanas

En la siguiente imagen de la figura 22 podemos observar el explosivo del troquel con su respectivo despiece de componentes que contiene los planos con toda la información técnica de estos.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANT	HOJA
1	ZAPATA SUP 1-314 V	1	2
2	ZAPATA INF 314V	1	3
3	SURRIDERA INF 314V	2	4
4	BLOQUE GUIA 314V	2	5
5	BLOQUE PORTA MATRICES 314V	2	6
6	PLACA CAJA 314V	2	7
7	PISADOR SUPERIOR 314V	2	8
8	PISADOR INFERIOR 314V	2	9
9	TAPA 314V	2	10
10	PORTA PUNZON 314V C	2	11
11	PUNZON 314V	2	12
12	MATRIZ DER 314V	2	13
13	MATRIZ IZQ 314V	2	14
14	PLACA SOPORTE 314V	1	15
15	PLACA SOPORTE 314-2 V	1	16
16	PLACA SOPORTE 314-3 V	1	17
17	TAPA GUIA 314V	2	18
18	BLOQUE EMPUJE VERTICAL 314V	2	19
19	SOPORTE POSTE GUIA 314V	2	20
20	BLOQUE PISADOR 314V	2	21
21	PERNO GUIA 314V	2	22
22	LIMITADOR 314V	2	23

F-ING-13

CUENTE: ISBRVCHAUSEN

PROYECTO: DTHA

HOJA 1 DE 23

MATERIAL: 10

TREATAMIENTO: 10

EMISION INICIAL: 14/03/17

EMISION: 14/03/17

REVISION: 14/03/17

INGENIERO: MEPEPSA/ATSA DEL PROYECTO

HTM-077

HTM-077

Q

Figura 22 Explosivo y despiece “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

3.4.6 Fabricación del Troquel de Corte de Ventanas

En la siguiente imagen de la figura 23 podemos observar la estación de corte de ventanas terminada en su totalidad, mientras que en la imagen de la figura 24 observamos el armado y ajuste general del troquel listo para iniciar pruebas.

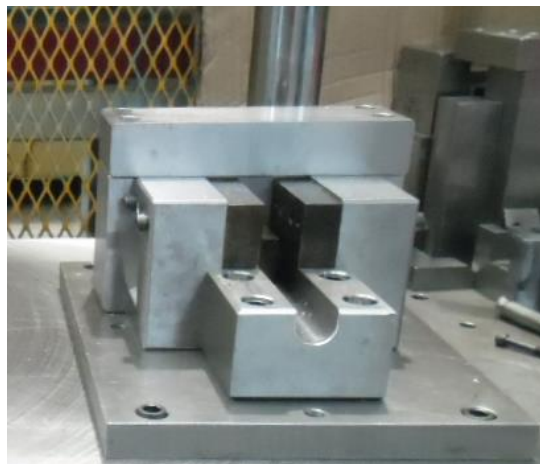


Figura 23 Estación de corte de ventanas “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.



Figura 24 Troquel terminado “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

3.4.7 Diseño del Troquel de Punzonado

Consta de una estación con un arreglo de bloques ordenados de tal manera que permitan el accionamiento vertical, en el cual el bloque porta punzones y el pisador hacen un recorrido horizontal sobre una guía central y dos guías en las laterales para evitar movimientos, el bloque de empuje vertical tiene un ángulo de deslizamiento al igual que el bloque porta punzones el cual regresara a su posición mediante dos resortes de tensión, se observa que tanto los punzones como los tornillos guía y resortes para el accionamiento del pisador están ahogados en la pieza esto se diseñó con la intención de no tener que agregar piezas de más y se pueda desarmar de forma más simple para hacer un cambio rápido al dar mantenimiento, la contraparte del pisador es un bloque que se encuentra fijo y sujetado por tornillos, todo el arreglo está montado en una placa precisamente para una mejor manipulación y ajuste del dispositivo como se ve en la imagen de la figura 25.

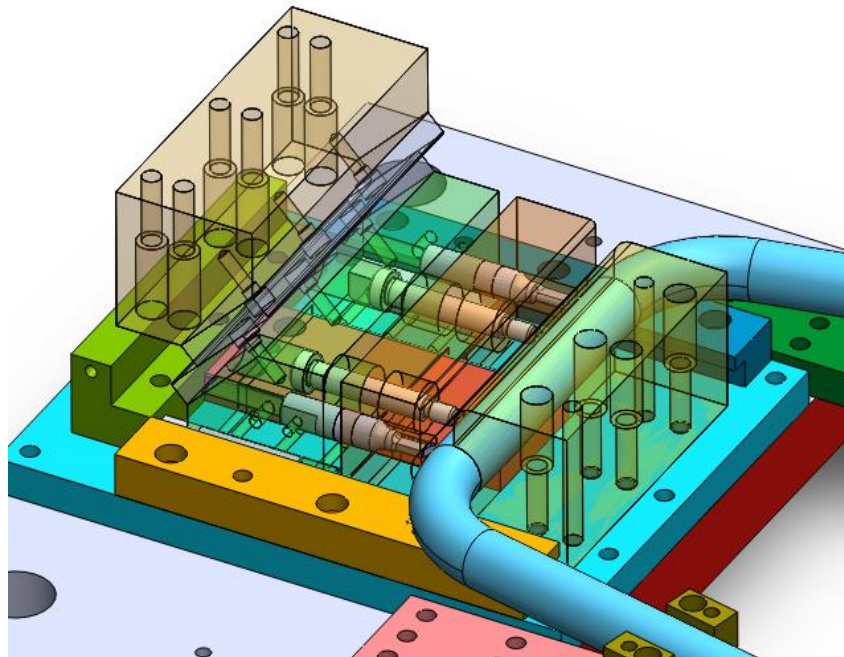


Figura 25 Estación de punzonado "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

Como se muestra en la imagen de la figura 26 el ensamble del troquel tiene dos soportes con bloques que se ajustan a la geometría de la pieza, estos servirán para mantenerla en posición horizontal además de que son una referencia obligada para el centrado y efectuar el punzonado, dado que estos bloques estarán en contacto directo con la pieza son tratados térmicamente para reducir el desgaste.

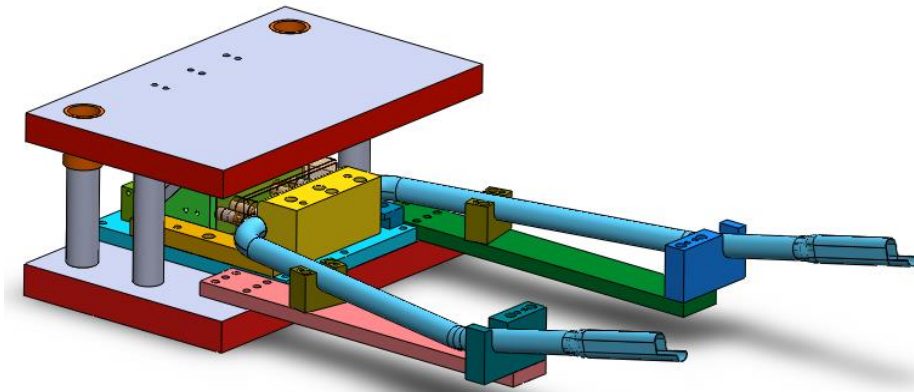


Figura 26 Ensamble del troquel de punzonado “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

Explosivo y despiece del troquel de punzonado

En la imagen de la figura 27 se muestra el explosivo del troquel de punzonado con su respectivo despiece de componentes, los planos de cada uno de estos y toda su información técnica requerida para el maquinado.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANT	HOJA
1	POSTE 314 P	2	2
2	ZAPATA INF 1-3-314 P	1	3
3	PISADOR 314 P	1	4
4	BLOQUE DE EMPUJE HORIZONTAL 314 P	1	5
5	INSERTO GUIA 314 P	2	6
6	GUIA 314 P	2	7
7	PLACA GUIA 314 P	1	8
8	PLACA BASE 314 P	1	9
9	LIMITADOR 314 P	2	10
10	BLOQUE EMPUJE VERTICAL 314 P	1	11
11	PLACA ANG 314 F	2	12
12	BLOQUE TOPE 314 P	1	13
13	PLACA SOPORTE 1-314 P	1	14
14	APOYO 314 P	2	15
15	BLOQUE ANG EXT 2-314 P	1	16
16	BLOQUE ANG EXT 1-314 P	1	17
17	ZAPATA SUP 314 P	1	18
18	PUNZON SLOT 314 P	2	19

F-110-12

HOJA 1 DE 20

CLIENTE: ISRINGHAUSEN	PROYECTO: DINA	FECHA: 03/06/17
ESTIMADO: X	CAJILASO: X	MESES: X
INGENIERA: HIRSEPSA/FABIAN DEL PROYECTO	INGENIERA: HTA-078	REV: 0

Figura 27 Explosivo y despiece “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

3.4.8 Fabricación del Troquel de Punzonado

En la siguiente imagen de la figura 28 podemos observar la estación de punzonado terminada y ajustada lista para el montaje en el porta-troquel, además en la imagen de la figura 29 observamos el armado general del troquel de punzonado con sus respectivos soportes y centradores para poder iniciar las pruebas.

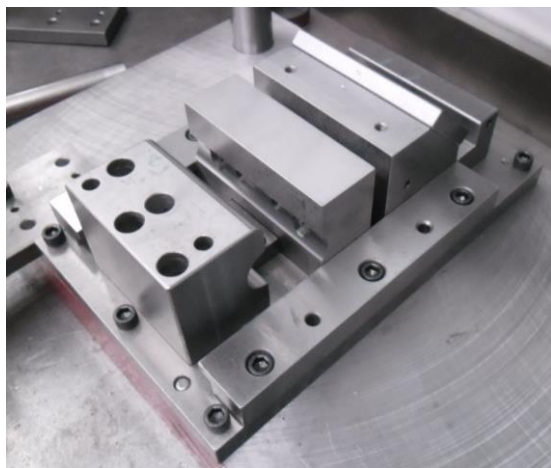


Figura 28 Estación de punzonado “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.



Figura 29 Troquel de punzonado terminado “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

3.5 DISEÑO DE DISPOSITIVOS DE VALIDACIÓN DE PRODUCTO

3.5.1 Diseño del Checking Fixture

El dispositivo de la figura 30 está basado en un arreglo de bloques con cortes en U (también llamados medias cañas) con los que primeramente se pretende inspeccionar la geometría de la pieza (dobles, ángulos y radios de doblez), en la ranura generada en cada bloque se tiene cierta holgura que contempla las tolerancias dimensionales para las condiciones máximas y mínimas permitidas para cada dimensión, la intención de esto es que al introducir la pieza en el arreglo de forma suave la pieza se considera buena y esto es comprobado en la CMM (Coordinate measuring machine) máquina de medición por coordenadas.

Por otro lado, tenemos en la parte central de la pieza un arreglo de pernos para registro de la posición y presencia de los punzonados. Para el otro caso en los extremos de las terminaciones de la pieza se realizó un arreglo con bloques con un corte en ángulo que sirve para registrar el largo de los extremos que con un gage (Pasa-No pasa) poder controlar la condición máxima y mínima. Para poder registrar el corte de las ventanas se pensó en un par de pernos que tienen en un extremo una geometría rectangular-cuadrada con un escalonamiento que registra las condiciones máxima y mínima de los cortes. Ya en su totalidad con el dispositivo podemos checar y comprobar las condiciones críticas de la pieza.

Para la comprobación de los estampados (planchados) en los extremos de la pieza, se diseñó un gage que checa entre cara y cara la dimensión máxima y mínima que requiere la pieza.

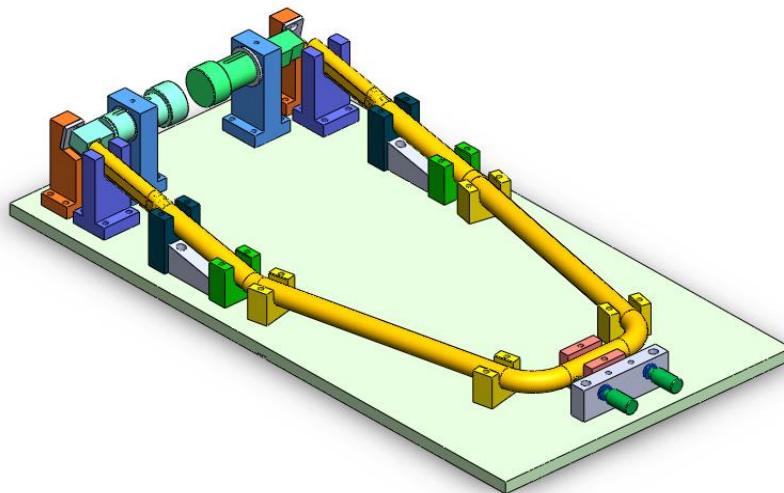


Figura 30 Checking Fixture "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

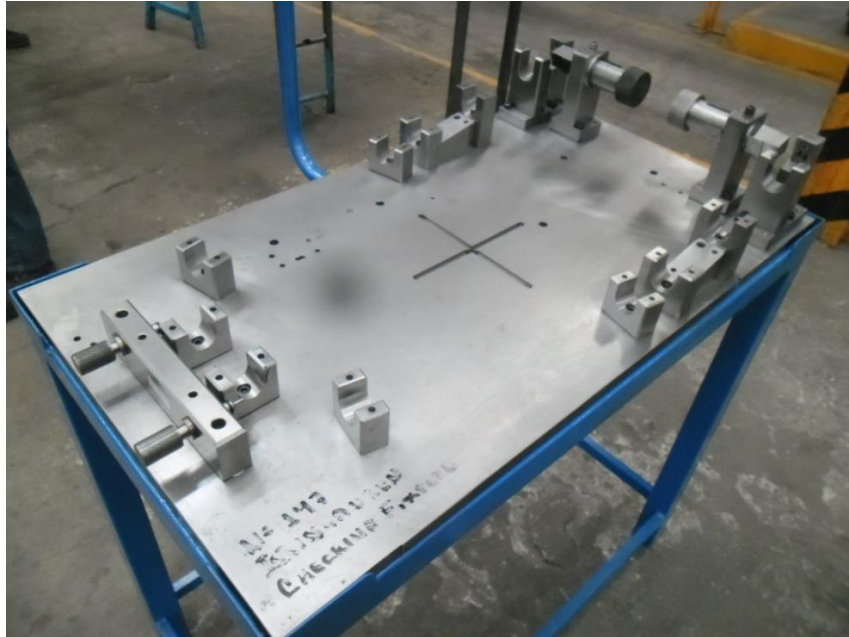


Figura 33 Checking Fixture terminado "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

CAPÍTULO 4: CORRIDA DE PRUEBA DE HERRAMENTALES Y DISPOSITIVOS DE VALIDACIÓN DE PRODUCTO

Consiste en realizar una corrida de prueba en donde se validan los herramentales y Checking Fixture de una cantidad representativa de piezas con la finalidad de ver cómo se comporta el proceso y en base a esto realizar los respectivos ajustes necesarios.

4.1 PRUEBA DEL HERRAMENTAL PARA LA DOBLADORA CNC

Corte del tubo

Para definir la longitud del tubo a cortar, se calcula de manera digital con el uso del CAD un desarrollo aproximado, consiste en generar un fibra neutra por toda la trayectoria del tubo (pieza) considerando todos los radios de doblez (longitudes de arco), aunque teóricamente este desarrollo debería corresponder con la pieza real esto no aplica debido a que en los puntos de doblez el material puede sufrir excesivo estiramiento (deformación) y no corresponde del todo con el desarrollo calculado, de hecho a este se le agrega aproximadamente 10 mm para el caso de que pase lo contrario (que quede corto), en este caso la longitud total obtenida fue de 1780 mm incluyendo el exceso para poder realizar el ajuste como se ve en la imagen de la figura 34.



Figura 34 Corte de tubo en tramos “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

Programa de coordenadas para maquina dobladora CNC

Una vez obtenido el desarrollo, se genera un programa de coordenadas para doblado de tubo en maquina dobladora CNC, este programa consiste en generar coordenadas en los puntos de inicio y de intersección entre los tramos rectos del tubo referenciados a un sistema de referencia orientado de tal manera que al introducir estas coordenadas a la maquina dobladora CNC no haya interferencia con la geometría de la maquina librando así cualquier punto de choque, para este caso tome uno de los extremos y establecí el punto de inicio y a su vez el sistema de referencia, designe a el primer tramo recto como coordenada en X y al plano que se obtiene de unir puntos entre los dos tramos rectos de los dos extremos como plano XZ y de ahí todos los puntos con sus respectivas coordenadas (x,y,z) como lo muestra la imagen de la figura 35.

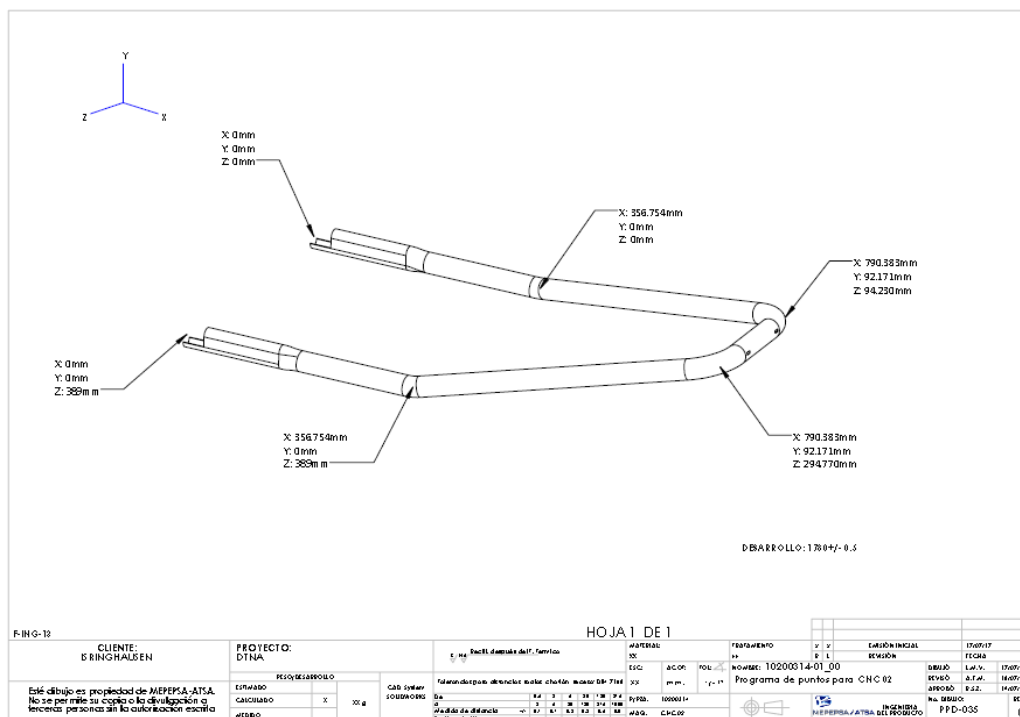


Figura 35 Programa de coordenadas para dobladora CNC "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

Herramental para dobladora de tubo CNC

En cuanto al herramental utilizado en el doblado del tubo en la imagen de la figura 36 se muestran los componentes y las direcciones en que están actuando para realizar el correcto doblado de la pieza, aunque estas herramientas fueron adquiridas de línea, comúnmente son diseñadas y fabricadas en planta según lo requiera la geometría de la pieza considerando el perfil del tubo (redondo, cuadrado, oblongo etc.) y radios de doblado correspondiente a cada pieza.

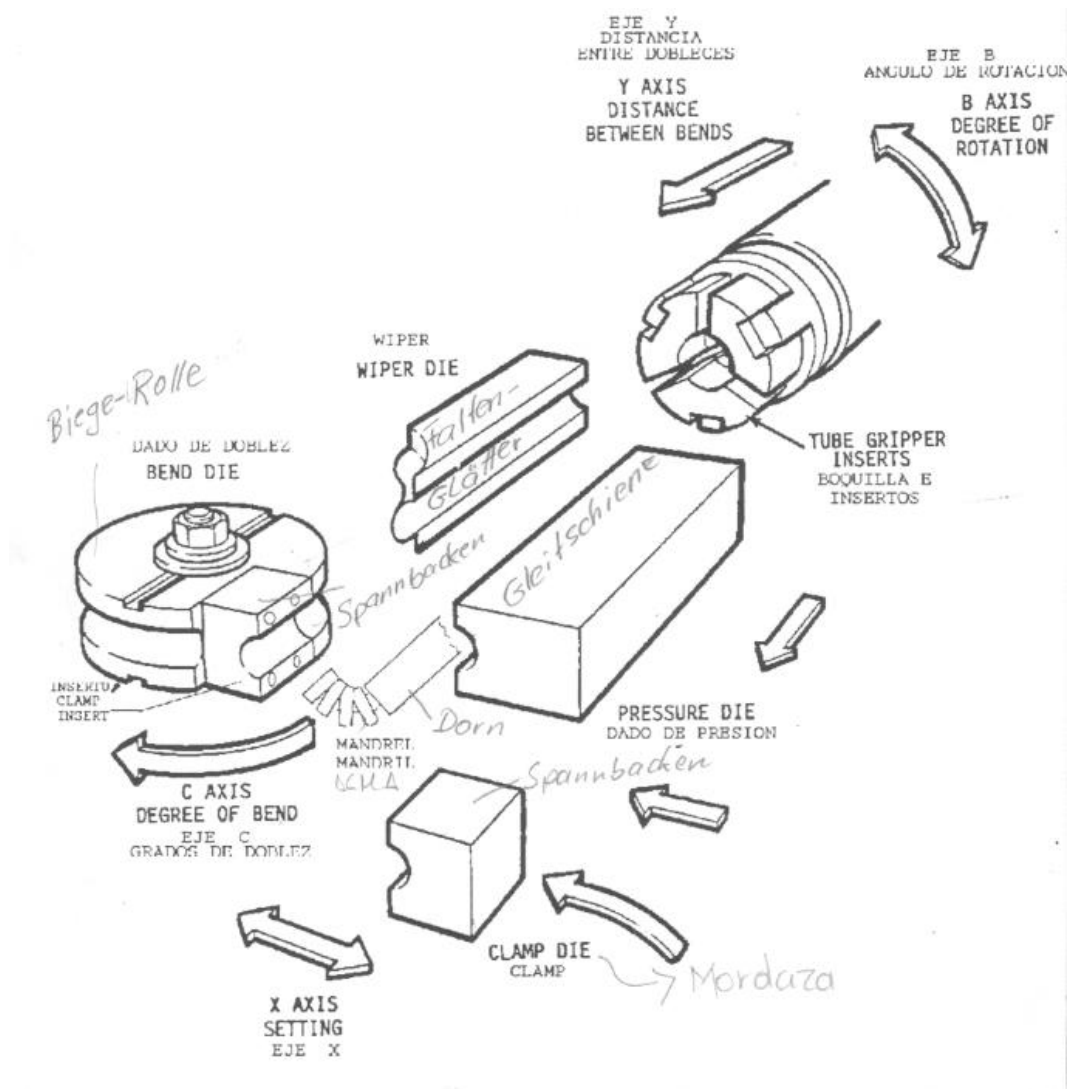


Figura 36 Herramental para dobladora de tubo CNC "Cortesía MEPEPSA/ATSA"

Una vez que se tiene el herramental de la dobladora se procede a realizar pruebas para el ajuste del desarrollo final, este se obtiene al introducir el programa de puntos (coordenadas) que se generó anteriormente y es nuestro punto de partida, aunque estos puntos teóricamente son exactos y corresponden al modelo matemático (CAD de la pieza) ya en la realidad resulta complicado que quede exacta debido a las deformaciones a la que es sometida la pieza cuando se realizan los dobleces considerando meter las dimensiones dentro de las tolerancias designadas y llevando la pieza a una aproximación lo más cercana al modelo matemático.

En la imagen de la figura 37 y figura 38 se muestra el proceso de doblez, se coloca la pieza recta en el collet o boquilla de sujeción antes de esto el mandril ya fue introducido y se procede a accionar la maquina la cual realizará los dobleces en la configuración y pasos designados por las coordenadas sucesivas, esta pieza se prueba en el Checking Fixture figura 39 el cual fue diseñado y que considera todas las tolerancias críticas de la pieza para poder controlar la geometría de esta, comúnmente este paso se realiza repetidamente hasta lograr el ajuste correcto y designar el desarrollo final real que se utilizara ya en producción.



Figura 37 Colocación del tubo en dobladora CNC "Cortesía MEPEPSA/ATSA".



Figura 38 Proceso de doblez "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

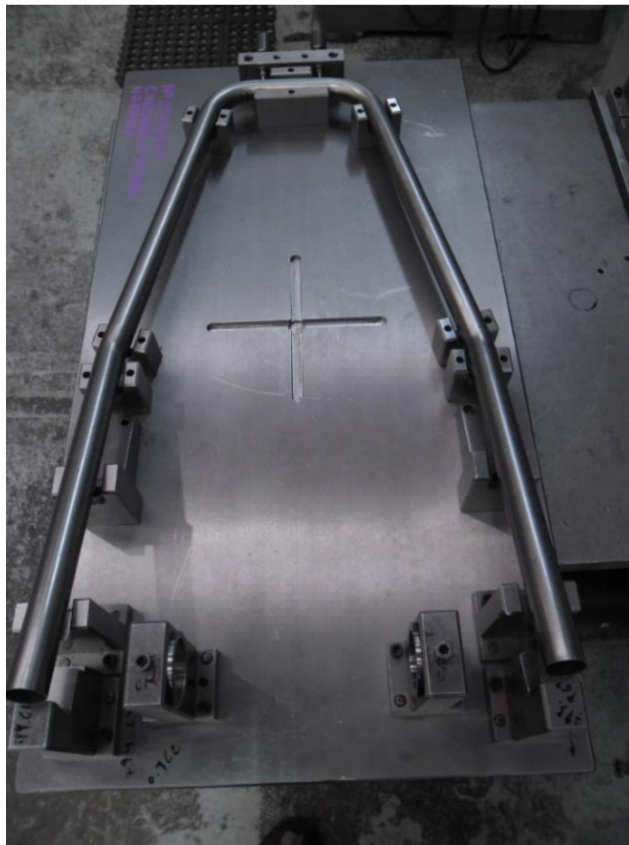


Figura 39 Comprobación de doblez y ajuste de desarrollo "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

4.2 PRUEBA DEL TROQUEL DE CORTE DE PUNTA

En la imagen de la figura 40 se muestra la pieza colocada en la posición correcta para realizar la primera operación de corte de extremos que nos permitirá en una operación subsecuente introducir los punzones cuando se realice el corte de ventanas.



Figura 40 Operación de corte de puntas "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

En la imagen de la figura 41 se muestra a detalle el primer corte, en esencia la profundidad del corte a lo largo del tubo nos indica ya la dimensión de corte de las ventanas, mientras que la dimensión del corte a lo largo del diámetro del tubo solo es un aproximado pues no afecta su variación.

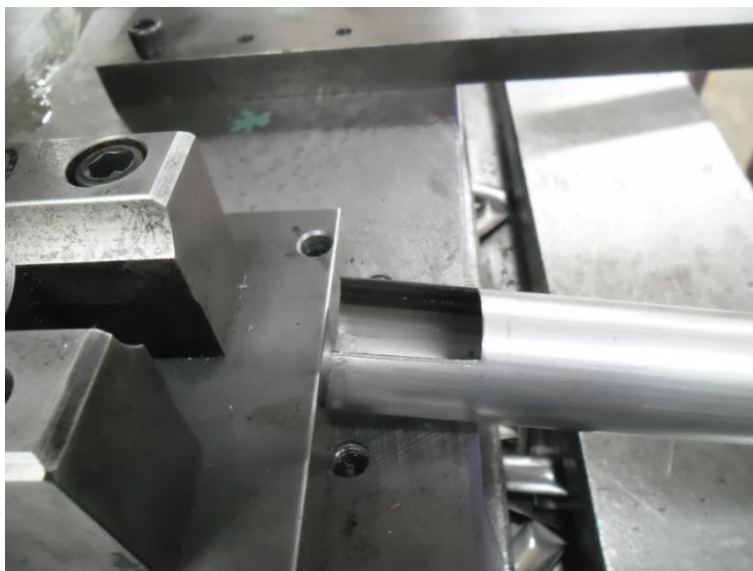


Figura 41 Corte realizado en los dos extremos del tubo "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

4.3 PRUEBA DEL TROQUEL DE ESTAMPADO (PLANCHADO)

En la imagen de la figura 42 podemos observar la posición correcta del tubo doblado previamente, se introducen los dos extremos en dos flechas (almas) que nos servirán de condición geométrica para lograr un estampado uniforme además de llevar a dimensión el ancho entre las caras.

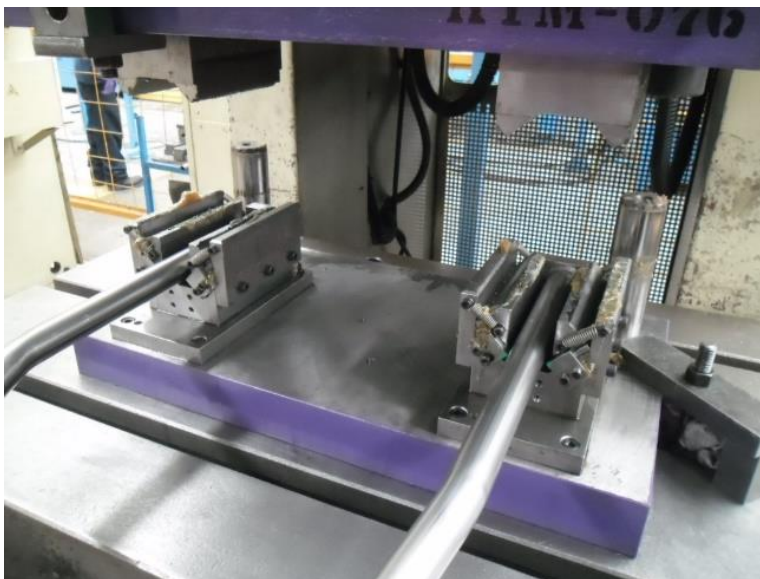


Figura 42 Operación de estampado (planchado) "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

En la siguiente imagen de la figura 43 se observa la operación de estampado en los dos extremos del tubo logrando así la geometría requerida con sus condiciones dimensionales especificadas en el plano.



Figura 43 Estampado de extremos del tubo "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

4.4 PRUEBA DEL TROQUEL DE CORTE DE VENTANAS

En la imagen de la figura 44 se muestra el troquel con sus respectivas estaciones en donde se introducen los extremos del tubo, se realizó un cambio en el sistema de pisadores ya que se tenía variación pues el tubo en ocasiones no llegaba a fondo de forma vertical.



Figura 44 Operación de corte de ventanas "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

En la imagen de la figura 45 se observa la geometría requerida según el plano, como se puede ver el corte salio limpio con apenas marcas visible por el corte.



Figura 45 Corte de ventanas "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

4.5 PRUEBA DEL TROQUEL DE PUNZONADO

En la imagen de la figura 46 se muestra el troquel de punzonado, en este caso solo se tiene una estación al centro y la pieza se colocará con los extremos hacia afuera pues se observan los apoyos con sus centradores de media caña.



Figura 46 Troquel de punzonado “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

La parte central de la pieza se colocará entre los bloques uno fijo y otro móvil (pisador) en donde al accionarse el mecanismo con empuje vertical realizará el punzonado como se muestra en la imagen de la figura 47.

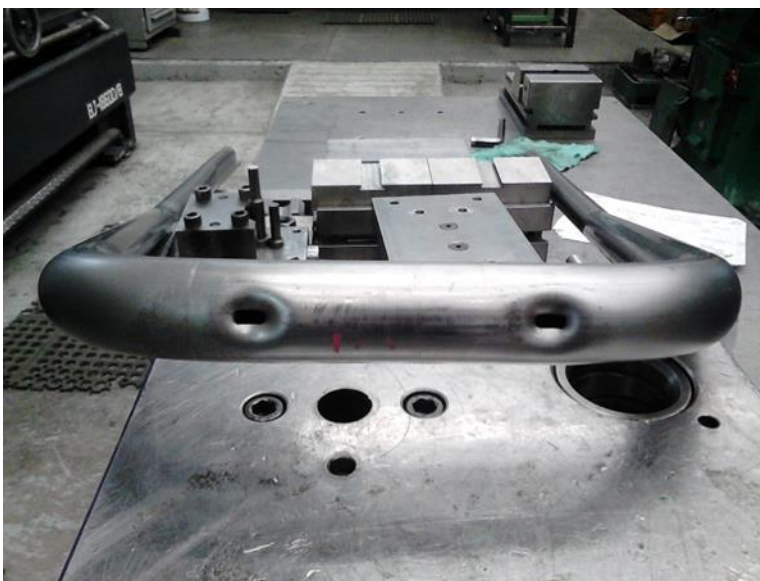


Figura 47 Operación de punzonado “Cortesía MEPEPSA/ATSA”.

4.6 PRUEBA DEL CHECKING FIXTURE

En las imágenes de la figura 48 y figura 49 se puede observar la comprobación de la geometría de la pieza tanto doblado, ángulos, radios, largo de extremos, punzonado y el corte de las ventanas.



Figura 48 Comprobación de geometría "Cortesía MEPEPSA/ATSA".



Fig.49 Comprobación de ventanas "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

En la imagen de la figura 50 se muestra la pieza en su totalidad checada con el dispositivo (Checking Fixture).



Figura 50 Pieza conformada en su totalidad "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

RESULTADOS

Una vez que se tiene el herramental se procedió a realizar una corrida de demostración de producción con la cual se evaluó y analizó todo el proceso. Primeramente, se realizó un análisis dimensional emitido por el laboratorio de metrología con las primeras 30 piezas para observar cómo se comportan todas las dimensiones y sus tolerancias esto con el fin de identificar las variaciones en el proceso de conformado.

Como podemos ver en las imágenes de la figura 51 y figura 52 identificamos que en las columnas con los valores de 45^{+0}_{-1} que corresponde a los radios de dobléz en la parte central de la pieza prácticamente todos están fuera de tolerancia, comúnmente estas variaciones se deben a el proceso de dobléz pues este depende de variables como la dureza del material, espesor del material, temperatura de la herramienta y ambiente, dimensiones de la herramienta, lubricación, impurezas en la superficie del tubo, mala colocación en máquina, y la misma variación de la maquina pues debido al tiempo de uso se debe ajustar cada que lo requiera, esto aplica también en la dimensión $444.9^{+0.5}_{-0.5}$ ya que igualmente es un punto de dobléz en el cual se genera un radio, para este caso la variación se dio de un solo lado de la pieza.

En la dimensión $103.4^{+0.5}_{-0.5}$ se da otro caso, esta condición corresponde a la distancia entre punzonados la cual se debe a que como la pieza se coloca en el troquel prácticamente ya con todas las operaciones realizadas, la pieza, aunque está dentro de tolerancias (máxima y mínima) ya lleva un acarreo de variaciones debido a su conformado y aunque el troquel tiene sus centradores se da que la pieza no queda completamente centrada en la estación de punzonado de ahí que se genera la variación.

En general podemos observar que la pieza es aceptable pues no existe variación en las dimensiones críticas de la pieza, los casos anteriores no son críticos, pues estas piezas fueron enviadas al cliente y evaluadas en su proceso de ensamble una vez realizado esto se recibe retroalimentación y su respectiva aprobación.

COTAS	NOMINAL	R 45 -1.0	R 45 -1.0	805.4 -2.0	805.4 -2.0	772.9 ± 1.0	772.9 ± 1.0	409 +4	389 +4	369	103.4 ± 0.5	32.5	32.5
		MIN	MAX	44°	44°	803.40	803.40	771.9	771.9	409	389	dimension	102.9
N° DE PIEZA		45°	45°	805.40	805.40	773.9	773.9	413	393	dimension	103.9	dimension	dimension
1		45.234	45.124	803.595	804.612	772.148	773.153	409.499	390.412	369.483	103.611	32.449	32.455
2		45.036	45.192	804.137	803.435	772.060	772.171	411.315	391.321	371.328	104.096	32.079	31.764
3		45.624	45.231	803.508	804.377	772.135	773.213	409.983	390.385	369.715	102.796	31.948	31.664
4		44.933	45.351	803.968	803.583	771.989	772.131	411.118	391.076	370.949	103.454	31.982	31.952
5		44.676	45.373	803.696	803.616	772.277	772.245	412.054	391.810	371.989	104.228	31.922	31.871
6		45.445	45.467	803.780	803.459	772.288	772.096	410.859	390.752	370.919	103.435	31.994	31.863
7		45.046	45.314	804.145	803.822	772.275	772.348	410.946	391.092	370.893	103.928	31.871	31.517
8		45.073	45.253	804.425	803.557	772.474	772.158	411.335	391.233	371.384	103.501	31.952	31.443
9		45.152	45.254	804.026	803.650	772.078	772.272	412.299	391.835	372.318	103.941	31.950	31.419
10		44.977	45.289	803.981	803.405	772.073	772.032	409.153	389.702	369.157	103.464	31.910	31.415
11		45.123	45.314	804.109	803.432	772.232	771.962	409.545	390.036	369.578	103.545	31.879	31.514
12		45.113	45.314	804.268	803.741	772.125	772.036	411.489	391.251	371.425	103.436	31.875	31.479
13		45.060	45.244	804.097	803.562	772.183	772.149	412.384	391.913	372.354	103.815	31.917	31.456
14		45.211	45.255	804.034	803.589	772.130	772.270	411.087	391.054	371.097	103.300	31.907	31.361
15		45.193	45.214	803.833	803.559	772.356	772.182	411.336	391.449	371.366	103.879	31.479	31.420
16		45.221	45.224	804.162	803.795	772.245	772.349	411.550	391.557	371.544	103.932	31.919	31.489
17		45.232	45.153	804.066	803.437	772.164	772.059	412.813	392.204	372.743	103.942	31.904	31.420
18		45.232	45.211	803.718	803.830	772.151	771.983	412.621	392.190	372.508	103.915	31.569	31.391
19		45.251	45.244	804.079	803.477	772.136	772.046	412.002	391.791	372.042	103.865	31.946	31.474
20		45.212	45.344	804.250	804.667	772.333	772.242	411.952	391.773	371.954	103.771	31.920	31.489
21		45.051	45.124	803.914	803.769	772.155	772.306	409.002	389.869	369.069	103.815	31.761	31.507
22		45.135	45.236	804.202	803.643	772.270	772.177	410.154	390.436	370.170	103.347	31.934	31.509
23		44.954	45.315	803.685	803.788	772.028	772.363	410.471	390.618	370.457	103.610	31.659	31.467
24		45.145	45.323	803.568	803.842	772.137	772.397	411.244	391.136	371.190	103.474	31.934	31.487
25		45.232	45.345	804.024	803.627	772.066	772.160	412.914	392.317	372.936	103.725	31.961	31.511
26		45.132	40.451	803.773	803.850	772.347	772.384	409.747	390.177	369.716	103.221	31.928	31.508
27		45.131	45.313	803.800	803.568	772.320	772.117	412.431	391.874	372.394	103.855	31.983	31.492
28		45.412	45.413	804.273	803.807	772.201	771.966	409.721	389.555	369.736	103.306	32.075	31.383
29		45.243	45.222	803.905	803.511	772.339	772.152	411.246	391.269	371.306	103.935	32.069	31.402
30		45.285	45.328	804.128	803.933	771.896	772.354	410.638	390.469	370.675	103.468	31.986	31.469

Figura 51 Análisis dimensional "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

COTAS	NOMINAL	419	791.83 ± 0.8	791.83 ± 0.8	225 ± 0.5	444.9 ± 0.5	444.9 ± 0.5	5.0 ± 0.2	12° ± 0.5°	12° ± 0.5°	12° ± 0.5°	12° ± 0.5°	Ø 30 ± 0.2
		MIN	dimension	791.03	791.03	224.5	444.4	444.4	4.8	11.5°	11.5°	11.5°	11.5°
N° DE PIEZA		auxiliar	792.63	792.63	225.5	445.4	445.4	5.2	12.5°	12.5°	12.5°	12.5°	30.2
1		419.536	791.058	791.462	224.888	444.569	44.146	4.898	12.035	12.035	12.109	12.139	30.025
2		421.358	791.148	789.970	225.202	444.854	444.509	4.823	12.057	12.057	12.084	12.011	30.019
3		419.836	791.115	791.592	224.606	444.970	443.671	4.937	12.071	12.071	12.118	11.970	30.042
4		420.894	791.127	791.079	224.487	444.443	444.291	4.960	12.090	12.090	12.034	11.997	30.016
5		421.068	791.143	791.097	224.970	444.220	444.411	4.924	12.099	12.099	11.942	11.879	30.021
6		420.825	791.164	79.041	224.641	445.033	444.549	4.894	12.046	12.047	12.018	11.950	30.026
7		419.826	791.342	791.098	225.083	444.768	444.531	4.934	12.058	12.058	11.911	11.950	30.011
8		420.863	791.564	791.140	224.573	444.458	444.335	4.881	12.087	12.087	12.019	11.979	30.029
9		421.657	791.038	791.037	224.987	444.454	444.472	4.956	12.094	12.094	12.001	11.962	30.019
10		419.346	791.185	791.071	224.562	444.752	444.204	4.892	12.012	12.012	12.092	11.873	30.028
11		419.227	791.127	791.057	224.883	444.626	444.423	4.886	12.023	12.023	12.171	12.214	30.024
12		421.568	791.149	791.066	224.667	444.651	444.57	4.983	12.083	12.083	11.993	12.000	30.019
13		422.532	791.176	791.089	224.895	444.503	444.263	4.997	12.107	12.107	11.947	11.960	30.010
14		421.084	791.176	791.036	224.341	444.631	443.826	4.936	12.100	12.100	12.104	11.997	30.026
15		421.427	791.684	71.083	225.048	444.833	444.338	4.971	12.086	12.086	11.803	11.882	30.019
16		420.986	791.120	791.061	224.876	444.620	444.456	4.867	12.080	12.080	11.973	12.011	30.028
17		421.984	791.106	791.83	225.000	444.494	444.224	4.957	12.125	12.125	11.965	11.983	30.022
18		422.321	791.198	791.065	225.325	444.674	444.409	4.928	12.114	12.114	11.878	11.87	30.031
19		421.973	791.093	791.084	224.857	444.781	444.607	4.993	12.102	12.102	11.937	11.896	30.024
20		420.967	791.140	791.044	224.968	444.740	444.546	4.896	12.087	12.087	11.995	11.910	30.015
21		419.328	791.152	791.184	224.979	444.624	443.982	4.872	12.036	12.036	12.246	12.257	30.024
22		420.236	791.089	791.072	224.562	444.565	444.092	4.927	12.061	12.061	12.038	11.900	30.018
23		420.733	791.052	791.056	224.492	444.854	444.647	4.985	12.042	12.042	11.983	11.945	30.032
24		420.137	791.0411	791.102	224.668	444.640	444.311	4.865	12.086	12.086	11.959	11.917	30.019
25		422.637	791.032	791.033	224.915	444.683	444.374	4.844	12.117	12.117	11.998	11.942	30.026
26		419.651	791.059	791.068	224.663	444.683	443.809	4.883	12.061	12.061	12.104	12.056	30.017
27		421.633	791.063	791.065	224.863	444.520	444.250	4.952	12.100	12.100	12.051	12.053	30.015
28		419.226	791.172	791.036	224.766	444.971	444.097	4.990	12.008	12.008	12.191	12.088	30.025
29		421.367	791.145	791.062	224.838	444.549	444.563	4.973	12.066	12.066	11.940	11.908	30.022
30		420.611	791.138	791.087	224.736	444.635	444.581	4.869	12.037	12.037	11.988	11.963	30.011

Figura 52 Análisis dimensional "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

En la gráfica de la figura 53 se muestra un resumen general de la evaluación del proceso, en donde podemos observar datos tales como numero de parte, nombre de la parte, volumen anual requerido, el nivel de ingeniería, días por semana de trabajo, número de líneas de producción, numero de herramientas y fixtures, así como horas de la corrida, piezas por hora, piezas por día, días necesarios por año y la capacidad requerida.

PROGRAM:	Narrow		DATE:	2017-09-26	
SUPPLIER NAME:	CMA AUTOMOTIVE SA de CV		LOCATION CITY/STATE:	Ciudad de Mexico (Xochimilco)	
PART NUMBER(S):	10200314-01/100		DESCRIPTION:	Tubular Frame	
QUOTED ANNUAL VOLUME RATE (LCR):	15,000		MCR (+ 15%)		
ENGINEERING CHANGE LEVEL:	F (00)		DATE OF ENGINEERING CHANGE:	2014-02-13	
ESTIMATED PROGRAM PRODUCTION LENGTH (Yea	4 years				
QUOTED SUPPLIER WORK PATTERN:	# DAYS PER WEEK:	5	# OF SHIFTS	1	7.5
PRODUCTION PROCESS:	COMPACTING				
NO. OF QUOTED OPERATORS FOR PROCESS:	4		NO. OF PRODUCTION LINES:	1	
SHARED PRODUCTION LINE:	Yes <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	NO. OF PRODUCTION TOOLS:	5	
MULTI-PRODUCTION PROCESS:	Yes <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	NO. OF CAVITIES PER TOOL:	-	
			NO. OF FIXTURES:	1	
NOTE: ALL PRODUCTION NUMBERS BELOW ARE BASED ON THE QUOTED SUPPLIER WORK PATTERN					
DEMONSTRATION RUN GOAL			DEMONSTRATION RUN RESULTS		
HOURS TO RUN	7.5		PLANNED RUN TIME (Scheduled-Planned Downtime)	7.500	
NO. OF SHIFTS TO RUN	1		PLANNED DOWNTIME (Breaks, PM, etc.)		
QUOTED PARTS PER HOUR	65.0		APPROVED PARTS PER HOUR	0.00	
QUOTED PARTS PER SHIFT	488		APPROVED PARTS PER SHIFT	0.00	
QUOTED PARTS PER DAY (QPDR)	975		APPROVED PARTS PER DAY	0.00	
PLANNED DOWNTIME (Breaks, PM, etc.)			UNPLANNED DOWNTIME (HRS)		
DAYS/YEAR (LEAR CONSTANT)	230		UPTIME PERCENTAGE	100.00%	
1ST TIME CAPABILITY (95% REQUIRED)	97.00%		UPTIME PERCENTAGE (90% REQUIRED).	90.00%	

Figura 53 Análisis dimensional "Cortesía MEPEPSA/ATSA".

CONCLUSIONES

El diseño de herramental es un proceso que puede llegar a ser complejo, es una tarea que involucra conocimientos muy específicos como dibujo técnico, diseño mecánico, materiales de ingeniería, procesos de manufactura, máquinas y herramientas, y hasta cierto punto la suficiente experiencia adquirida para poder desarrollar todo un proceso de manufactura.

Tal es el caso, ya que comúnmente nuestra formación como ingeniero suele ser teórica, no obstante, una buena fundamentación teórica nos permite una mejor asimilación de cualquier tipo de actividad referente a nuestra índole de trabajo de ingeniería.

Este proyecto involucra el uso de tecnologías modernas como CAD CAM (diseño y manufactura asistido por computadora), lo que permitió un desarrollo más óptimo del proceso en cuanto a tiempo de diseño y manufactura, todo esto va de la mano con la experiencia y las buenas prácticas del equipo de trabajo en el taller de herramientas.

El proyecto tiene un antecedente, tiempo en el cual una mala solución al problema no permitió la introducción del producto. Una vez ya teniendo el cargo de ingeniero de diseño me vi a la tarea de tomar en cuenta los errores cometidos para posteriormente buscar e idear una mejor solución al problema de diseño y desarrollo del proceso, y aun así surgieron varios problemas que se fueron resolviendo durante el desarrollo del proyecto.

Al simplificar los mecanismos para realizar cada una de las operaciones de conformado se logró llegar a un proceso mucho más robusto, el cual implica la reducción de tiempo-máquina, menor cantidad de prensas (línea de producción más compacta), menos herramientas y en esencia un proceso que nos diera la capacidad requerida que el cliente exigía para que el proyecto fuera aprobado y liberado.

El herramental fue pensado para que, por cada troquel con dos estaciones de trabajo, se realizaran en los dos extremos de la pieza las operaciones de conformado al mismo tiempo siendo esto una gran ventaja, además de que el montaje de las estaciones, cambio de matrices y punzones fuese lo más práctico posible tanto para el ajuste de la misma herramienta como para su mantenimiento.

En la corrida de prueba que se realizó obtuvimos los resultados esperados pues independientemente de las variaciones que tuvo el proceso en algunas dimensiones, este en general cumple con todas las condiciones críticas que el cliente exigía para su aprobación.

Este trabajo es un claro ejemplo que con una buena fundamentación teórica de ingeniería y las buenas prácticas, es posible el diseño y desarrollo de productos y procesos independientemente de la complejidad del problema a resolver.

Hemos de tomar en cuenta que la formación académica impartida en la Facultad de Ingeniería es de primer nivel, creo a mi parecer e independientemente que se tenga una visión con más énfasis a la investigación y desarrollo científico, no está demás que, y por las condiciones que el país presenta, se diera o impartiera más conocimiento práctico sin dejar de lado la parte teórica, esto con el fin de poder adaptarnos más fácil a el ámbito laboral que no siempre o necesariamente corresponde a el área de especialización de la cual idóneamente pensamos que ejerceremos ya que desafortunadamente no todos tienen la suerte de laborar en un empleo para lo cual fuimos formados, esto resulta complicado pues comúnmente necesitamos en muchas ocasiones tener el conocimiento o las destrezas para poder ejercer un trabajo que no siempre suele corresponder con lo que nos enseñaron en la escuela.

Un detalle muy importante es la definición de las áreas de especialización ya que durante mi estancia en la Facultad éstas no estaban definidas del todo ya que teníamos la oportunidad de tomar materias prácticamente de cualquier área de especialización, lo cual a mí me genero un conocimiento más vago y no tan profundo que en ocasiones me genero dificultades al resolver problemas por desconocimiento, siendo que el problema estaba en el grado de especialización más que en la incapacidad de solución de problemas.

BIBLIOGRAFÍA

Groover Mikell P. (2007), *Fundamentos de Manufactura Moderna (3ª Ed.)*, McGraw-Hill/Interamericana.

Gómez González S. (2008), *El gran libro de SolidWorks*, España, Marcombo Ediciones Técnicas.

Paquin J. R. (1967), *Diseño de Matrices*, España, Montaner y Simón Editores.

ASME Y14.5M-1994 (1995), *Dimensionado y Tolerado*, The American of Mechanical Engineers.

Chrysler Corporation, Ford Motor Company y General Motors Corporation (2008), *Planeaciones Avanzadas de Calidad de los Productos (APQP) y Planes de Control*, Manual de Referencia (2ª Ed.), AIAG.

Saucedo L., García J., *Tolerancias y Ajustes*, Manual del Participante, TERNIUM.