



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Experiencia como ingeniero de
diseño en un taller de maquinados
industriales**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero mecánico

P R E S E N T A

Ricardo Ramírez Domínguez

ASESOR DE INFORME

Dr. Leopoldo Adrián González González



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023

Agradecimientos

A mis padres y hermanos por siempre brindarme su apoyo incondicional y por estar conmigo durante este proceso.

A la UNAM y a la Facultad de ingeniería por brindarme un espacio lleno de cultura y a mis profesores que durante tantos años compartieron conmigo su conocimiento y experiencia.

A mis asesores, el Dr. Leopoldo Adrián González González y al M. I. Carlos Eduardo Hernández Valle por su apoyo en el desarrollo de este reporte y en especial porque sus clases me dieron las herramientas que me han permitido participar en diversos proyectos de diseño durante mi carrera profesional.

Al M. Víctor Hugo García Sandoval por haberme dado la oportunidad de pertenecer a Grupo Industrial Smine, donde tuve la oportunidad de aprender y trabajar rodeado de personas que cuentan con amplia experiencia y un gran sentido de profesionalismo.

Índice

1	Objetivo.....	1
2	Introducción	1
3	Descripción de la empresa GIS SA de CV	1
3.1	Historia.....	1
3.2	Misión	2
3.3	Visión	2
3.4	Organigrama.....	2
4	Descripción del puesto de trabajo y funciones desempeñadas.....	3
5	Antecedentes	4
5.1	Procesos de mecanizado que se realizan en GIS.....	4
5.1.1	Mecanizado Convencional y CNC.....	4
5.1.2	Mecanizado por electroerosión.....	5
5.1.3	Rectificado.....	7
5.2	Tratamientos térmicos	8
5.2.1	Templado.....	8
5.2.2	Nitruración	8
5.2.3	Cementado.....	9
5.2.4	Revenido.....	9
5.3	Instrumentos de medición.....	9
5.3.1	Calibrador.....	10
5.3.2	Micrómetro.....	11
5.3.3	Goniómetro.....	12
5.3.4	Indicador.....	13
5.3.5	Calibres de radio y roscas	14
5.4	Tolerancias	15
5.4.1	Tolerancia dimensional.....	15
5.4.2	Tolerancias geométricas	21
5.5	Proceso de diseño	24
5.5.1	Detección de la necesidad.....	25
5.5.2	Búsqueda de información	25
5.5.3	Requerimientos.....	25
5.5.4	Diseño conceptual	26

5.5.5	Materialización de conceptos.....	33
5.5.6	Diseño de detalle.	34
5.5.7	Ingeniería inversa	34
6	Participación Profesional.....	34
6.1	Sistema de tracción para etiquetadora (proyecto de ingeniería inversa)	34
6.1.1	Objetivo.....	34
6.1.2	Alcance del proyecto	34
6.1.3	Metodología Empleada.....	35
6.1.4	Producto terminado.....	53
6.2	Diseño de un escantillón.....	54
6.2.1	Objetivo.....	54
6.2.2	Alcance del proyecto.	54
6.2.3	Metodología.....	54
7	Recomendaciones para la mejora continua.....	68
8	Conclusiones	69

Lista de figuras

Fig. 3.1 Organigrama GIS SA de CV.....	1
Fig. 5.1 Fresadora convencional.....	4
Fig. 5.2 Centro de maquinado CNC.....	5
Fig. 5.3 a) Inserto para molde de inyección fabricado mediante erosión por penetración. b) Electrodo.....	6
Fig. 5.4 Matrices para troquel fabricadas mediante electroerosión con hilo.....	6
Fig. 5.5 Esquema del proceso de electro erosionado. (Groover, 2010).....	7
Fig. 5.6 Rectificadora plana.....	8
Fig. 5.7 Calibrador digital.....	10
Fig. 5.8 Partes de un calibrador analógico.....	10
Fig. 5.9 Partes de un micrómetro de exteriores. (Escamilla Esquivel, 2014).....	11
Fig. 5.10 Escala vertical.....	12
Fig. 5.11 Partes principales de un goniómetro.....	12
Fig. 5.12 Forma de colocar una pieza en el goniómetro. (Universidad Politécnica de Valencia, 2017).....	12
Fig. 5.13 Partes de un indicador. (Arhcansa, 2021).....	13
Fig. 5.14 Uso del indicador. (Metrology school, 2020).....	13
Fig. 5.15 Calibre de Roscas.....	14
Fig. 5.16 Uso del calibre de roscas.....	14
Fig. 5.17 Calibres para radios.....	14
Fig. 5.18 Tolerancia unilateral. (ASME, 2009).....	15
Fig. 5.19 Ejemplos de tolerancia bilateral. (ASME, 2009).....	15
Fig. 5.20 Nomenclatura para especificar tolerancia en sistema ISO.....	16
Fig. 5.21 Grado de calidad según el método de manufactura. (ANSI, 2004).....	17
Fig. 5.22 Grado de calidad según aplicación. (ANSI, 2004).....	17
Fig. 5.23 Tolerancia en milímetros según el diámetro y grado de tolerancia (ANSI, 2004).....	17
Fig. 5.24 Ajuste utilizando el sistema de agujero base.....	18
Fig. 5.25 Posición de la zona de tolerancia para agujeros. (ANSI, 2004).....	18
Fig. 5.26 Posición de la zona de tolerancia para ejes. (ANSI, 2004,).....	19
Fig. 5.27 Diámetros preferentes en milímetros. (ANSI, 2004).....	19
Fig. 5.28 Tabla de ajustes preferentes. (Oberger et al., 2012).....	20
Fig. 5.29 Ajustes recomendados tomando agujero como base. (Casillas, 2008).....	20
Fig. 5.30 Ajustes recomendados tomando eje como base. (Casillas, 2008).....	21
Fig. 5.31 a) Ajuste notación ISO. b) Ajuste en términos de tolerancia.....	21

Fig. 5.32 Marco de control de características.	22
Fig. 5.33 Ejemplo de datum.	22
Fig. 5.34 Símbolo de Cilindricidad.	23
Fig. 5.35 Símbolos establecidos en la norma ASME Y 14.5 1995(R 2009) para representar características. (ASME, 2009).....	23
Fig. 5.36 Símbolos de Modificadores. (ASME, 2009)	23
Fig. 5.37 Diagrama de flujo que explica el proceso de diseño.....	25
Fig. 5.38 Ejemplo de estructura funcional para una tortilladora.	27
Fig. 5.39 Soluciones propuestas para la estructura funcional de una máquina tortilladora.	28
Fig. 5.40 Tabla de selección.	29
Fig. 5.41 Matriz morfológica con las combinaciones de las soluciones propuestas.....	30
Fig. 5.42 Ejemplo de matriz de comparación por pares para evaluar el requerimiento más importante.	30
Fig. 5.43 Ejemplo de matriz de decisión.	32
Fig. 6.1 Metodología utilizada para el proceso de ingeniería inversa	35
Fig. 6.2 Estructura funcional del sistema de tracción.	36
Fig. 6.3 Sistema de transmisión.....	37
Fig. 6.4 Sistema de cierre.	37
Fig. 6.5 Módulo de sujeción.	38
Fig. 6.6 Componentes estructura principal.	38
Fig. 6.7 Barrenos para paso de tornillos de montaje en base y soporte trasero..	39
Fig. 6.8 Fotos para el levantamiento del sistema de tracción para maquina etiquetadora	40
Fig. 6.9 Bosquejos del sistema de tracción.....	41
Fig. 6.10 Estructura principal.	44
Fig. 6.11 Sistema de Transmisión	44
Fig. 6.12 Sistema de cierre	44
Fig. 6.13 Guía superior.....	45
Fig. 6.14 Modelo 3D sistema de tracción.	45
Fig. 6.15 Plano de fabricación de la base del sistema de tracción para etiquetadora.	47
Fig. 6.16 Plano de fabricación del soporte para baleros para el sistema de tracción para etiquetadora.	49
Fig. 6.17 Engranaje del sistema de tracción	50
Fig. 6.18 Plano auxiliar para el corte y doblado del componente principal de la guía superior.	51
Fig. 6.19 Ensamble y lista de materiales.	52
Fig. 6.20 Sistema de tracción terminado.	53

Fig. 6.21 Plano de fabricacion del striker braket.	54
Fig. 6.22 Propuestas para el diseño de los datums B y C.....	55
Fig. 6.23 Atascamiento de la pieza con el datum	56
Fig. 6.24 Matriz de comparación por pares.	56
Fig. 6.25 Matriz de decisión.	56
Fig. 6.26 Detalle de la ranura del striker braket.....	57
Fig. 6.27 a) Mínima cantidad de material permitida por la tolerancia. b) Máxima cantidad de material permitida por la tolerancia. Las líneas en color azul representan la medida nominal	57
Fig. 6.28 Calibre pasa-no pasa.	58
Fig. 6.29 Ensamble de pasa-no pasa en la ranura.	58
Fig. 6.30 Característica datum A en color azul, característica datum B en color rojo y datum C en color amarillo.	59
Fig. 6.31 Modelado de bloque de principal para dispositivo de medición.	59
Fig. 6.32 Placa para control de perfil de línea (vista de sección).	60
Fig. 6.33 Verificación de perfil de forma.	60
Fig. 6.34 Posibilidades permitidas por la tolerancia establecida para la ranura.	61
Fig. 6.35 Perno para verificación de posición de la ranura.	61
Fig. 6.36 Proceso para verificar la posición de la ranura.	62
Fig. 6.37 Fragmento de plano de striker braket.	62
Fig. 6.38 Efecto del modificador de máxima condición del material en la tolerancia.	63
Fig. 6.39 Calibre de posición para verificar la ubicación del datum C respecto al datum B.	63
Fig. 6.40 Striker braket montado en el calibre de posición.....	64
Fig. 6.41 Ensamble del dispositivo.....	65
Fig. 6.42 Plano del componente para verificar posición de datums B y C.....	66
Fig. 6.43 Lista de materiales del escantillón.....	67
Fig. 6.44 Brazo de medición. (Hexagon 2021).	68

1 Objetivo

Presentar una descripción de las actividades realizadas como trabajo profesional en un taller de maquinados industriales.

2 Introducción

Este reporte contiene información acerca de las actividades que desempeñé como ingeniero de diseño en la empresa Grupo Industrial Smine S.A. de C.V (GIS) la cual se encuentra ubicada en el municipio de Tultitlán, Estado de México.

Las asignaturas de ciencias básicas y las que corresponden a la carrera de ingeniería mecánica tales como dibujo mecánico e industrial, diseño y manufactura asistido por computadora, ingeniería de diseño, diseño de elementos de máquina y metalurgia física me brindaron las herramientas para insertarme en el área de metalmecánica. Durante mi estancia en GIS he podido aplicar principalmente conocimientos de dibujo mecánico e industrial y diseño asistido por computadora para el diseño mecánico en un programa CAD de componentes o dispositivos que involucran sistemas mecánicos, neumáticos o electromecánicos. Es de resaltar que el seguimiento y cumplimiento de normas más la habilidad de investigar que nos fomentan algunos profesores, me han permitido complementar los conocimientos como ingeniero mecánico obtenidos durante mi preparación académica, así mismo los conocimientos técnicos adquiridos en los primeros meses de mi incorporación en Grupo Industrial Smine permitieron aprender algunos detalles técnicos propios de mi posición como diseñador que mi participación en la empresa sea más profesional. De ahí, la importancia de esta modalidad de titulación, ya que para una o un estudiante que lea este informe le resultará muy enriquecedor en su formación, pues será un antecedente de en qué temas se debería de preparar en caso de tener el interés de trabajar en una empresa y puesto similar al que me encuentro.

3 Descripción de la empresa GIS SA de CV

3.1 Historia

Grupo Industrial Smine S.A de C.V. es una pequeña empresa en crecimiento cuenta con más de 20 años de experiencia en el área del mantenimiento industrial. Ofrece servicios tales como maquinados de precisión mediante torneado y fresado ya sea convencional o CNC, maquinado por electroerosión, doblado de lámina, corte láser, soldadura (TIG, MIG y láser) y consultoría en proyectos de ingeniería. Dentro de los principales clientes de la empresa se encuentra GEEP que se dedica a la producción de bebidas, Gill Industries que se dedica a la producción de componentes para la industria automotriz y Mholland que se dedica a la distribución de resinas termoplásticas. El área principal de la empresa son los maquinados industriales y cuenta con la capacidad de fabricar desde flechas o engranes hasta componentes que requieren alta precisión en sus medidas finales como es el caso de matrices para troquel y escantillones para la industria automotriz.

3.2 Misión

“Encargarnos desde el diseño de tu prototipo hasta la producción completa de todas tus piezas”.

3.3 Visión

“Convertirse en el principal proveedor de maquinados de precisión para empresas a nivel nacional”.

3.4 Organigrama

En la figura 3.1 se representa cómo está organizada la empresa GIS

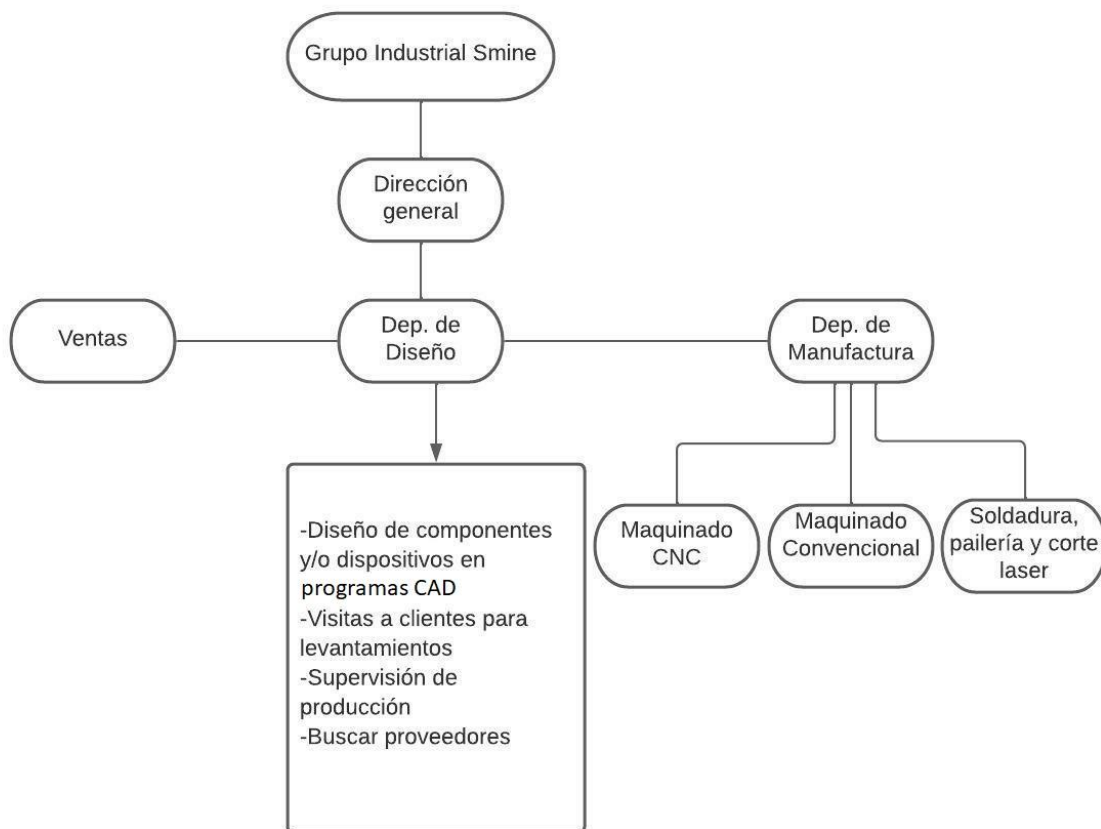


Fig. 3.1 Organigrama GIS SA de CV

4 Descripción del puesto de trabajo y funciones desempeñadas.

Las principales actividades que realicé durante mi estancia en GIS son:

- Ingeniería inversa de componentes y/o dispositivos pertenecientes a maquinaria industrial. Para ello se llevaba a cabo una reunión con el cliente, la cual tenía la finalidad de recopilar la información necesaria. En estas visitas se realizaba un levantamiento de datos, los cuales incluían medidas y bosquejos hechos a mano de los componentes, registros fotográficos y notas de los comentarios u observaciones del cliente. Durante el levantamiento principalmente se registran dimensiones, función del componente o dispositivo y material. A partir de los datos obtenidos se hace un análisis para generar el modelo 3d y los planos para fabricación. Para llevar a cabo esta actividad apliqué directamente algunas técnicas vistas en el laboratorio de Ingeniería de Diseño.
- Rediseño de componentes o dispositivos para mejorar el funcionamiento o corregir fallas. En este proceso se emplean varios pasos o etapas de metodologías de diseño, tales como la generación de alternativas de solución, realización de la memoria de cálculo y la utilización de programas CAD-CAM para el modelado de piezas, ensambles y la planificación de la manufactura.
- Diseño de nuevos dispositivos o componentes desde cero, es decir, solo se cuenta con información, ideas, el o los objetivos y los requerimientos obtenidos mediante reuniones con el cliente.
- Mejoramiento de la base de datos de la empresa. Haciendo una revisión constante de los proyectos anteriores de la empresa para corregir o agregar información.
- Supervisión del proceso de manufactura. Durante el desarrollo de cada proyecto se mantiene constante comunicación con los operadores o técnicos encargados de la fabricación del proyecto. Primero, se hace una revisión de los planos con el objetivo de aclarar dudas y corroborar que la información este completa y así evitar problemas durante la manufactura. Después, se hace una revisión de la lista de materiales para verificar que se hayan solicitado y posteriormente recibido los componentes correctos. Durante el proceso de producción constantemente proporciono apoyo a los operadores con la interpretación de los planos y en ocasiones los operadores detectan una mejor forma de fabricar la pieza, por lo que me solicitan medidas complementarias que les facilite realizar los desplazamientos necesarios. Por último, soy el responsable de verificar que el componente esté fabricado de acuerdo al plano, es decir, que tenga todas las características y que las dimensiones se encuentren dentro de las tolerancias establecidas. Si el proyecto se trata de un dispositivo, entonces superviso el proceso de ensamblaje para corroborar que todos los componentes sean colocados correctamente y que el dispositivo sea funcional.
- Búsqueda de nuevos proveedores. En los proyectos es necesario utilizar componentes de proveedores externos; parte de mi trabajo es proporcionar información de dichos proveedores para facilitar el proceso de surtir la lista de materiales. Esto es especialmente importante en proyectos con clientes nuevos ya que en ocasiones sus solicitudes involucran incluir nuevos materiales, componentes o incluso nuevos procesos en los métodos de manufactura.

5 Antecedentes

5.1 Procesos de mecanizado que se realizan en GIS

5.1.1 Mecanizado Convencional y CNC

El mecanizado es cualquier proceso en el que se da forma a un componente mediante la eliminación de material, la remoción de material se lleva a cabo principalmente mediante una operación de arrancado de viruta, para el cual se utilizan diferentes tipos de herramientas de corte en un torno o fresadora como la de la figura 5.1, también se puede eliminar material por abrasión, al método de eliminación de material por abrasión también se le conoce como rectificado o afilado. En el proceso de mecanizado la geometría final debe ser contenida por la geometría del tocho. Las dimensiones del material deben ser tales que permitan una apropiada sujeción en la maquinaria que será utilizada. El material eliminado va desde un pequeño porcentaje hasta 70% o 90% de la pieza original. (Casillas, 2008; Oberg et al., 2012)



Fig.5.1 Fresadora convencional

Ventajas del proceso de mecanizado:

- Se consigue una alta precisión dimensional en sus operaciones
- Se pueden realizar una amplia variedad de formas
- Requiere poco tiempo de preparación
- Poca variedad de herramientas
- Resulta práctico y económico cuando el número de piezas a fabricar es bajo.

Desventajas respecto a otros métodos de fabricación:

- Genera material de desecho en muchos casos no reciclable
- Mayor consumo de energía
- Los tiempos de producción son elevados
- Los procesos son difíciles de automatizar
- Se requiere personal especializado
- El tamaño de las piezas está limitado al permitido por la máquina y la herramienta
- Tiende a ser costoso cuando el número de piezas a fabricar es muy elevado.

La geometría final de la pieza se origina mediante la combinación de la geometría del cortador y una serie de movimientos entre la herramienta y la pieza (Estrems Amestoy, 2007).

El mecanizado por control numérico computacional tiene la finalidad de resolver las dificultades que se presentan cuando la geometría de la pieza es muy compleja ya que, en el caso de una fresa convencional, podría resultar en un gran número de configuraciones en desplazamientos de la pieza y la herramienta, lo que resultaría en un aumento en los costos de producción o en la imposibilidad de fabricar la pieza.

Un centro de maquinado CNC (ver figura 5.2) es un equipo de trabajo que permite manufacturar piezas de distintos materiales pero que a diferencia de una fresadora o torno convencional es posible programar los desplazamientos de la herramienta y de la pieza a maquinar. Esto significa que el operador del centro de maquinado sólo hace una vez el trabajo de programar las acciones de la máquina y posteriormente se puede fabricar un lote completo de piezas de manera casi automática. Además, con el software adecuado se puede simular el proceso de fabricación de la pieza por lo que disminuyen los errores durante la fabricación. Todo este proceso va de la mano de un software CAD en el que se hace el modelado computacional de la pieza que se va a fabricar, el cual también es conocido como modelo matemático ya que, aunque se ve como una representación gráfica de un objeto físico, contiene toda la información necesaria para ser interpretado por la máquina o por un software de manufactura. El centro de maquinado permite al operador programar la fabricación mediante secuencias de funciones que controlan los desplazamientos de la herramienta y se identifican mediante códigos formados por letras y números. Algunas de las funciones más comunes son:

- Funciones preparatorias (G)
- Funciones de control de avances y velocidades de corte (F, S)
- Funciones de control de herramientas (T)
- Funciones auxiliares o misceláneas (M) (Sánchez Fulgueira, 2013).



Fig. 5.2 Centro de maquinado CNC

5.1.2 Mecanizado por electroerosión

Como ya se ha mencionado anteriormente la geometría de la pieza depende en gran medida de la forma del cortador, una limitante del proceso de fresado es que no es posible maquinar esquinas en una característica interna ya que se está limitado por el diámetro del cortador, físicamente es imposible tener un cortador cuyo diámetro permita obtener esquinas en características internas.

En el proceso de electroerosión existen dos métodos, los cuales se mencionan a continuación:

En el método conocido como “electroerosión por penetración” el electrodo tiene la forma que se desea imprimir en la pieza. Durante este proceso la pieza a erosionar es capaz de orbitar el electrodo, lo que

permite obtener la geometría deseada sin que el electrodo tenga estrictamente las dimensiones de la geometría final. Una desventaja de este método es que es necesario fabricar varios electrodos porque sufren desgaste durante el proceso. La geometría a generar por el método de penetración puede ser pasada o ciega dependiendo los requerimientos (ver figura 5.3).

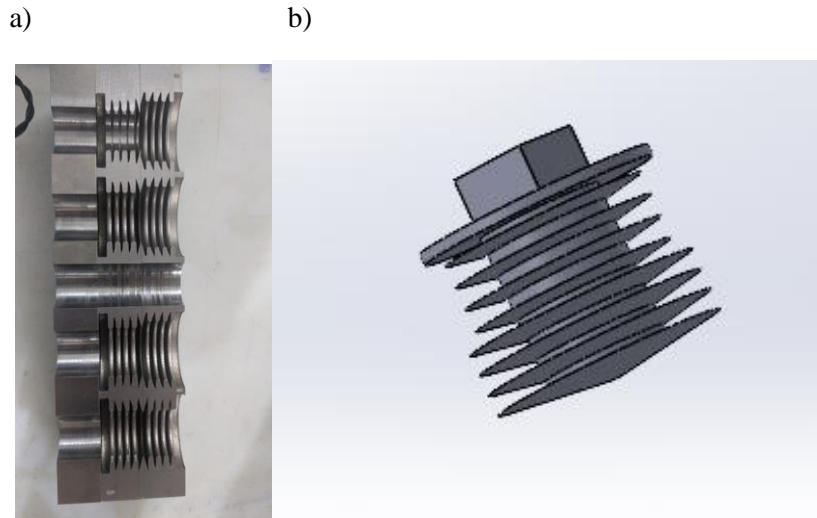


Fig. 5.3 a) Inserto para molde de inyección fabricado mediante erosión por penetración.

b) Electrodo

En el método llamado “corte por electroerosión” el electrodo no necesariamente tiene la forma de la geometría final, comúnmente se utiliza un electrodo con forma de hilo, normalmente el hilo tiene un diámetro de 0.25 mm y son fabricados de molibdeno por su alta temperatura de evaporación. Es ampliamente utilizado en la fabricación de matrices para troquel ya que permite hacer cortes con ángulo de salida (ver figura 5.4). El movimiento relativo entre la pieza y el hilo es controlado mediante CNC por lo que se pueden obtener cortes muy complejos de alta precisión. (*Introducción a La Electroerosión*, s.; Groover, 2010)



Fig. 5.4 Matrices para troquel fabricadas mediante electroerosión con hilo

El proceso de electroerosión es un método de eliminación de material que consiste en la generación de intensos campos eléctricos aplicando una diferencia de tensión a una cierta frecuencia entre la pieza a maquinarse y la pieza de corte o electrodo (ambos materiales conductores) con la finalidad de

producir un arco eléctrico entre las dos piezas. Durante la formación del arco eléctrico se generan temperaturas tan altas que vaporiza pequeñas cantidades de material hasta llegar a la forma deseada. Los materiales son colocados de tal manera que exista una separación muy pequeña entre ellos, en el hueco que queda se introduce aceite de baja conductividad (material dieléctrico). El intenso campo eléctrico provoca que se alcance la ruptura dieléctrica permitiendo así que se genere el arco eléctrico, durante este proceso se pueden alcanzar temperaturas de hasta 20000 ° C, como la diferencia de tensión se aplica intermitentemente, en el momento en el que el arco eléctrico desaparece, el material dieléctrico, que se encuentra siempre en movimiento, solidifica los dos materiales y remueve la materia desprendida, este proceso se repite hasta que se obtiene la forma deseada (ver figura 5.5). La razón por la que se usa algún aceite como material dieléctrico es que por sus características viscosas permite mantener un arco más compacto, caso contrario si se utiliza un dieléctrico gaseoso, el cual permite que el arco eléctrico se disperse o ramifique. (*Introducción a La Electroerosión*, s.f.; Estrems Amestoy, 2007)

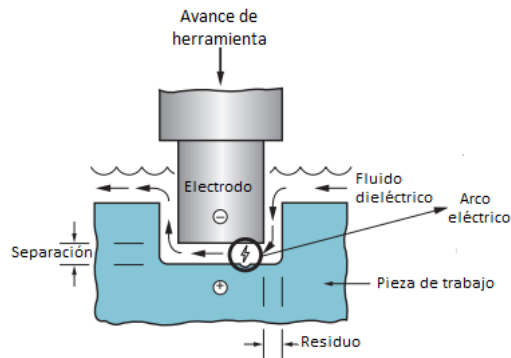


Fig. 5.5 Esquema del proceso de electro erosionado (Groover, 2010)

5.1.3 Rectificado

Este proceso es utilizado para lograr acabados de mayor calidad en piezas que fueron previamente maquinadas mediante un proceso de torneado o fresado o en piezas que han sufrido algún tratamiento térmico. Existen piezas en donde se requiere un excelente acabado para lograr ajuste preciso y así garantizar un óptimo funcionamiento, tal es el caso de pernos guía para moldes de inyección de plástico en las que el juego debe ser mínimo para evitar daños durante la apertura y cierre del molde. Se considera un maquinado de alta calidad debido a que la cantidad de material que se remueve puede llegar a ser menor de 0.025mm. El rectificado se puede aplicar a superficies planas, cilíndricas, esféricas o de formas especiales. La forma en la que se elimina material con este proceso es mediante el movimiento de la pieza sobre un aglomerado de material abrasivo (generalmente de carburo de boro, carburo de silicio, u óxido de aluminio), el proceso se puede comparar a trabajar con una esmeriladora (SENATI, 2020). En el caso de la rectificadora plana (ver figura 5.6) se utiliza un disco de material abrasivo.



Fig. 5.6 Rectificadora plana

5.2 Tratamientos térmicos

5.2.1 Templado

El temple es un proceso en el cual se modifica la dureza del acero aprovechando los cambios alotrópicos que presenta diferentes temperaturas.

En la primera parte es necesario calentar la pieza hasta la temperatura de temple, la cual dependiendo del tipo de acero se encuentra entre los 800 y los 1220 °C. A una temperatura de entre 730 y 900 °C (dependiendo del tipo de acero), comienza el cambio de la estructura cristalina del material.

Una vez alcanzada la temperatura austenítica se debe mantener la temperatura para permitir que todo el material se encuentre a la temperatura deseada y así disminuir las tensiones residuales que pueden aparecer después durante el enfriamiento (Luna Álvarez, 2005).

El tercer paso consiste en enfriar la pieza directamente desde la temperatura de austenización. Cuando la velocidad de enfriamiento crítico es superada y se alcanza la temperatura martensítica ocurre una deformación de la estructura cristalina de cúbica centrada en el cuerpo a tetragonal centrada en el cuerpo, que es la más dura de las estructuras que se produce a partir de la austenita (Mangonon, 2001). Este tipo de medio de enfriamiento es normalmente agua, sal líquida, aceite o nitrógeno a alta presión, dependiendo del tipo de acero y de las dimensiones de la pieza. La velocidad de enfriamiento debe ser lo suficientemente alta para evitar que el material regrese a la estructura blanda original. (Luna Álvarez, 2005)

La dureza varía dependiendo el tipo de acero, por ejemplo, el acero para herramienta AISI O1 puede alcanzar hasta 65 HRC según la hoja de datos. Este tipo de procedimiento está indicado para cuchillas, matrices, punzones o aplicaciones en general donde la pieza no esté sometida a torsión excesiva.

5.2.2 Nitruración

Tratamiento termoquímico para aceros ferríticos y hierros fundidos, el cual provee de alta resistencia a superficies que van a estar en constante rozamiento, este proceso está indicado para piezas en las cuales se requiere que el núcleo de la pieza sea suave pero la superficie sea resistente como en el caso de flechas, engranes, pistones y cigüeñales. La nitruración se realiza en una atmósfera a base de amoníaco a temperaturas entre los 500 y 600° y el proceso puede llegar a tardar entre 20 y 60 horas para lograr una profundidad de 0.2 a 0.4 mm, para lograr buenos resultados se requiere trabajar con acero al molibdeno, cromo o con un pequeño porcentaje de aluminio. El proceso de nitruración ofrece

ventajas adicionales como resistencia del material ante la fatiga, resistencia a la corrosión y como se trabaja con bajas temperaturas no hay distorsión drástica en las dimensiones del material ni transformación en la micro estructura, también es posible hacer el tratamiento en zonas específicas de la pieza, es decir , solo donde se requiera. (Luna Álvarez, 2005; Yang, 2020).

5.2.3 Cementado

La cementación es un proceso que al igual que la nitruración busca aumentar la dureza superficial de la pieza, para ello se coloca acero en estado austenítico en un ambiente enriquecido con carbono de tal manera que por mecanismos de difusión se genera un gradiente de carbono en la superficie. Este proceso se realiza a temperaturas entre los 800 y 900°C. Los aceros al bajo carbono son indicados para este proceso, una vez cementada la pieza, en ocasiones es sometida a temple y revenido para conseguir que alcance las propiedades óptimas de trabajo. Es una práctica común fabricar engranes en acero AISI 8620 ya que una vez cementado el engrane, contará con muy buena dureza superficial y alta tenacidad en el núcleo (Luna Álvarez, 2005).

5.2.4 Revenido

Consiste en calentar el material a una temperatura entre 200°C y 600°C (según el tipo de acero) para luego dejarlo enfriar, normalmente, a temperatura ambiente. Esto permite aumentar la resistencia de un material que fue sometido a temple ya que se eliminan esfuerzos residuales que resultan del templado. Este proceso reduce la dureza de la pieza, pero aumenta la resistencia y la ductilidad. (Metalografía y Tratamientos Térmicos, s.f.)

5.3 Instrumentos de medición

Escamilla, E. (2014) describe un instrumento de medición como un dispositivo que traduce una variable aleatoria de entrada en una señal de salida utilizando el idioma del observador. Por medición se entiende el conjunto de pasos u operaciones que nos llevan a determinar una magnitud.

La metrología dimensional estudia las técnicas de medición que determinan correctamente las magnitudes lineales, angulares y acabado superficial.

El uso de la metrología dimensional se encuentra presente en cada uno de los procesos necesarios para la fabricación de un nuevo componente. Se usa para obtener información de las características de algún objeto físico, para garantizar que el material se encuentre en la posición correcta para ser maquinado y para verificar las medidas de una pieza recién fabricada.

Entre los instrumentos de medición más utilizadas para determinar las dimensiones de un objeto se tienen:

- Calibrador
- Micrómetro
- Goniómetro
- Indicador o reloj comparador
- Peines o calibres para roscas
- Calibre de radios.

Para el proceso de medición es necesario tomar en cuenta ciertas prácticas que garantizarán que la medición sea confiable. El instrumento de medición debe ser capaz de medir con una resolución acorde a la tolerancia exigida, identificar el sistema de unidades con el que trabaja el sistema de medición, tanto la pieza como el dispositivo de medición deben estar limpios y sin rebabas, verificar el estado de calibración del instrumento de medición y verificar que exista un correcto acoplamiento entre el instrumento de medición y el objeto sujeto a medición.

5.3.1 Calibrador

El calibrador es un instrumento de precisión utilizado para medir dimensiones exteriores, dimensiones interiores y profundidades. Existen dos tipos principales digitales y analógicos, en el caso del calibrador digital la lectura de la medición se hace de manera directa ya que un acoplamiento electrónico muestra la lectura de la medición en un display (ver figura 5.7).



Fig.5.7 Calibrador digital

En la figura 5.8 se señalan las partes que componen un calibrador analógico.

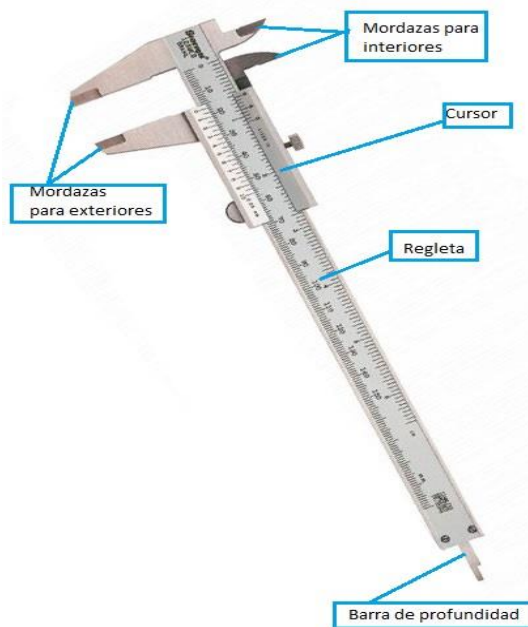


Fig. 5.8 Partes de un calibrador analógico

Regleta: Es el cuerpo del calibrador, en él se encuentra la mordaza fija y está grabada la escala principal.

Mordazas para interiores: Permiten medir la dimensión de una característica interior, como el diámetro de un barreno o la distancia entre dos superficies paralelas.

Mordazas para exteriores: Permiten medir la dimensión de una característica exterior como el diámetro de un tubo o el espesor de una placa.

Cursor: Es el componente móvil del calibrador. En él se encuentran las mordazas móviles, la barra de profundidades y tiene grabado la línea cero la cual sirve para registrar el desplazamiento respecto el cero de la escala principal. El cursor puede tener grabada una escala auxiliar conocida como nonio o vernier, esta escala auxiliar permite aumentar la resolución del instrumento.

Barra de profundidad: Barra adherida al cursor, la cual permite obtener la dimensión de una profundidad.

Tornillo de fijación: Tornillo que permite fijar el cursor a la regleta.

5.3.2 Micrómetro

Es un dispositivo de medición que convierte desplazamiento angular en desplazamiento lineal. Los hay para medir características exteriores, interiores y profundidades y los hay en diferentes rangos de operación, en el caso de los micrómetros métricos los hay en múltiplos de 25 mm, es decir, de 0 a 25 mm, de 25 a 50 mm, de 50 a 75mm y de 75 a 100mm. En el caso de que están en pulgadas existe el micrómetro de 0 a 1 in, de 2 a 3 in y de 3 a 4 in. En la figura 5.9 se señalan las partes que componen el micrómetro analógico.

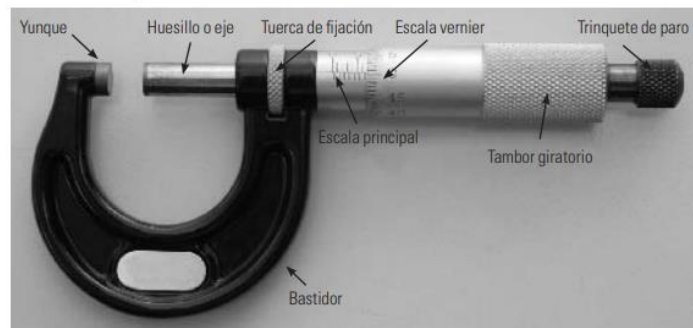


Fig. 5.9 Partes de un micrómetro de exteriores (Escamilla Esquivel, 2014)

Yunque: Es la parte fija en donde se apoya el objeto a medir.

Husillo o eje: Es la parte móvil que junto al yunque delimitan la característica del objeto a medir.

Escala principal: Es el cuerpo del micrómetro a través del cual gira el tambor.

Tambor: Es el elemento equivalente al cursor en un calibrador, rota y se desplaza a lo largo de la escala principal y contiene la escala nonio.

Algunos micrómetros cuentan con una escala vertical, la cual divide un segmento de la escala del nonio en 10 partes iguales dándonos una resolución de 0.001mm (ver figura 5.10).



Fig. 5.10 Escala vertical

5.3.3 Goniómetro.

Es un instrumento de medición que permite la obtención de ángulos entre dos superficies, para ello utiliza dos discos que rotan entre sí, de tal manera que se puede registrar el desplazamiento angular entre ambos discos (ver figura 5.11).



Fig. 5.11 Partes principales de un goniómetro

Disco fijo: Se encuentra adherido a la regla fija, contiene la escala principal de medición la cual está dividida en 4 secciones de 0 a 90 grados.

Disco móvil: Gira concéntricamente respecto al disco fijo, tiene grabadas dos escalas nonio para permitir la medición en sentido horario y anti horario.

Regla fija: Se utiliza como superficie de referencia para el acoplamiento de la pieza a medir.

Regla móvil: Se utiliza junto con la regla móvil para permitir el acoplamiento de la pieza a medir.

En la figura 5.12 se puede observar la forma correcta de utilizar goniómetro.

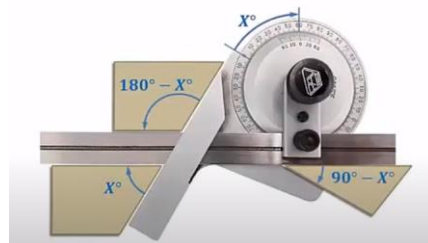


Fig. 5.12 Forma de colocar una pieza en el goniómetro (Universidad Politécnica de Valencia, 2017)

5.3.4 Indicador

Es un instrumento utilizado principalmente para verificar la concentricidad o planicidad de un objeto. Este instrumento convierte movimiento lineal en movimiento rotacional por medio de un tren de engranajes que convierte un pequeño desplazamiento del vástago en un gran desplazamiento angular de la aguja (ver figura 5.13).

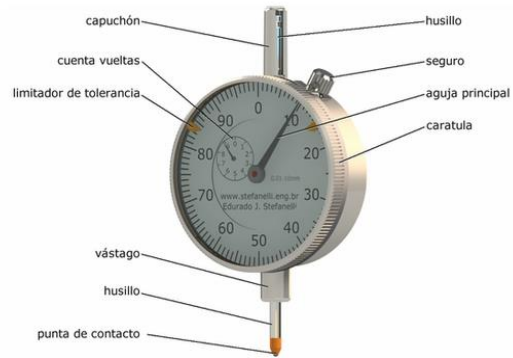


Fig. 5.13 Partes de un indicador. (Arhcansa, 2021)

Este instrumento de medición no se puede utilizar por sí mismo, se requiere que esté montado en una estructura de referencia de tal manera que permanezca fijo.

En el caso de un indicador en sistema métrico, los hay con una resolución de .001 mm donde la escala del indicador está dividida en 200 segmentos, por lo que una vuelta de la aguja implicaría una variación de 200 milésimas de milímetro. También se pueden encontrar los indicadores con resolución de 0.01mm con 100 segmentos.

La lectura del indicador se hace de manera directa, pero es necesario establecer una referencia. La punta de contacto del indicador debe colocarse de tal manera que esté en contacto con el punto de referencia, esto provocará un desplazamiento de la aguja. Posteriormente se debe calibrar el indicador, para ello es necesario rotar la carátula hasta que la línea de cero coincida con la punta de la aguja. Una vez calibrado se puede hacer la verificación de la pieza (ver figura 5.14).

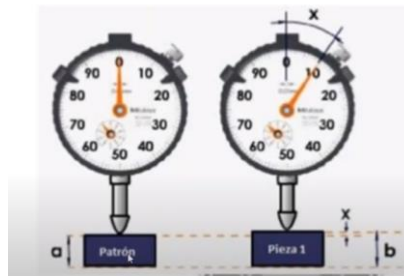


Fig. 5.14 Uso del indicador (Metrology school, 2020)

5.3.5 Calibres de radio y roscas

El calibre de roscas es un dispositivo que cuenta con varias láminas cortadas con el paso y geometría de roscas de tornillo. Se pueden encontrar con las medidas estándar del sistema métrico o del sistema inglés. Son utilizadas para conocer el tipo de roscado de un componente (ver figura 5.15)



Fig. 5.15 Calibre de Roscas

Para conocer el paso y tipo de rosca que tiene un componente se debe buscar el perfecto acoplamiento de la hoja del calibrador de roscas con el tornillo (ver figura 5.16). En caso de que el acoplamiento sea erróneo se debe iterar hasta encontrar el valor correcto del paso de la rosca.



Fig. 5.16 Uso del calibre de roscas

Los calibres para radios son láminas calibradas para comparar radios. Las láminas están cortadas y grabadas con la medida de radios comunes y se pueden usar para encontrar el valor de radios cóncavos y convexos (ver figura 5.17).



Fig. 5.17 Calibres para radios

Para conocer el radio de una geometría circular, se debe iterar hasta encontrar el perfecto acoplamiento entre el calibre de radio y la pieza.

5.4 Tolerancias

5.4.1 Tolerancia dimensional

La tolerancia es un error permisible en las dimensiones de las características de una pieza. Está definida por la diferencia entre el máximo error permisible o límite superior y el mínimo error permisible o límite inferior. Se denomina error permisible debido a que siempre existirá una diferencia entre la medida nominal y la medida real de la pieza. En general, cada parte que se fabrica está destinada a formar un ensamblaje y cada parte de un ensamblaje debe cumplir una función en específico, en ese sentido, la tolerancia representa un rango de error en el cual la pieza sigue cumpliendo la función para la cual fue diseñada. Las tolerancias deben especificarse para cada característica de una pieza, sin embargo, se debe ser estricto en las características que afecten directamente la funcionalidad, intercambiabilidad y manufactura de la pieza. Es una práctica común dar la tolerancia en la dirección menos peligrosa, para expresar esta condición se utiliza una tolerancia unilateral como se muestra en la figura 5.18.

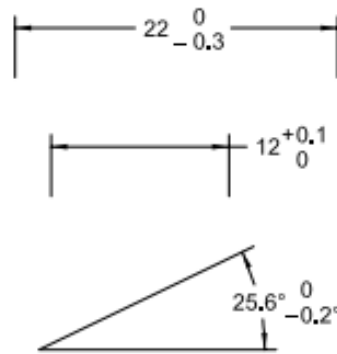


Fig. 5.18 Tolerancia unilateral (ASME, 2009)

Cuando la variación de la tolerancia es peligrosa en ambas direcciones se utiliza una tolerancia bilateral tal como se muestra en la figura 5.19.

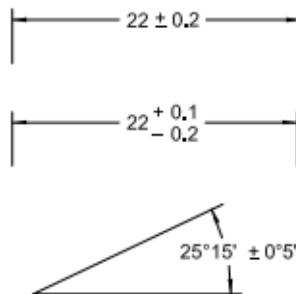


Fig. 5.19 Ejemplos de tolerancia bilateral (ASME, 2009)

Para superficies que no están en contacto, la tolerancia depende completamente del método de manufactura utilizado, por lo que su tolerancia suele ser grande o puede no ser considerada para inspección.

La tolerancia se encuentra determinada principalmente por el nivel de ajuste que requiere una pieza para el correcto funcionamiento del ensamblaje. El ajuste se define como el nivel de tensión que se produce por la combinación de tolerancias entre dos piezas que deben ser acopladas. Al hablar de ajustes, se utilizan los términos eje y agujero para hablar de superficies cilíndricas, pero también aplica para superficies que contienen o son contenidas por dos caras paralelas. (Oberg et al., 2012)

Se pueden identificar los siguientes tipos de ajustes:

Ajuste holgado: La variación de tamaño permitida por la tolerancia siempre resulta en juego u holgura entre las partes que se están ensamblando.

Ajuste de interferencia: La variación de tamaño permitida por la tolerancia siempre resulta en una interferencia entre las partes que se están ensamblando.

Ajuste de transición: La variación de tamaño permitida por la tolerancia puede generar un ajuste holgado o un ajuste de interferencia (ANSI, 2004; Oberg et al., 2012).

La norma ANSI B4.2-2004 (R2009) describe la terminología y símbolos que deberán ser utilizados en los planos para indicar la tolerancia y el tipo de ajuste. También incluye criterios para selección de tolerancias del sistema ISO. La nomenclatura utilizada para la representación de tolerancias según el sistema ISO utiliza un número para indicar la medida nominal y un símbolo formado por una letra y un número para indicar la zona de tolerancia (ver figura 5.20).

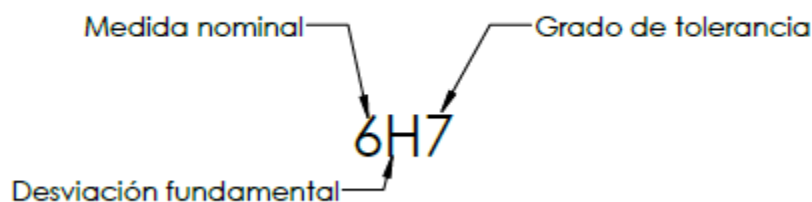


Fig. 5.20 Nomenclatura para especificar tolerancia en sistema ISO

Medida nominal: Es el valor de la media teórica de una característica, debe ser el mismo tanto para el eje como para el agujero.

Grado de tolerancia: El grado de tolerancia o grado internacional de tolerancia es un sistema aceptado en muchas partes del mundo para la fabricación de piezas intercambiables. El grado de tolerancia establece la tolerancia según el método de manufactura (ver figura 5.21) y la aplicación (ver figura 5.22).

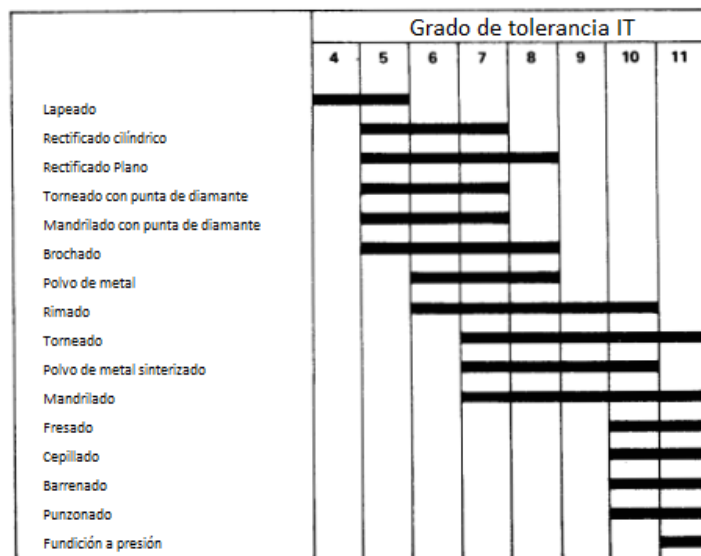


Fig. 5.21 Grado de calidad según el método de manufactura (ANSI, 2004)

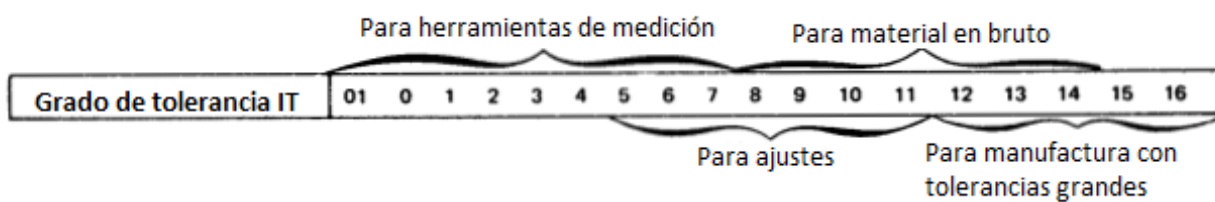


Fig. 5.22 Grado de calidad según aplicación (ANSI, 2004)

Entre más pequeño es el grado de tolerancia más restringida es la tolerancia de la pieza a fabricar y por ende más costoso su proceso de manufactura (ver figura 5.23)

Dimensión básica		Grado de tolerancia																	
Arriba de	Hasta e incluyendo	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
0	3	0.0003	0.0005	0.0008	0.0012	0.002	0.003	0.004	0.006	0.010	0.014	0.025	0.040	0.060	0.100	0.140	0.250	0.400	0.600
3	6	0.0004	0.0006	0.001	0.0015	0.0025	0.004	0.005	0.008	0.012	0.018	0.030	0.048	0.075	0.120	0.180	0.300	0.480	0.750
6	10	0.0004	0.0006	0.001	0.0015	0.0025	0.004	0.006	0.009	0.015	0.022	0.036	0.058	0.090	0.150	0.220	0.360	0.580	0.900
10	18	0.0005	0.0008	0.0012	0.002	0.003	0.005	0.008	0.011	0.018	0.027	0.043	0.070	0.110	0.180	0.270	0.430	0.700	1.100
18	30	0.0006	0.001	0.0015	0.0025	0.004	0.006	0.009	0.013	0.021	0.033	0.052	0.084	0.130	0.210	0.330	0.520	0.840	1.300
30	50	0.0006	0.001	0.0015	0.0025	0.004	0.007	0.011	0.016	0.025	0.039	0.062	0.100	0.160	0.250	0.390	0.620	1.000	1.600
50	80	0.0008	0.0012	0.002	0.003	0.005	0.008	0.013	0.019	0.030	0.046	0.074	0.120	0.190	0.300	0.460	0.740	1.200	1.900
80	120	0.001	0.0015	0.0025	0.004	0.006	0.010	0.015	0.022	0.035	0.054	0.087	0.140	0.220	0.350	0.540	0.870	1.400	2.200
120	180	0.0012	0.002	0.0035	0.005	0.008	0.012	0.018	0.025	0.040	0.063	0.100	0.160	0.250	0.400	0.630	1.000	1.600	2.500
180	250	0.002	0.003	0.0045	0.007	0.010	0.014	0.020	0.029	0.046	0.072	0.115	0.185	0.290	0.460	0.720	1.150	1.850	2.900
250	315	0.0025	0.004	0.006	0.008	0.012	0.016	0.023	0.032	0.052	0.081	0.130	0.210	0.320	0.520	0.810	1.300	2.100	3.200
315	400	0.003	0.005	0.007	0.009	0.013	0.018	0.025	0.036	0.057	0.089	0.140	0.230	0.360	0.570	0.890	1.400	2.300	3.600
400	500	0.004	0.006	0.008	0.010	0.015	0.020	0.027	0.040	0.063	0.097	0.155	0.250	0.400	0.630	0.970	1.550	2.500	4.000
500	630	0.0045	0.006	0.009	0.011	0.016	0.022	0.030	0.044	0.070	0.110	0.175	0.280	0.440	0.700	1.100	1.750	2.800	4.400
630	800	0.005	0.007	0.010	0.013	0.018	0.025	0.035	0.050	0.080	0.125	0.200	0.320	0.500	0.800	1.260	2.000	3.200	5.000
800	1000	0.0055	0.008	0.011	0.015	0.021	0.029	0.040	0.056	0.090	0.140	0.230	0.360	0.560	0.900	1.400	2.300	3.600	5.600
1000	1250	0.0065	0.009	0.013	0.018	0.024	0.034	0.046	0.066	0.105	0.165	0.260	0.420	0.660	1.050	1.650	2.600	4.200	6.600
1250	1600	0.008	0.011	0.015	0.021	0.029	0.040	0.054	0.078	0.125	0.195	0.310	0.500	0.780	1.250	1.950	3.100	5.000	7.800
1600	2000	0.009	0.013	0.018	0.025	0.035	0.048	0.065	0.092	0.150	0.230	0.370	0.600	0.920	1.500	2.300	3.700	6.000	9.200
2000	2500	0.011	0.015	0.022	0.030	0.041	0.057	0.077	0.110	0.175	0.280	0.440	0.700	1.100	1.750	2.800	4.400	7.000	11.000
2500	3150	0.013	0.018	0.026	0.036	0.050	0.069	0.093	0.135	0.210	0.330	0.540	0.860	1.350	2.100	3.300	5.400	8.600	13.500

Fig. 5.23 Tolerancia en milímetros según el diámetro y grado de tolerancia (ANSI, 2004)

Desviación fundamental: Es la distancia que hay desde la medida nominal al límite más cercano. También se entiende como la posición de la zona de tolerancia respecto a la medida nominal, se representa con letras mayúsculas para agujeros (ver figura 5.25) y con letras minúsculas para ejes (ver figura 5.26)

La desviación fundamental con el grado de tolerancia forma un símbolo conocido como zona de tolerancia, para indicar un ajuste se debe colocar la medida nominal, común al eje y al agujero, seguido de los símbolos de cada componente (ver figura 5.24). Cuando la medida más pequeña del agujero corresponde a la medida nominal se dice que se está trabajando con el sistema agujero base y la desviación fundamental es la letra H, cuando la medida máxima del eje corresponde a la medida nominal se dice que se está trabajando con el sistema de ajuste de eje base y la desviación fundamental es la letra h. Es conveniente trabajar con un sistema de agujero base ya que es más fácil modificar las dimensiones de un eje que las de un agujero. (ANSI, 2004; Oberg et al., 2012)

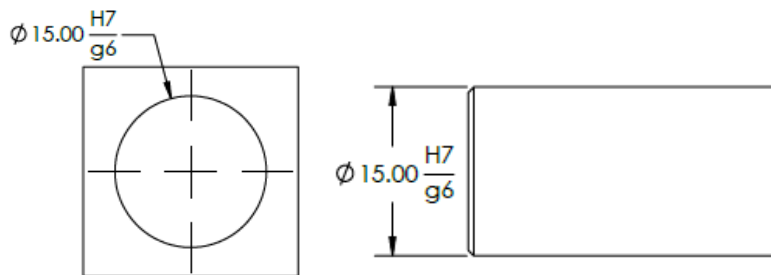


Fig. 5.24 Ajuste utilizando el sistema de agujero base

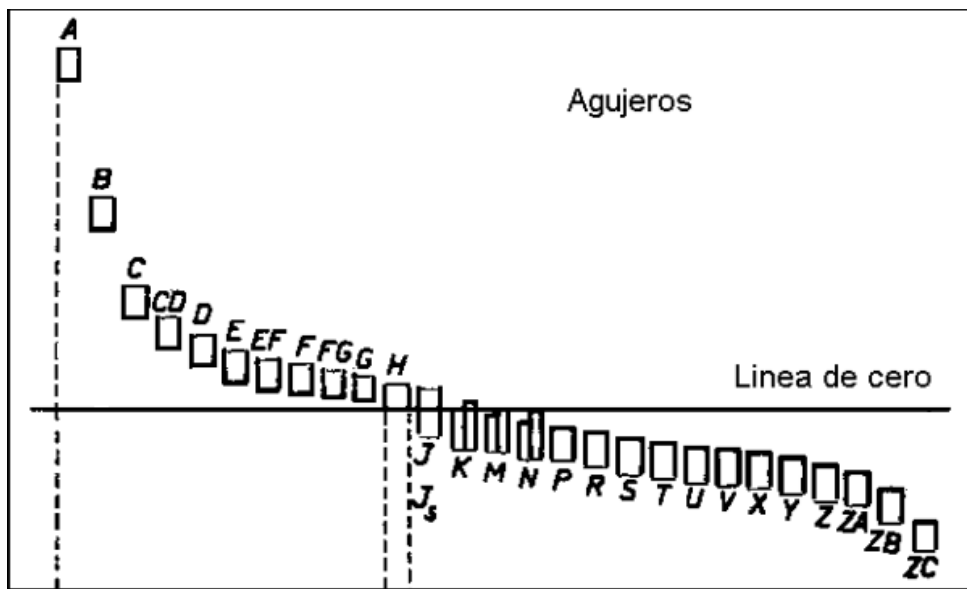


Fig. 5.25 Posición de la zona de tolerancia para agujeros (ANSI, 2004)

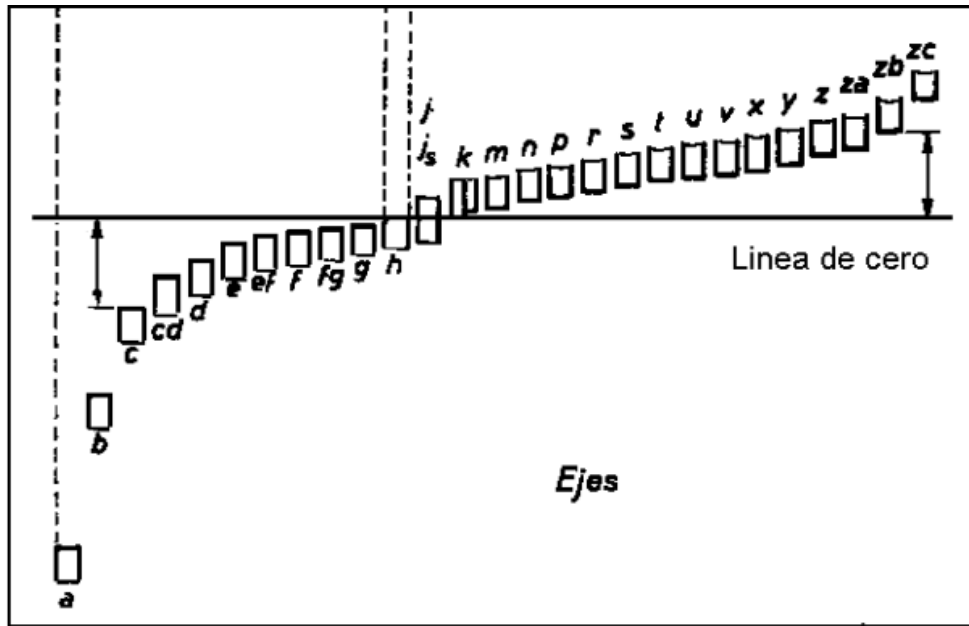


Fig. 5.26 Posición de la zona de tolerancia para ejes (ANSI, 2004.)

A la hora de establecer los límites superior e inferior es necesario determinar la aplicación de la pieza y así poder seleccionar el ajuste requerido. Existe una gran cantidad de ajustes que pueden ser definidos sin embargo la norma establece una serie de diámetros nominales que permiten obtener la tolerancia de manera directa, de tal manera que se pueden usar como estándar en algún proyecto de diseño. La norma especifica los siguientes diámetros nominales para los cuales los límites superior e inferior ya se encuentran tabulados, los diámetros preferentes se pueden encontrar en milímetros o en pulgadas (ver figura 5.27).

Dimensión básica + mm		Dimensión básica + mm		Dimensión básica + mm	
Primera elección	Segunda elección	Primera elección	Segunda elección	Primera elección	Segunda elección
1		10		100	
1.2	1.1	12	11	120	110
1.6	1.4	16	14	160	140
2	1.8	20	18	200	180
2.5	2.2	25	22	250	220
3	2.8	30	28	300	280
4	3.5	40	35	400	350
5	4.5	50	45	500	450
6	5.5	60	55	600	550
8	7	80	70	800	700
	9		90	1000	900

Fig. 5.27 Diámetros preferentes en milímetros (ANSI, 2004)

A partir de la tabla de diámetros preferentes se genera la tabla de ajustes preferentes (ver figura 5.28). Los cuales han sido establecidos de acuerdo a prácticas comunes en proyectos de ingeniería.

SIMBOLO ISO		DESCRIPCIÓN**	APLICACIONES	
Agujero base	Eje base			
Ajustes con juego o móviles	H11/c11	C11/h11	Movimiento grande, amplio: ajuste para tolerancias comerciales amplias o para elementos exteriores.	Cojinetes en maquinaria agrícola y doméstica, equipos de minería, topes, pasadores.
	H9/d9	D9/h9	Movimiento libre: no debe emplearse cuando la precisión sea algo esencial. Es adecuado para grandes variaciones de temperatura, velocidades de giro elevadas, o presiones elevadas en la pieza macho.	Cojinetes giratorios donde la velocidad de giro es mayor o igual a 600 R.P.M., soportes de ejes en grúas, carretillas, transmisiones y maquinaria agrícola.
	H8/f7	F8/h7	Movimiento limitado: para máquinas de precisión y para posicionamiento preciso en caso de velocidades moderadas y presión en la pieza macho.	Montajes deslizantes donde la velocidad es menor de 600 r/min, construcción de máquinas herramientas de precisión, partes de automotores.
	H7/g6	G7/h6	Ajuste deslizante: cuando no se pretende que las piezas se muevan libremente, una respecto a la otra, pero pueden girar entre sí y colocarse con precisión.	Collares de retención, émbolos de frenos de aceite, acoplamiento de platos desembragables, bridas de centrar para tuberías y válvulas.
	H7/h6	H7/h6	Posicionamiento con juego: proporciona cierto apriete. Es adecuado para posicionar piezas estacionarias, pero pueden montarse y desmontarse fácilmente.	Engranajes de cambios de velocidades, ejes de contrapunto, mangos de volantes de mano, columnas guía de taladros radiales, brazo superior de fresadoras.
A. de transición	H7/k6	K7/h6	Posicionamiento de transición o ajuste intermedio: posicionamiento de precisión, es un compromiso entre el juego y la interferencia.	Engranajes en husillos, poleas fijas y volantes en ejes, discos de excéntrica, manivelas para pequeños esfuerzos.
	H7/n6	N7/h6	Posicionamiento de transición o ajuste intermedio: posicionamiento más preciso en el que se requiere y admite una interferencia mayor.	Casquillos de bronce, collares calados sobre ejes, piñones en ejes motores, inducidos en dinamos.
	H7/p6*	P7/h6	Posicionamiento con interferencia: para piezas que requieran rigidez y alineación muy precisas pero sin requisitos especiales de presión en el agujero.	
Ajustes con interferencia	H7/s6	S7/h6	Sin movimiento o fijo: para piezas de acero normales o ajustes forzados en secciones pequeñas. Es el ajuste más apretado admisible en piezas de fundición.	Casquillos de bronce en cajas, cubos de ruedas y bielas, coronas de bronce en ruedas helicoidales y engranajes, acoplamiento en extremos de ejes.
	H7/u6	U7/h6	Forzado: para piezas que van a funcionar muy cargadas, para ajustes forzados en los que las fuerzas de apriete requeridas no son factibles en la práctica.	

Fig. 5.28 Tabla de ajustes preferentes (Oberg et al., 2012)

Si se da el caso de que se requiera utilizar una medida que no se encuentre incluida en la lista de diámetros y zonas de tolerancia preferentes se puede utilizar los criterios establecidos en la figura 5.29 y 5.30 (Casillas, 2008).

AGUJERO H 6 AJUSTE DE PRECISION	
Para los ejes corresponden esta serie de ajustes.....	Ajuste forzado n 5. » de arrastre m 5. » de adherencia k 5. » de entrada suave j 5. » de deslizamiento h 5. » de juego libre g 5.
AGUJERO H 7 AJUSTE FINO	
Para los ejes corresponden esta serie de ajustes.....	Ajuste a presión s 6 y r 6. » forzado n 6. » de arrastre m 6. » de adherencia k 6. » de entrada suave j 6. » de deslizamiento h 6. » de juego libre justo g 6. » de juego libre f 7. » de juego ligero e 8. » juego fuerte d 9.
AGUJERO H 8 AJUSTE CORRIENTE	
Para los ejes corresponden esta serie de ajustes.....	Ajuste con deslizamiento h 8 y h 9. » con juego libre f 8 y e 9. » gran juego libre d 10.
AGUJERO H 11 AJUSTE ORDINARIO O BASTO	
Para los ejes corresponden esta serie de ajustes.....	Ajuste basto según h 11, d 11, e 11, b 11, a 11. (Véanse ejemplos de aplicación)

Fig. 5.29 Ajustes recomendados tomando agujero como base (Casillas, 2008)

EJE h 5 AJUSTE DE PRECISION	
Para los agujeros corresponden esta serie de ajustes.....	Ajuste forzado N 6. » de arrastre M 6. » de adherencia K 6. » de entrada suave J 6. » de deslizamiento H 6 y G 6.
EJE h 6 AJUSTE FINO	
Para los agujeros corresponden esta serie de ajustes.....	Ajuste a presión S 7 y R 7. »* forzado N 7. » de arrastre M 7. » de adherencia K 7. » de entrada suave J 7. » de deslizamiento H 7. » de juego libre justo G 7. » de juego libre F 7. » de juego ligero E 8. » juego fuerte D 9.
EJE h 8 y h 9 AJUSTE CORRIENTE	
Para los agujeros corresponden esta serie de ajustes.....	Ajuste de deslizamiento H 8. » de juego libre F 8 y E 9. » de juego libre fuerte D 10.
EJE h 11 AJUSTE ORDINARIO O BASTO	
Para los agujeros corresponden esta serie de ajustes.....	Ajuste basto según H 11, D 11, C 11, B 11, A 11. (Véanse ejemplos de aplicación)

Fig. 5.30 Ajustes recomendados tomando eje como base (Casillas, 2008)

Los valores de la zona de tolerancia para sistema de agujero base se encuentran tabulados en el apéndice A de la norma ANSI B4.2-2004 (R 2009) desde la tabla A1 hasta la tabla A12. Los valores de la zona de tolerancia para sistema de eje base se encuentran tabulados en las tablas A13 hasta A24. Los valores se encuentran tabulados para diámetros que van desde arriba de 0 mm hasta 500mm.

En los dibujos se puede expresar el ajuste utilizando la notación del sistema ISO o representando los límites superior o inferior de manera explícita (ver figura 5.31). Es recomendable colocarlo de manera explícita para facilitar la lectura del plano al operador. Además, los programas CAD permiten intercambiar entre un método y otro sin necesidad de ir a las tablas.

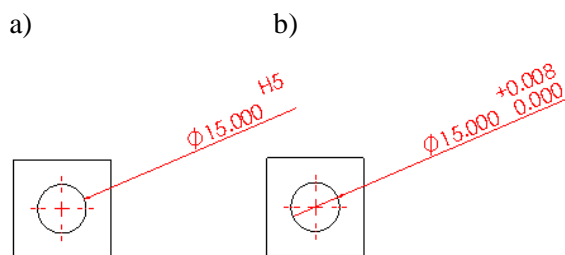


Fig. 5.31 a) Ajuste notación ISO. b) Ajuste en términos de tolerancia

5.4.2 Tolerancias geométricas

El dimensionado geométrico tiene como finalidad resolver las deficiencias que se presentan cuando solo se utilizan tolerancias dimensionales ya que establece zonas de tolerancia según la forma de la característica a controlar. El dimensionado geométrico permite comunicar información en el sentido funcional de la pieza, y así evitar posibles ambigüedades de tamaño, forma, orientación y ubicación (ASME, 2009).

También funcionan como un instructivo de inspección de tal manera que a partir de los planos de fabricación en los que se utilizan tolerancias geométricas y dimensionales es posible generar

dispositivos que permiten verificar las dimensiones y formas de piezas fabricadas en masa. La norma ASME Y14.5-1994 (R2009) establece la terminología, los símbolos y las reglas que deben aplicarse para la utilización de tolerancias geométricas y dimensionales en planos de fabricación.

La norma ASME Y 14.5-1994 (R 2009) dice que una tolerancia geométrica para una característica es especificada por medio de un marco de control, este se encuentra dividido en compartimentos, el primero contiene el símbolo de la característica geométrica a controlar, el segundo contiene el valor de la tolerancia y los siguientes compartimentos contienen el o los datum de referencia. Cuando la característica es circular, cilíndrica o esférica, la tolerancia es precedida por el símbolo de diámetro y puede ser seguida por un símbolo de condición de material. En el resto de compartimentos se coloca una letra mayúscula A, B o C para indicar el datum al cual está referenciado la característica a controlar (ver figura 5.32).

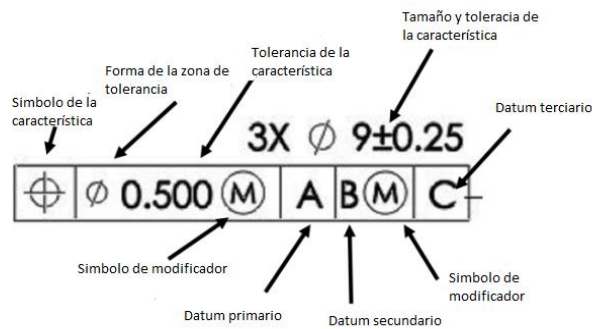


Fig. 5.32 Marco de control de características

Datum: Es una línea, superficie o punto desde el cual las tolerancias geométricas de una parte son dadas. Por ejemplo, en la figura 5.33 se indica que el eje de la superficie cilíndrica debe ser perpendicular respecto al plano indicado como datum B. Los datums pueden ser simulados en dispositivos físicos para inspeccionar las partes fabricadas o para apoyar en la manufactura.

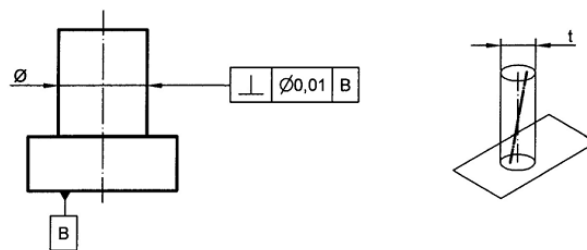


Fig. 5.33 Ejemplo de datum

Símbolos de característica: La norma especifica símbolos para especificar la característica a controlar (ver figura 5.35). Los símbolos representan zonas de tolerancia. Por ejemplo, el símbolo de cilíndricidad, representa una zona delimitada por dos cilindros concéntricos separados una distancia “t” (ver figura 5.34). Si no se especifica lo contrario, la medida nominal equidista de los límites de la zona de tolerancia.

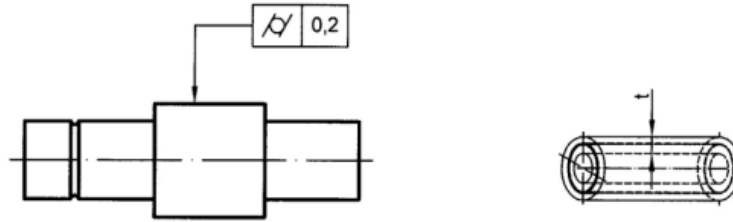


Fig. 5.34 Símbolo de Cilindricidad.

	TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERISTICA	SIMBOLO
PARA CARACTERISTICAS INDIVIDUALES	FORMA	RECTITUD	—
		PLANITUD	▭
		REDONDEZ (CIRCULARIDAD)	○
		CILINDRICIDAD	↻
PARA CARACTERISTICAS INDIVIDUALES O RELACIONADAS	PERFIL	PERFIL DE UNA LINEA	⤿
		PERFIL DE UNA SUPERFICIE	⤿
PARA CARACTERISTICAS RELACIONADAS	ORIENTACION	ANGULARIDAD	∠
		PERPENDICULARIDAD	⊥
		PARALELISMO	//
	LOCALIZACION	POSICION	⊕
		CONCENTRICIDAD	⊙
		SIMETRIA	≡
	CABECEO	CABECEO CIRCULAR	↗
		CABECEO TOTAL	↗

* LAS PUNTAS DE LAS FLECHAS PUEDEN ESTAR LLENADAS O NO LLENADAS

Fig. 5.35 Símbolos establecidos en la norma ASME Y 14.5 1995(R 2009) para representar características (ASME, 2009)

Modificadores: Los modificadores afectan la forma en la que una tolerancia es aplicada, por ejemplo, para un agujero de $\varnothing 10\text{mm} \pm 0.2$, la condición de máxima cantidad material obliga a que la tolerancia geométrica se aplique sobre la medida de $\varnothing 9.8\text{mm}$ (ver figura 5.36).

TERMINO	SIMBOLO
EN CONDICION DE MATERIAL MAXIMO	Ⓜ
EN CONDICION DE MATERIAL MINIMO	Ⓛ
ZONA PROYECTADA DE TOLERANCIA	Ⓟ
ESTADO LIBRE	ⓕ
PLANO TANGENTE	Ⓣ
DIAMETRO	∅
DIAMETRO ESFERICO	S∅
RADIO	R
RADIO ESFERICO	SR
RADIO CONTROLADO	CR
REFERENCIA	()
LONGITUD DE ARCO	⤿
TOLERANCIA ESTADISTICA	ⓈT
ENTRE	↔

Fig. 5.36 Símbolos de Modificadores (ASME, 2009)

5.5 Proceso de diseño

Richard G. Budynas et al. (2019) Define el diseño como un plan para satisfacer una necesidad específica el cual consiste principalmente en tomar decisiones según la cantidad de información que se tiene. El diseño es un proceso iterativo e implica realizar una investigación, abarcando desde aspectos científicos hasta sociales de tal manera que el diseñador debe aplicar conocimientos de ingeniería para resolver problemas que luego deben ser optimizados según el material, tecnologías disponibles, medio ambiente, costos, etc. Para ello es necesario trabajar de manera conjunta con profesionales y técnicos especialistas en diferentes áreas de conocimiento. La información que se obtiene de la investigación debe ser procesada siguiendo una serie de pasos iterativos que permitirán encontrar la solución definitiva ante la problemática planteada.

Según Pahl & Beitz, (2007) la naturaleza del trabajo de diseño está definida por el tipo de proyecto que se va a realizar. Desde el punto de vista de producción, se debe tener en cuenta si el nuevo diseño será producido en masa o solo se van producir una cantidad pequeña de elementos o incluso un solo elemento. Para los diseños que se van a producir en masa se suele iniciar con un análisis exhaustivo de planificación de productos, lo cual puede incluir realizar un análisis de mercado y análisis de vida del producto, de tal manera que el diseñador cuenta con una amplia gama de especificaciones que le permiten trabajar con diferentes propuestas de solución e incluso realizar pruebas con prototipos antes de ser fabricado o lanzado al mercado.

Para los proyectos donde solo se van fabricar cierta cantidad de elementos las especificaciones se vuelven más estrictas por lo que es buena práctica partir de diseños ya existentes, los cuales solo requieren modificaciones menores para ser adaptados a los nuevos requerimientos, de tal manera que disminuyen los costos y riesgos involucrados.

Cuando es necesario crear un conjunto de productos que, en términos generales, comparten la misma característica, el diseñador realiza la tarea de diseño solo una vez, y posteriormente solo se modifican los componentes o conjuntos de componentes dentro de la estructura y límites previamente diseñados. Cuando es necesario resolver nuevos problemas es necesario buscar nuevos principios de solución o aplicar una combinación de principios ya establecidos para crear diseños originales que resuelvan la problemática planteada (Pahl & Beitz, 2007).

Pahl & Beitz, (2007) describe una metodología (ver figura 5.37) que se puede utilizar de manera general en el proceso de diseño.

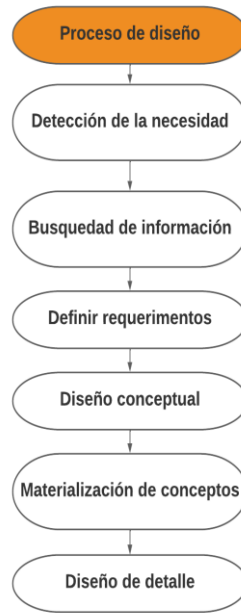


Fig. 5.37 Diagrama de flujo que explica el proceso de diseño

5.5.1 Detección de la necesidad

En primer lugar, se debe establecer cuál es el problema que se intenta resolver, ya sea que sea presentado por un cliente en específico o para resolver una necesidad identificada mediante un estudio de mercado. La problemática puede ser presentada como una propuesta de mejora o como una solicitud para generar un nuevo diseño.

5.5.2 Búsqueda de información

Es importante realizar una investigación exhaustiva que permita relacionar la problemática planteada con la teoría. La información obtenida puede abarcar aspectos físicos, matemáticos, económicos, sociales o técnicos. Parte importante de la investigación es averiguar si existen proyectos que resuelvan problemáticas similares a las establecidas, de tal manera que se puedan utilizar los mismos principios de solución y así ahorrar tiempo de diseño. La información se puede obtener de fuentes como libros, artículos científicos, proyectos antiguos, levantamiento de datos o a través de la experiencia de profesionales o técnicos especialistas de diferentes áreas.

5.5.3 Requerimientos

Una vez que se obtiene la información necesaria, es posible establecer los requerimientos del producto tales como dimensiones generales, función que el producto deberá cumplir, rangos de trabajo del producto, etc. Los requerimientos son una lista de demandas y deseos que debe cumplir el producto final, la diferencia entre demandas y deseos es que las demandas son requerimientos que deben cumplirse a toda costa y que garantizan el rendimiento del producto mientras que los deseos son características que pudiera llegar a tener el producto final, pero pueden no tener mucha influencia en el proceso de diseño. Se pueden identificar tres tipos de requerimientos:

Requerimientos básicos: Son implícitos, es decir, no es solicitado por el cliente, pero debe ser considerado para garantizar un buen rendimiento.

Requerimientos técnicos: Son explícitos y son demandas específicas del cliente, por ejemplo, “el producto debe pesar menos de 40 kg”

Requerimientos de atractivo: Se tratan de mejoras que se pueden agregar al producto las cuales no son estrictamente necesarias, pero garantizaran superioridad respecto a otros productos similares y que, al igual que los requerimientos básicos, pueden no ser solicitados por el cliente.

Como resultado del análisis de los requerimientos se pueden establecer las especificaciones del producto, las especificaciones son funciones o características que el producto final cumplirá y mediante las cuales será evaluado. (Pahl & Beitz, 2007)

5.5.4 Diseño conceptual

Esta fase consiste en encontrar el principio de solución que resuelva la problemática planteada. El diseño conceptual se divide en los siguientes pasos:

5.5.4.1 Identificar el problema principal

Se debe identificar el problema principal a resolver, ver la posible extensión del problema, de tal manera que se pueda identificar el meollo del asunto y así evitar enfocarnos en dar solución a problemas que incluso se podrían eliminar si uno se enfoca en dar solución a un problema con una formulación más amplia.

Para analizar del problema y generar alternativas de solución se deben seguir las siguientes recomendaciones:

Eliminar las preferencias personales.

Omitir los requisitos que no tengan relación directa con la resolución del problema.

Transformar datos cuantitativos en cualitativos y hablar de ellos en términos generales. Por ejemplo, en lugar de decir “la pieza debe trabajar a 300°C” decir “La pieza debe trabajar a altas temperaturas”

Formular el problema y la solución en términos neutrales evitando dar detalles técnicos. Por ejemplo, en lugar de decir “medir la cantidad de alimento en bolsas” decir “medir la cantidad de alimento”.

5.5.4.2 Establecer estructuras funcionales.

Una vez que se determinó el problema principal es posible establecer una función general, esta se debe plantear en forma abstracta en términos de las variables de entradas y salidas. Por ejemplo, para una tostadora la entrada podría ser el voltaje y la salida el calor generado.

Dependiendo de la complejidad de la función principal ésta puede ser dividida en subfunciones. Naturalmente, las subfunciones individuales son de menor complejidad que la función general por lo que resulta más fácil identificar el punto de partida más útil para la búsqueda de soluciones. La combinación de subfunciones crea una estructura funcional que representa la función general (ver figura 5.38).

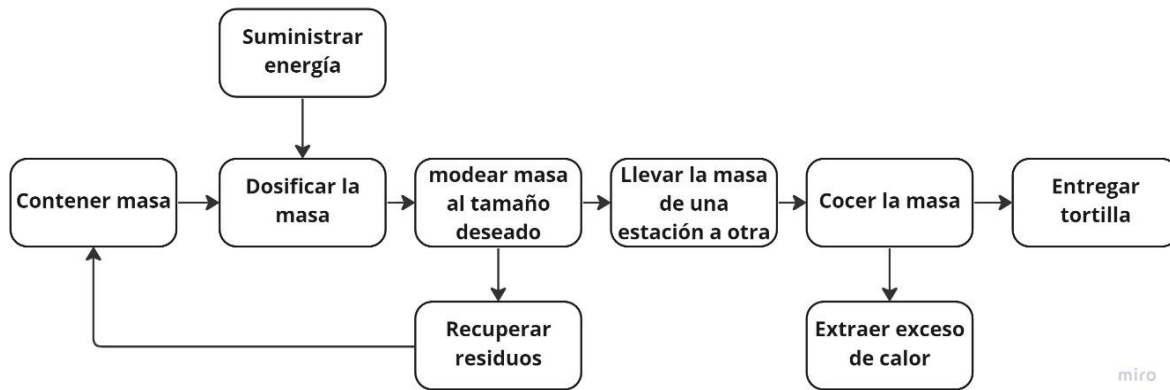


Fig. 5.38 Ejemplo de estructura funcional para una tortilladora

5.5.4.3 Desarrollar subsistemas.

Es necesario encontrar principios de solución a las subfunciones encontradas en el paso anterior. La propuesta de solución debe reflejar el principio físico que debe ser aplicado para cumplir una función en particular. En muchas ocasiones no es necesario buscar o aplicar algún principio físico de solución ya que el problema radica en la forma, es decir, en diseñar la geometría del producto.

Para ayudar a determinar el principio de solución, es útil realizar una matriz morfológica, en donde la primera columna corresponde a una función y las columnas siguientes corresponden a una propuesta de solución. Dependiendo del nivel de concretización que se desee, la propuesta puede ser la aplicación de un principio físico, una propuesta de características geométricas, una propuesta de material o una propuesta de ensamble (ver figura 5.39).



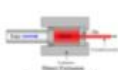




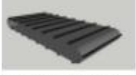


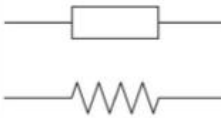




Función	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Dosificar la masa	 Tolva conectada a un husillo	 Manualmente	 Por extrusión
Aplanar y/o cortar la masa en la forma y tamaño deseado	 Mediante dos placas que ejerzan una presión sobre la masa	 Mediante rodillos con una matriz de corte.	 Con cuchillas
Llevar la masa de una estación a otra	 Algún dispositivo robotizado	 Con una banda transportadora	 Gravedad
Cocer la masa	 Usando gas	 Resistencias eléctricas	 Por inducción electromagnética
Eliminación de exceso de calor	 Disipador	 Disipador con ventilador	 Enfriamiento líquido

Fig. 5.39 Soluciones propuestas para la estructura funcional de una máquina tortilladora

Es posible que en este proceso se generen una gran cantidad de propuestas de solución, para hacer la selección de la mejor propuesta de solución se debe empezar por eliminar las propuestas de solución que sean completamente inadecuadas, es decir, en ocasiones una solución podría estar fuera del alcance de la empresa, intuitivamente podría implicar altos costos de producción, o no existe un proceso para llevarla a cabo el diseño. Si después de eliminarlas aún hay gran cantidad de propuestas de solución se puede usar una tabla de selección como la que se muestra en el ejemplo de la figura 5.40.

En general las propuestas de solución deben cumplir las siguientes metas:

- Ser compatibles con el problema principal y entre sí (Criterio A).
- Cumplir con las demandas de la lista de requisitos (Criterio B).
- Ser realizable (Criterio C).
- Estar entre los costos permitidos (Criterio D).

TH Darmstadt		Tabla de selección Para: Medidor de combustible		Pagina 1				
Introducir variante de solución	Criterios de selección (+) Si (-) No (?) Falta información (!) Revisar lista de materiales				Decisión Marcar variantes de solución (Sv) (+) Dar seguimiento (-) Eliminar (?) Recolectar información (!) Revisar lista de requerimientos para hacer cambios			
	Compatibilidad garantizada							
	Cumple con la lista de							
	Realizable en principio							
	Dentro de los costos permitidos							
	Incorpora medidas de seguridad							
	Preferido por la compañía							
	La información es adecuada							
	Observaciones							
	Sv	A	B	C	D	E	F	G
1	+	+	+	?				?
2	+	-						-
3	-							-
4	+	+	+	+	(+)			+
5	+	+	+	+				+
6	-							-
7	+	+	+	+				+
8	+	+	+	+			ver Sv 7	+
9								
10								
11								
117								

Fig. 5.40 Tabla de selección

Para cumplir con la función general, es necesario generar soluciones generales combinando los principios de solución en una estructura de trabajo. La base de dicha combinación es la estructura funcional establecida, la cual permite ver las asociaciones entre funciones. Para realizar este proceso se puede utilizar la matriz morfológica, en la figura 5.41 se muestran las combinaciones que se pueden formar con las soluciones propuestas.

Las siguientes recomendaciones son de utilidad para lograr formar combinaciones adecuadas de las soluciones propuestas para cada sistema.

- Se deben combinar únicamente sub-funciones compatibles, es decir, que la solución propuesta para un sistema no interfiera con la solución de otro sistema. Utilizando el ejemplo de la máquina tortilladora el sistema de dosificación en el que se propone utilizar una tolva y un husillo no es compatible con el sistema de corte por cuchillas.
- La búsqueda de soluciones debe limitarse solo a las que cumplan de la lista de requisitos.
- Se debe explicar por qué una solución puede ser mejor que la otra, de tal manera que la que presente mayor ventaja puede ser la solución definitiva.








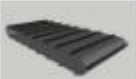
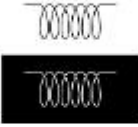

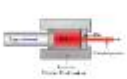


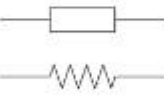



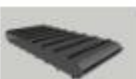
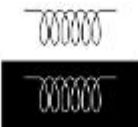

	Alimentación	Corte	Transporte	Cocción	Enfriamiento
Combinación 1:					
Combinación 2:					
Combinación 3:					
Combinación 4:					

Fig. 5.41 Matriz morfológica con las combinaciones de las soluciones propuestas

5.5.4.4 Desarrollar conceptos.

Antes de comenzar el análisis de las propuestas generadas en el paso anterior es necesario realizar una búsqueda de información que permita llenar las lagunas que aún pudieran existir acerca del principio de funcionamiento de cada una de las propuestas seleccionadas, al menos en forma aproximada, ya que aún es pronto para hacer un análisis exhaustivo. Por ejemplo, en el caso de la máquina tortilladora resultaría útil saber cuál es el costo aproximado de fabricar una resistencia eléctrica o de una bobina para inducción y sus principios físicos que gobiernan su funcionamiento como la ley de Ohm. Esta búsqueda de información debe centrarse en aquellas propuestas de solución que parezcan más prometedoras. Las propuestas de solución que provienen de prácticas recurrentes en la industria suelen ser las más rentables, en el ejemplo de máquina tortilladora puede resultar más prometedor utilizar resistencias eléctricas que una bobina de inducción, ya que es más extendido su uso en sistemas donde se requieren altas temperaturas.

Los datos necesarios se obtienen a partir de investigación, cálculos aproximados a partir de suposiciones iniciales, bocetos donde se muestran formas, requisitos de espacio, medidas preliminares etc. También se pueden obtener datos mediante experimentos o construcción de prototipos, simulaciones aproximadas en sistemas CAD- CAE-CAM, investigaciones de mercado, tecnologías, materiales, normativas etc.

5.5.4.5 Evaluar propuestas.

En primer lugar, se debe verificar que las propuestas que hayan sobrevivido hasta este punto sigan cumpliendo con los requisitos iniciales. También se puede dar el caso en este punto se llegue a la

conclusión de que no todos los requisitos puedan ser cumplidos y esto implicaría hacer otra iteración, pero con los nuevos requisitos.

Se deben establecer criterios de evaluación a partir de la siguiente clasificación:

- Funcionalidad
- Principio de funcionamiento
- Facilidad de realización.
- Seguridad.
- Ergonomía.
- Producción.
- Control de calidad.
- Ensamblaje.
- Transporte.
- Operación.
- Mantenimiento.
- Costo.
- Reciclaje.

Utilizando el ejemplo del sistema de alimentación para la máquina tortilladora los criterios de evaluación serían:

Funcionalidad: El sistema de alimentación debe suministrar la masa sin dejar residuos.

Principio de funcionamiento: Contar con la potencia necesaria para mover la masa.

Producción: La forma de las partes que conforman el sistema de alimentación deben poderse manufacturar fresadora y torno.

Un apoyo para evaluar las propuestas es utilizar el método propuesto por González, L. (2017) en el que se utiliza una matriz de comparación por pares donde según el criterio seleccionado se deben comparar dos propuestas diferentes e intuitivamente se debe asignar un valor mayor a la que consideremos que mejor cumple el criterio seleccionado (ver figura 5.42).

Para esto se asignará una letra a cada una de las especificaciones:

- Precio [**A**]
- Tamaño [**B**]
- Fácil Limpieza [**C**]
- Mantenimiento [**D**]
- Consumo energético [**E**]
- Capacidad de producción [**F**]
- Calidad de la tortilla [**G**]
- Velocidad de producción [**H**]

	A	B	C	D	E	F	G	H	SUMA	FACTOR
A		1	1	1	0	0	1	1	5	0.1786
B	0		1	0	0	0	0	0	1	0.0357
C	0	0		1	0	0	0	0	1	0.0357
D	0	1	0		1	0	0	0	2	0.0714
E	1	1	1	0		1	0	0	4	0.1429
F	1	1	1	1	0		0	0	4	0.1429
G	0	1	1	1	1	1		1	6	0.2143
H	0	1	1	1	1	1	0		5	0.1786
Total									28	

Fig. 5.42 Ejemplo matriz de comparación por pares para evaluar el requerimiento más importante

En este caso se dio un valor de 0 para la menos importante y de 1 para la más importante, pero se pueden definir otros rangos de valores. El factor de peso se determina dividiendo la suma de cada fila entre el total.

De la tabla se puede observar que el requerimiento de más importancia es la calidad de la tortilla.

Esta herramienta se puede utilizar para evaluar varias propuestas de solución, especificaciones o requerimientos ya sea en el aspecto económico o en el aspecto técnico.

Siguiendo con el método propuesto por González, L (2017), es necesario construir una matriz de decisión como la de la figura 43.

Criterios	Fac	Combinación 1		Combinación 2		Combinación 3		Combinación 4	
		Calif.	Punt.	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.
Precio	0.1786	2	0.3571	3	0.5357	3	0.536	1	0.179
Tamaño	0.0357	1	0.0357	4	0.1429	3	0.107	1	0.036
Fácil Limpieza	0.0357	1	0.0357	4	0.1429	2	0.071	1	0.036
Mantenimiento	0.0714	1	0.0714	1	0.0714	4	0.286	1	0.071
Consumo energético	0.1429	1	0.1429	1	0.1429	3	0.429	1	0.143
Capacidad de producción	0.1429	4	0.5714	1	0.1429	4	0.571	4	0.571
Calidad de la tortilla	0.2143	4	0.8571	3	0.6429	4	0.857	4	0.857
Velocidad de producción	0.1786	4	0.7143	2	0.3571	4	0.714	4	0.714
		2.7857		2.1786		3.571		2.607	

Fig. 5.43 Ejemplo matriz de decisión

En el ejemplo de la figura 5.43 se utiliza una escala del 0 a 4 para evaluar qué tanto cumple una combinación con el criterio establecido, para obtener la puntuación se multiplica por el factor de peso obtenido anteriormente, por último, se hace la suma de las puntuaciones obtenidas y el resultado nos

da la puntuación total de cada configuración. Como se puede observar la mejor opción es la combinación 3.

5.5.5 Materialización de conceptos

Esta fase tiene como objetivo convertir los conceptos desarrollados en información tangible, es decir, pasar de lo cualitativo a lo cuantitativo de tal manera que la fase de diseño de detalle solo se centre en generar la información concerniente a la producción. Los objetivos generales de esta fase son:

- Determinar la arquitectura del producto
- Formas de los componentes
- Seleccionar materiales
- Seleccionar método de producción
- Determinar costos.

La tarea de materializar las ideas generadas en la fase de diseño conceptual puede volverse bastante compleja ya que involucra todos los subsistemas. Un cambio en la disposición de los elementos o en sus formas puede provocar grandes cambios en el conjunto.

Existen una serie de pasos que se pueden seguir para esta fase de diseño. Como primer paso se deben identificar los requisitos que afectan el tamaño, luego los que determinan la disposición de los componentes y luego los que determinan el material.

A continuación, se deben determinar las limitaciones espaciales. Por ejemplo, si para el ensamblaje de un componente es necesario utilizar tornillos, se deberá contemplar el espacio que ocupará el atornillador. Para determinar la arquitectura del producto, así como las formas de los componentes, se deben realizar bocetos, los cuales facilitan el análisis. Es importante prever cualquier tipo de cambio por lo que no se debe considerar nada como definitivo, utilizar software de diseño 3D paramétrico permite realizar ediciones continuamente y en un tiempo relativamente corto.

Después se hacen diseños preliminares, estos deben incluir todos los subsistemas encargados de realizar las funciones principales. Los diseños deben reflejar la realidad, es decir, el diseño debe tener la configuración que podría presentar el producto final, para ello se debe considerar el tamaño que ocupa cada uno de los subsistemas. También debe contener información provisional de materiales y componentes auxiliares como elementos de sujeción, componentes para enfriamiento o transmisión de potencia. En medida de lo posible se deben seleccionar componentes auxiliares comerciales, los cuales se pueden seleccionar mediante catálogos de proveedores externos.

Los diseños deben realizarse bajo cálculos detallados, aplicación de normas, datos obtenidos por experimentación o principios de solución aplicados en proyectos previos.

Si se encuentra que algún requerimiento no se puede cumplir puede que sea necesario regresar y corregir conceptos deficientes.

Muchos productos no se desarrollan desde cero, sino que son mejoras de productos existentes que requieren tomar en cuenta nuevos requisitos y nuevos conocimientos o experiencias. Lo mejor es comenzar analizando las fallas de una solución existente y, con base a ese análisis, desarrollar una nueva lista de requisitos para generar nuevos principios de solución.

5.5.6 Diseño de detalle.

El diseño de detalle comprende la elaboración de planos de producción detallados lo cual incluye dibujos de cada uno de los componentes, instrucciones de ensamble, listas de materiales, medidas de control de calidad y si es necesario, manuales de operación para el usuario final. Para el caso de que los componentes vayan a ser fabricados con máquinas CNC, el uso de software de diseño 3D permite generar información adicional como los códigos para la programación del centro de maquinado.

Los dibujos deben contar con instrucciones precisas de fabricación, es decir, se debe especificar el proceso de manufactura, formas, dimensiones, tolerancias, ajustes, tratamiento térmico y acabado superficial.

El diseño de detalle sirve también para concretar la información correspondiente a componentes comerciales seleccionados en la fase anterior. Para ello se hace uso de manuales técnicos, catálogos de proveedores para selección de elementos de máquina y normas. Lo anterior garantiza que exista un canal de comunicación confiable entre el diseñador y las personas encargadas de fabricar las piezas.

5.5.7 Ingeniería inversa

En muchas ocasiones es necesario recopilar información de piezas o dispositivos existentes, esto sucede especialmente en empresas que se dedican al mantenimiento industrial, a este proceso se le conoce como ingeniería inversa y es una parte importante del proceso de diseño ya que también permite obtener alternativas de solución. Jiménez López & Luna Bracamontes (2010) define la ingeniería inversa como aquel proceso analítico-sintético que busca determinar las características y/o funciones de un sistema, una máquina o un producto o una parte de un componente o un subsistema.

6 Participación Profesional

6.1 Sistema de tracción para etiquetadora (proyecto de ingeniería inversa)

6.1.1 Objetivo

Describir el proceso que se llevó a cabo al generar la información necesaria para fabricación de refacciones para maquinaria industrial.

6.1.2 Alcance del proyecto

Este proyecto contempló la fabricación de un dispositivo de tracción nuevo para una etiquetadora de garrafón automática. Como el cliente no solicitó alguna mejora en el dispositivo, el análisis se limitó a determinar las medidas originales de las piezas desgastadas para garantizar el óptimo funcionamiento del dispositivo. El proyecto incluyó realizar el levantamiento del dispositivo y generar planos de fabricación del dispositivo.

6.1.3 Metodología Empleada

La metodología empleada se muestra en el diagrama de flujo de la figura 6.1.

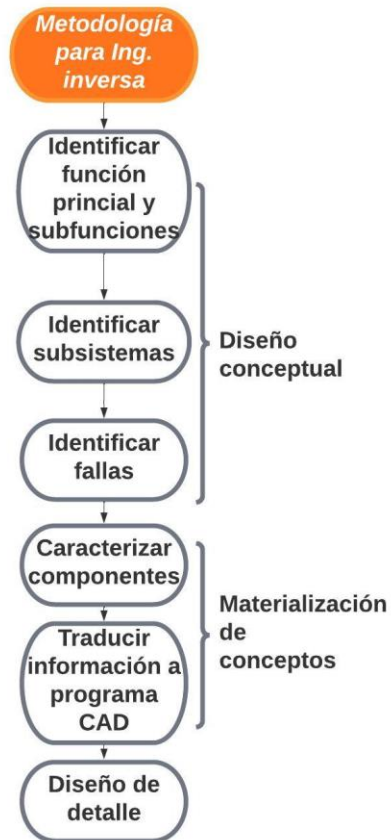


Fig. 6.1 Metodología utilizada para el proceso de ingeniería inversa

6.1.3.1 Función principal y subfunciones.

6.1.3.1.1 Función principal:

Transportar la etiqueta de la zona de alimentación de etiqueta a la zona de corte.

6.1.3.1.2 Subfunciones:

En la figura 6.2 se muestra la estructura funcional del sistema de tracción.

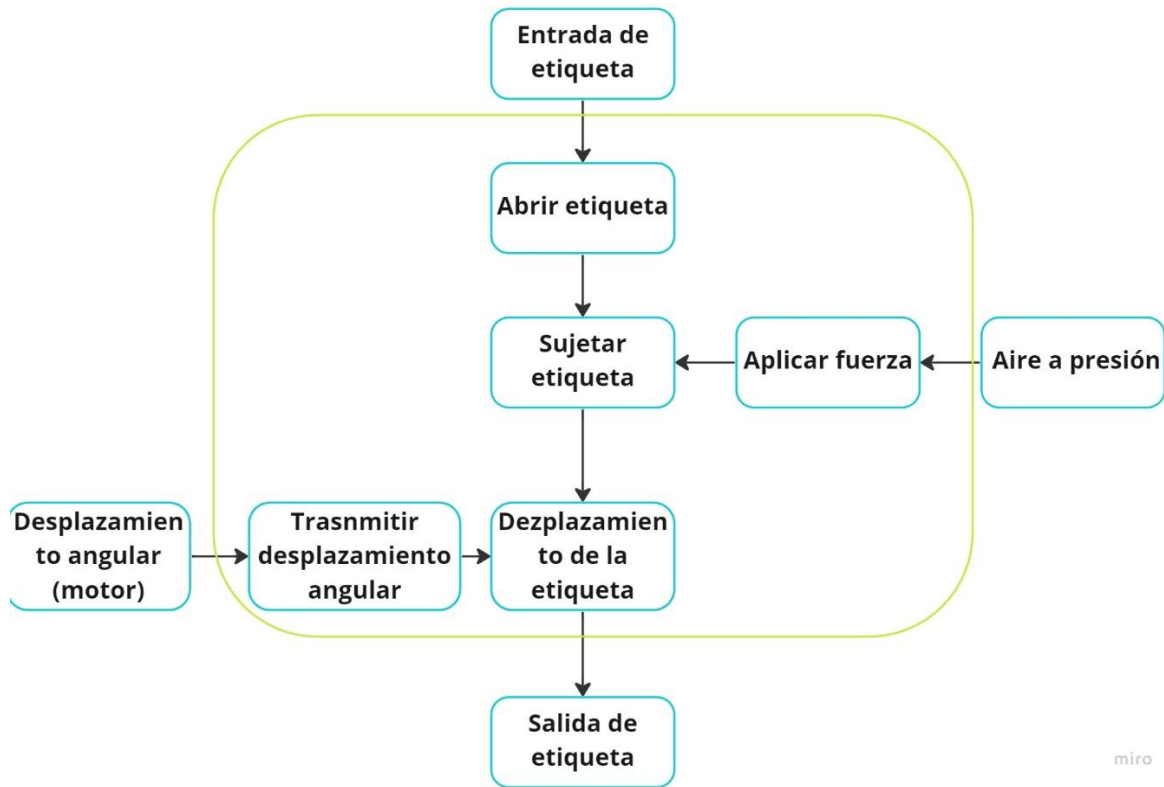


Fig. 6.2 Estructura funcional del sistema de tracción

De tal manera que las funciones principales quedan de la siguiente manera.

- Abrir la etiqueta
- Desplazar la etiqueta.
- Evitar el retroceso de la etiqueta.

6.1.3.2 Sistemas.

En las figuras 6.3 y 6.4 se muestran fotografías del dispositivo proporcionado por el cliente, al cual se le realizó una clasificación según las funciones identificadas previamente. Dando como resultado tres sistemas que se describen a continuación:

6.1.3.2.1 Sistema de transmisión

Este sistema se encarga de transmitir la potencia, proporcionada por el motor, a los rodillos para así lograr el desplazamiento de la etiqueta, el cual se compone por los siguientes elementos:

- Dos rodillos.
- Dos flechas.
- Dos engranes.
- Una polea.
- Una banda de transmisión.
- 6 baleros.
- 5 soportes para rodamientos.

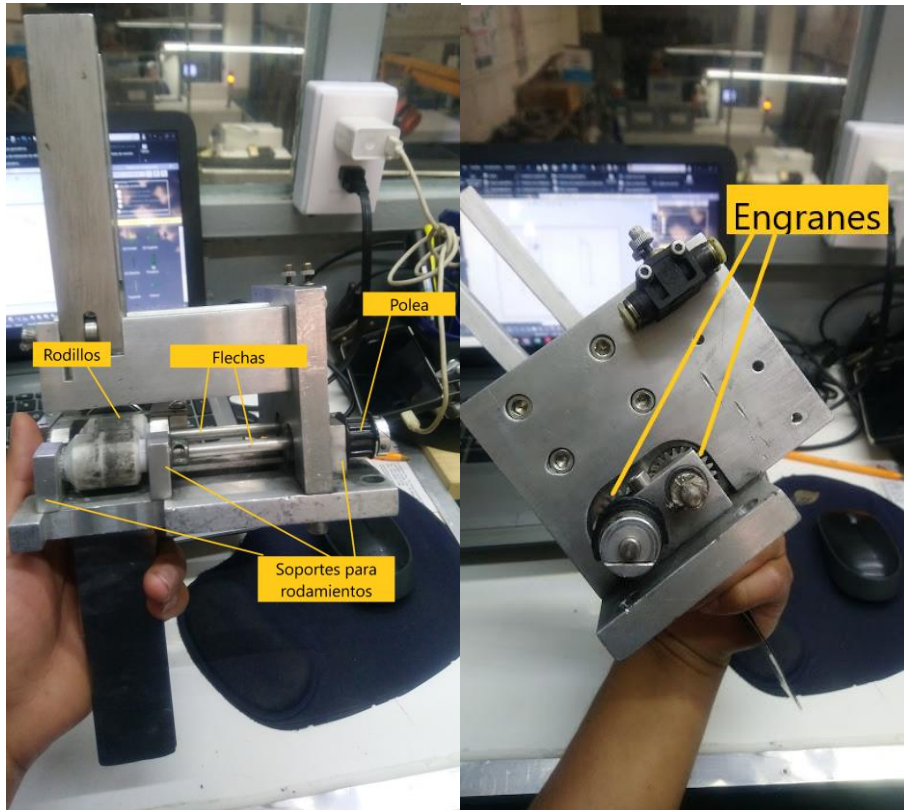


Fig. 6.3 Sistema de transmisión

6.1.3.2.2 Sistema de cierre

Tiene como objetivo empujar uno de los rodillos para mejorar la tracción entre el rodillo y la etiqueta, así como para evitar el retroceso de la misma. El cual está compuesto por:

- Un módulo de sujeción neumático (nombre comercial) (ver figura 6.5).
- Estructura del sistema de cierre.

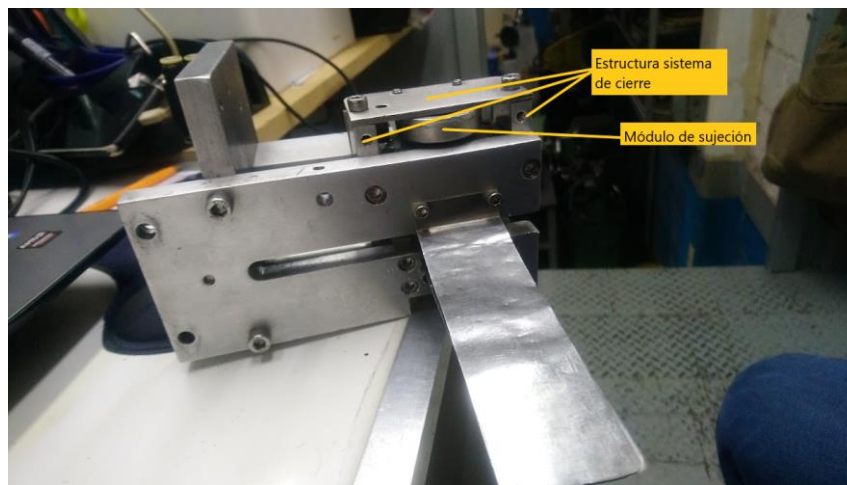


Fig. 6.4 Sistema de cierre



Fig. 6.5 Módulo de sujeción

6.1.3.2.3 Estructura principal

Se encarga de soportar a los sistemas mencionados anteriormente y además contiene características que permiten el montaje del dispositivo. Está compuesta por:

- Diversos componentes estructurales.



Fig. 6.6 Componentes estructura principal

6.1.3.2.4 Sistema de guías superior:

El sistema de guías tiene la función de abrir y guiar la etiqueta para mantenerla centrada mientras pasa a través del dispositivo, el cual se compone de los siguientes elementos:

- Estructura de lámina
- Un soporte para rodamientos en la parte central
- Dos rodamientos.
- Dos láminas en la parte inferior de la estructura principal.

Por último, se identificó que el montaje del dispositivo se hace mediante dos tornillos en la base y dos tornillos en el soporte trasero (ver figura 6.7).

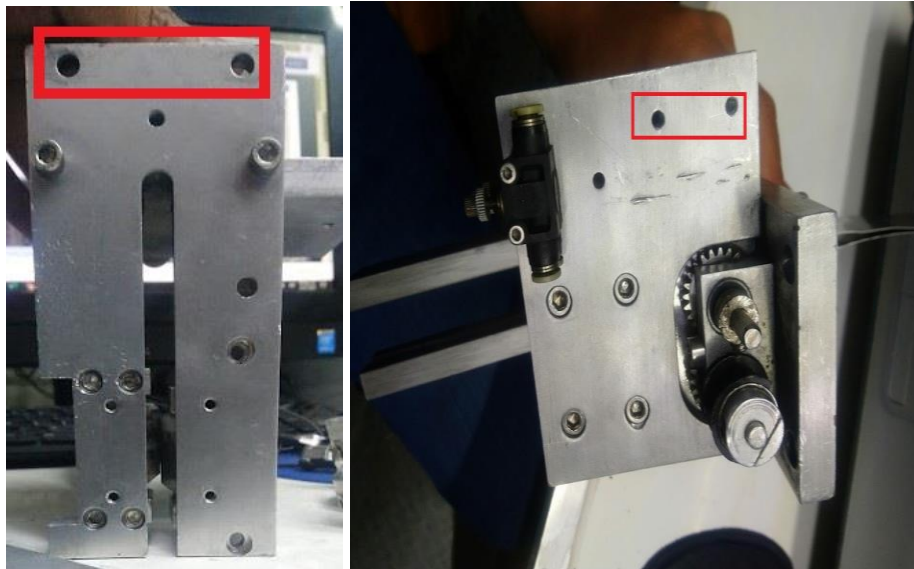


Fig. 6.7 Barrenos para paso de tornillos de montaje en base y soporte trasero. Estos barrenos son de especial importancia ya que si no se registra correctamente su media el dispositivo no podrá montarse en el equipo

6.1.3.3 Fallas

- Juego excesivo en los componentes del sistema de transmisión del dispositivo.
- Pérdida de ajuste de los baleros.
- Pérdida de tracción en los rodillos que suministran la etiqueta, lo que provoca deslizamiento entre los rodillos y la etiqueta.
- Fugas de aire en el módulo de sujeción.
- Falta de algún elemento de seguridad para mantener rodamientos en los soportes.

6.1.3.4 Caracterizar componentes

Para esta parte se tomaron fotografías (ver figura 6.8), las cuales sirven como apoyo visual para traducir la información al programa CAD, además de que se pueden observar características que se pudieran llegar a pasar por alto en los bocetos.



Fig. 6.8 Fotos para el levantamiento del sistema de tracción para maquina etiquetadora

Se llevó a cabo el despiece del dispositivo para facilitar el dimensionamiento de los componentes y obtener información de los elementos comerciales. La obtención de las medidas se hizo mediante el uso de un calibrador y calibre de roscas. Las medidas se toman en zonas de la pieza que no hayan sufrido desgaste. De las medidas obtenidas se realizaron los bocetos necesarios. Se muestran algunos ejemplos en la figura 6.9.

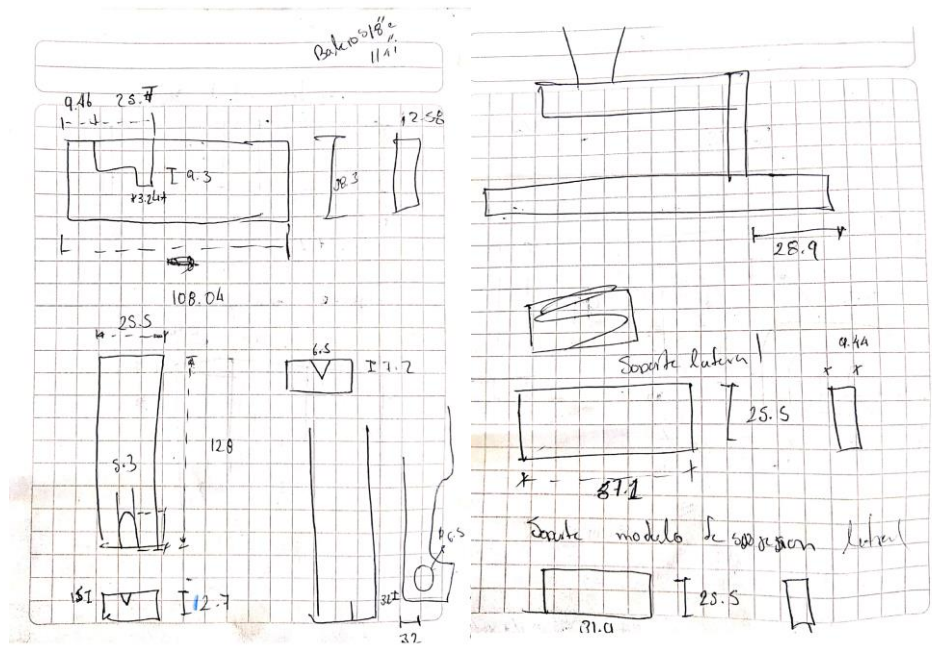
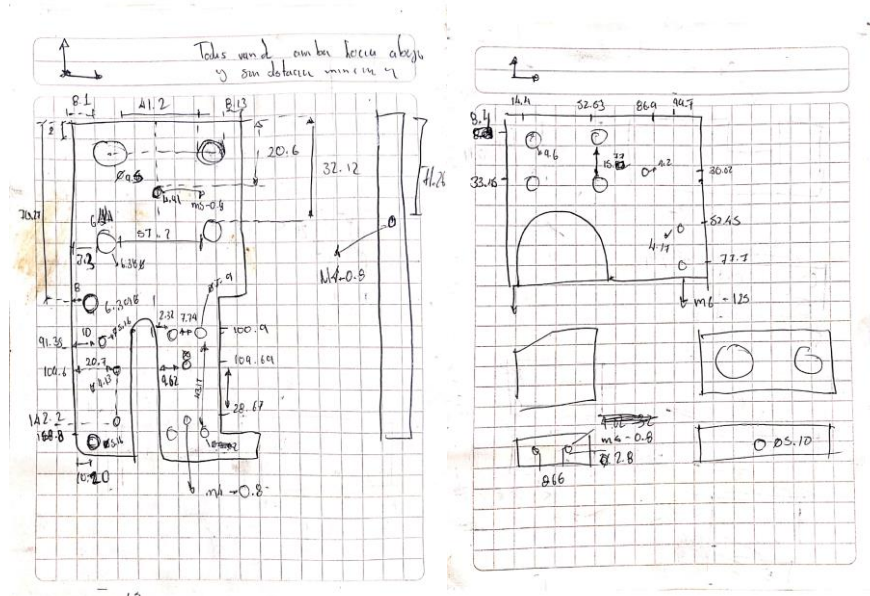


Fig. 6.9 Bosquejos del sistema de tracción

La selección del material para dar la solución a los requerimientos depende de varios factores. En la empresa normalmente los requisitos de tiempo son muy cerrados así que no es posible hacer un análisis exhaustivo que justifique en su totalidad el material a utilizar, por lo que en la empresa se utilizan los siguientes criterios para hacer la selección:

- El cliente ha solicitado un material en específico.
- El material se puede identificar de manera visual.

- Si el material se puede identificar de manera visual, determinar el tipo de aleación que mejor se adapta a la función que realizará el componente. En donde lo más práctico es obtener información de las hojas de datos de los materiales.
- Si en proyectos previos ya se ha fabricado un componente que va a realizar la misma función se debe seleccionar el mismo material y el mismo tratamiento térmico.
- Seleccionar un material que no eleve el costo de producción fuera de los límites establecidos.
- Seleccionar un material que se encuentre en almacén o que exista disponibilidad con el proveedor.

De acuerdo a lo anterior se determinó lo siguiente:

6.1.3.4.1 Sistema de transmisión:

- Rodillos: nylon
- Flechas del sistema de transmisión: acero inoxidable AISI 304. De la variedad de aceros inoxidables que existen, se seleccionó el AISI 304 por ser el más económico, por su alta disponibilidad, resistencia a la corrosión (debido a que el sistema es susceptible a mojarse) y buena resistencia mecánica.
- Soportes de rodamientos: de acuerdo a sus características visuales se determinó que el material era aluminio.
- Engranajes: el material no se logró identificar visualmente así que se seleccionó AISI 1045 ya que, según su ficha técnica, está indicado para uso en engranajes de baja carga y baja velocidad. Será sometido a nitruración para aumentar su resistencia superficial.

Para la fabricación del engrane es necesario conocer su módulo. Como se trata de un engrane recto el modulo se puede obtener utilizando las siguientes fórmulas (Casillas, 2008).

$$D_p = ZM$$

$$D_e = D_p + 2M$$

Donde

De= diámetro exterior, mm

Dp=diámetro primitivo, mm

M=modulo, mm

Z=número de dientes, adimensional

Sustituyendo Dp en De se tiene que:

$$D_e = M(2 + Z)$$

Despejando

$$M = \frac{D_e}{Z+2}$$

Al hacer la medición del engrane se obtuvieron los siguientes datos:

De=26.67

Z=25

Sustituyendo:

$$M = \frac{26.67mm}{25+2} = 0.9877mm$$

El valor del módulo se redondeó a 1mm para que coincida con un valor de módulo nominal.

- 8 baleros tipo r4. Para determinarlo se tomó la medida del diámetro interior y del diámetro exterior y se buscó un rodamiento con dichas medidas en el catálogo. El término “r4” es el código con el que se identifica ese tipo de balero en los catálogos.
- 1 polea tipo 20mx1025. De igual manera, se midieron las características de la polea y se buscó el código en el catálogo.

6.1.3.4.2 Sistema de cierre:

- Se identificó un módulo de sujeción neumático marca festo.
- Estructura que soporta el módulo de sujeción: aluminio el cual se identificó de manera visual.

6.1.3.4.3 Estructura principal:

- Láminas guía: lámina cal 16 AISI 304, el cual fue seleccionado por su alta disponibilidad, por ser el más económico respecto a otros aceros inoxidable, por su resistencia a la corrosión y se seleccionó que fuera lámina para ser cortado por láser.
- Componentes estructurales: aluminio, se identificó de manera visual.

6.1.3.4.4 Guía superior:

- Estructura principal de lámina cal. 16 de acero inoxidable AISI 304.
- Soporte para baleros de aluminio.
- 2 rodamientos tipo r4.

6.1.3.5 Traducción de información al programa CAD.

De la figura 6.10 a 6.14 se presenta el modelado de los sistemas identificados anteriormente.

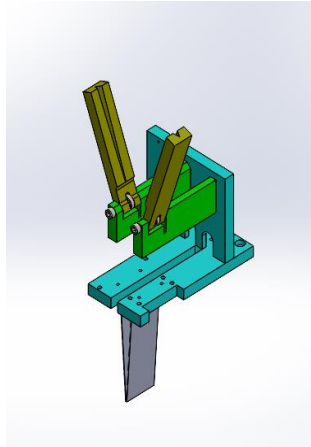


Fig. 6.10 Estructura principal

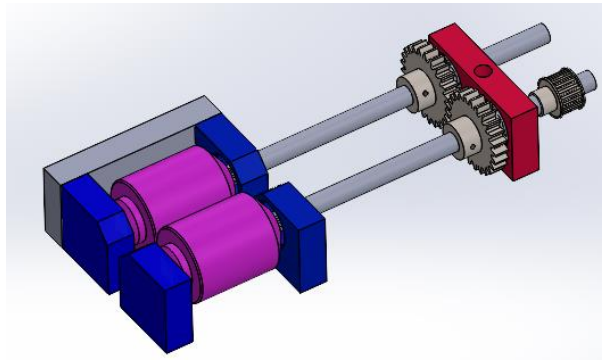


Fig. 6.11 Sistema de Transmisión

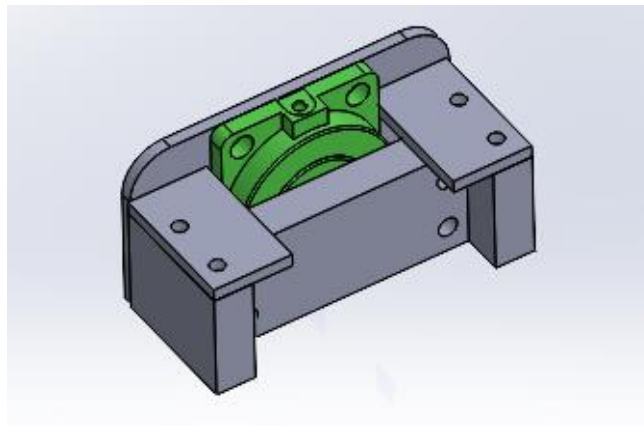


Fig. 6.12 Sistema de cierre

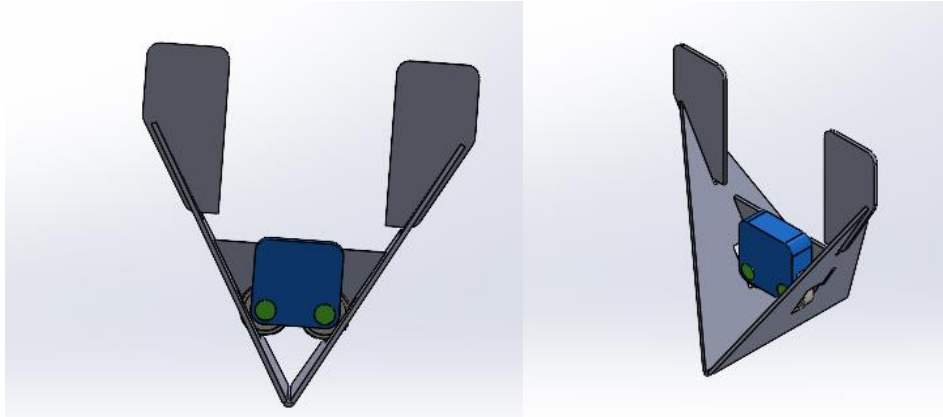


Fig. 6.13 Guía superior

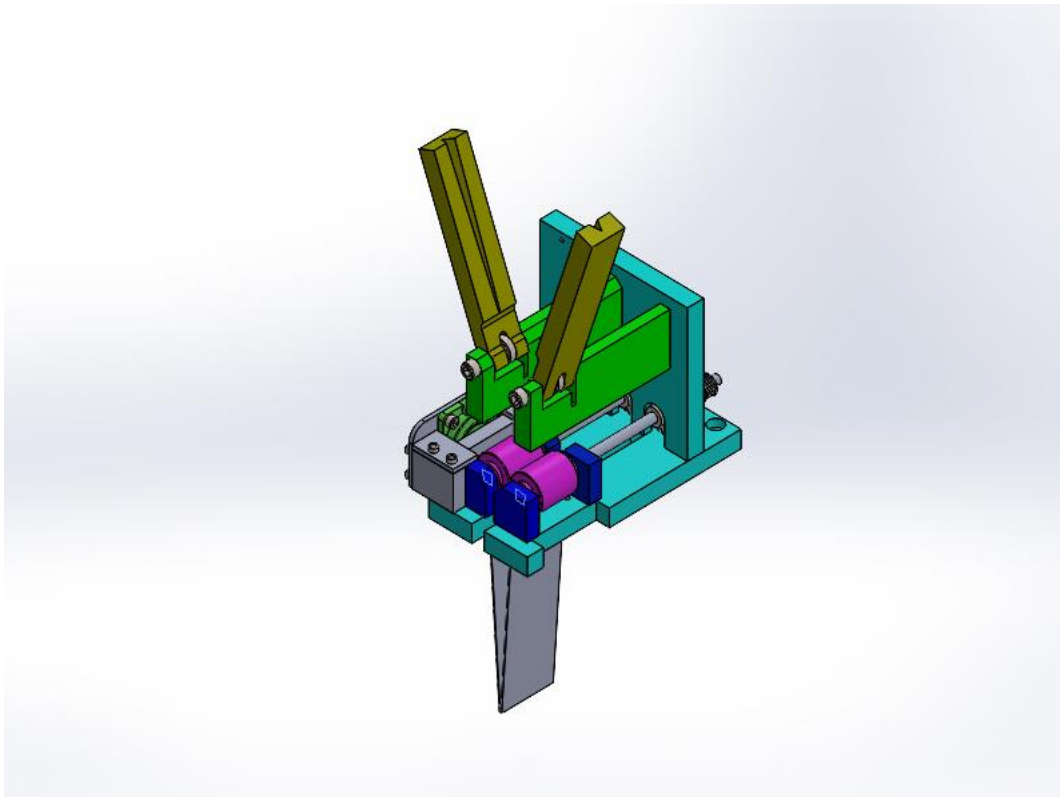


Fig. 6.14 Modelo 3D del sistema de tracción

6.1.3.6 Diseño de detalle

Para la parte de diseño de detalle se generaron los planos de fabricación, y listas de materiales. Los planos se encuentran referenciados a la norma ASME Y 14.5 R2009. En la lista de materiales se especifica el material para cada uno de los componentes y las medidas del material que se debe solicitar al proveedor. También se encuentran especificados los componentes comerciales como los rodamientos, poleas, anillos de retención para baleros y la tornillería a emplear. Este proyecto fue fabricado utilizando torneado convencional, fresa convencional, corte laser y dobléz de lámina.

Debido a que ninguna de las superficies de los elementos estructurales realizará alguna función en específico, para todas las piezas se seleccionó una rugosidad de 1.6 micrómetros, el cual se especifica mediante el símbolo N7. El símbolo le indica al operador que la pieza debe ser fabricada mediante un proceso de arranque de viruta, y en conjunto con la especificación de la rugosidad, el operador puede entender que la pieza se debe obtener solamente mediante operaciones de fresado o torneado

En la figura 6.15 se presenta la base de la estructura principal. Un detalle que se puede observar en este plano es que se utiliza una tabla de barrenos para evitar saturar el espacio con cotas.

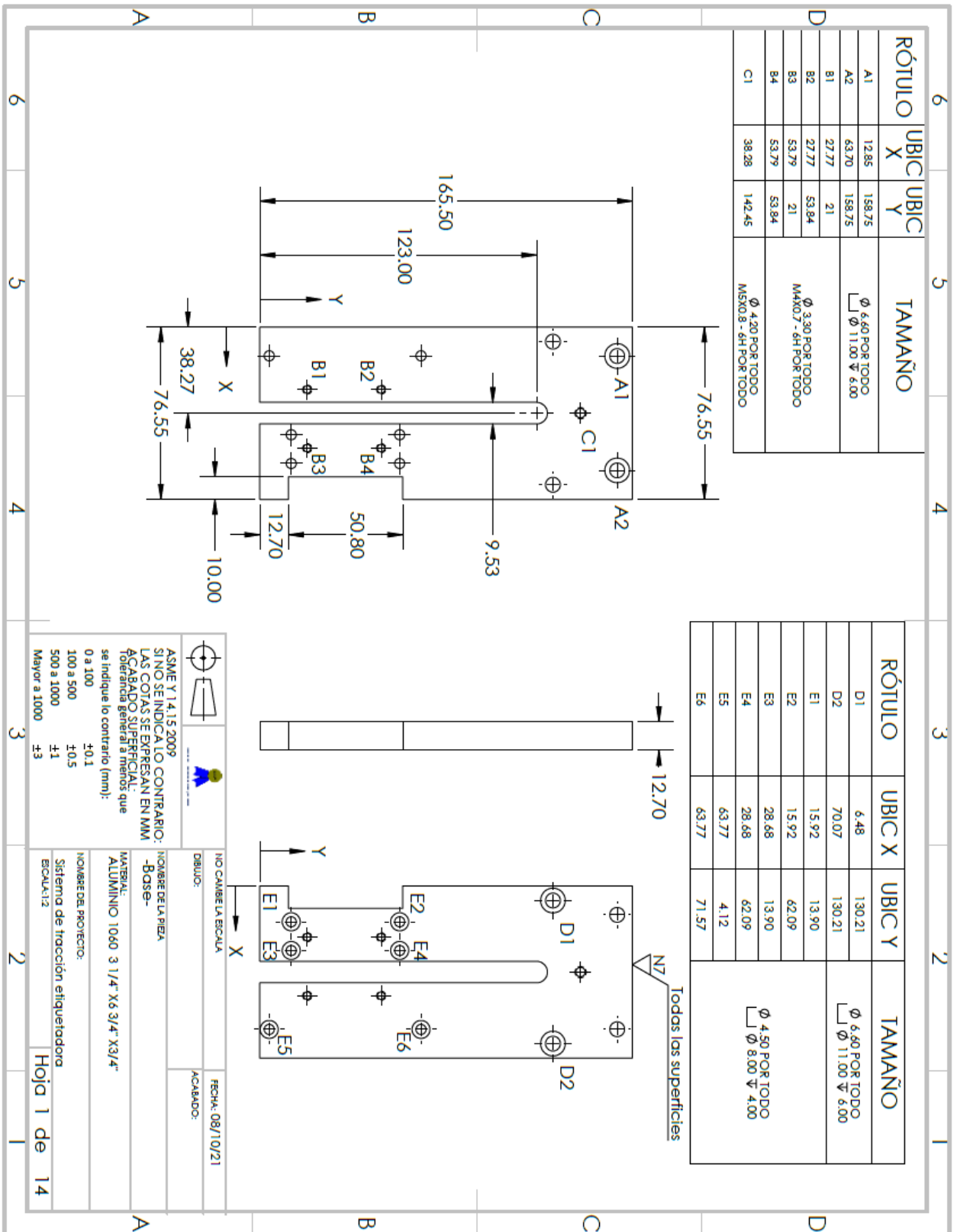


Fig. 6.15 Plano de fabricación de la base del sistema de tracción para etiquetadora

En el plano de la figura 6.16, el ajuste para el balero se determinó a partir de la tolerancia establecida por el fabricante, el cual utiliza un sistema con base en el eje. El fabricante especifica una zona de tolerancia h5 (para el cual corresponde un desviación superior de 0.00 mm y una desviación inferior de -0.008) para diámetros exteriores de balero entre 10 y 18 mm (*SKF*, n.d.), en la sección de ajustes de precisión (zona de tolerancia h5) se seleccionó un ajuste de arrastre, el cual está indicado para ajustes de baleros que soportan carga ligera, por lo que la zona de tolerancia para el agujero debe ser M6 (para el cual corresponde un límite superior de 0. mm y un límite inferior de -0.02). Para facilitar la lectura del plano al operador, el ajuste se indicó en el plano de manera explícita y se agregó una nota indicando que se debe ajustar el barreno con un balero.

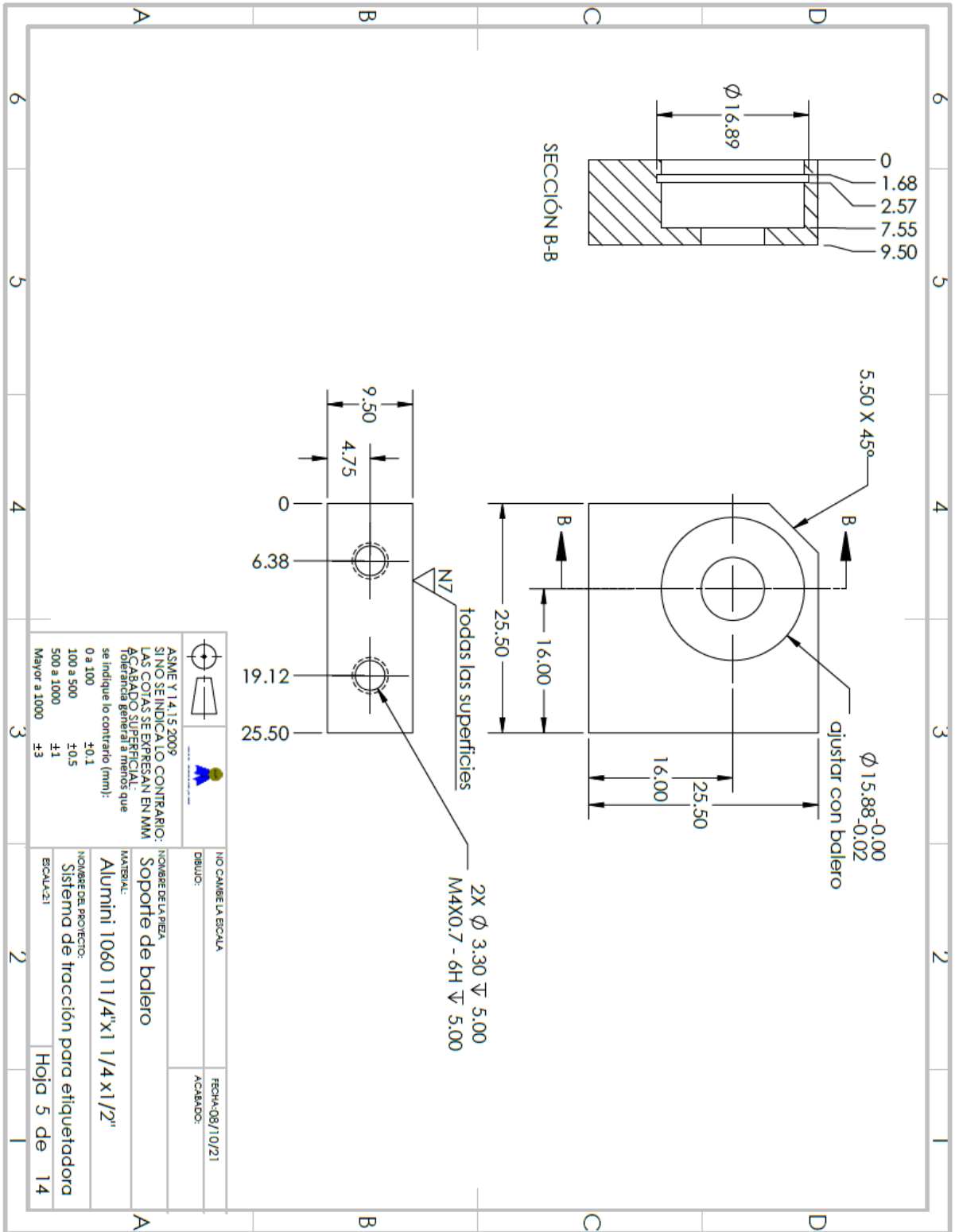


Fig. 6.16 Plano de fabricación del soporte para baleros para el sistema de tracción para etiquetadora

Para la fabricación del engranaje de la figura 6.17 se dan indicaciones para maquinarse en torno y además se añade la especificación de la fresa que debe ser utilizada para tallar el engrane.

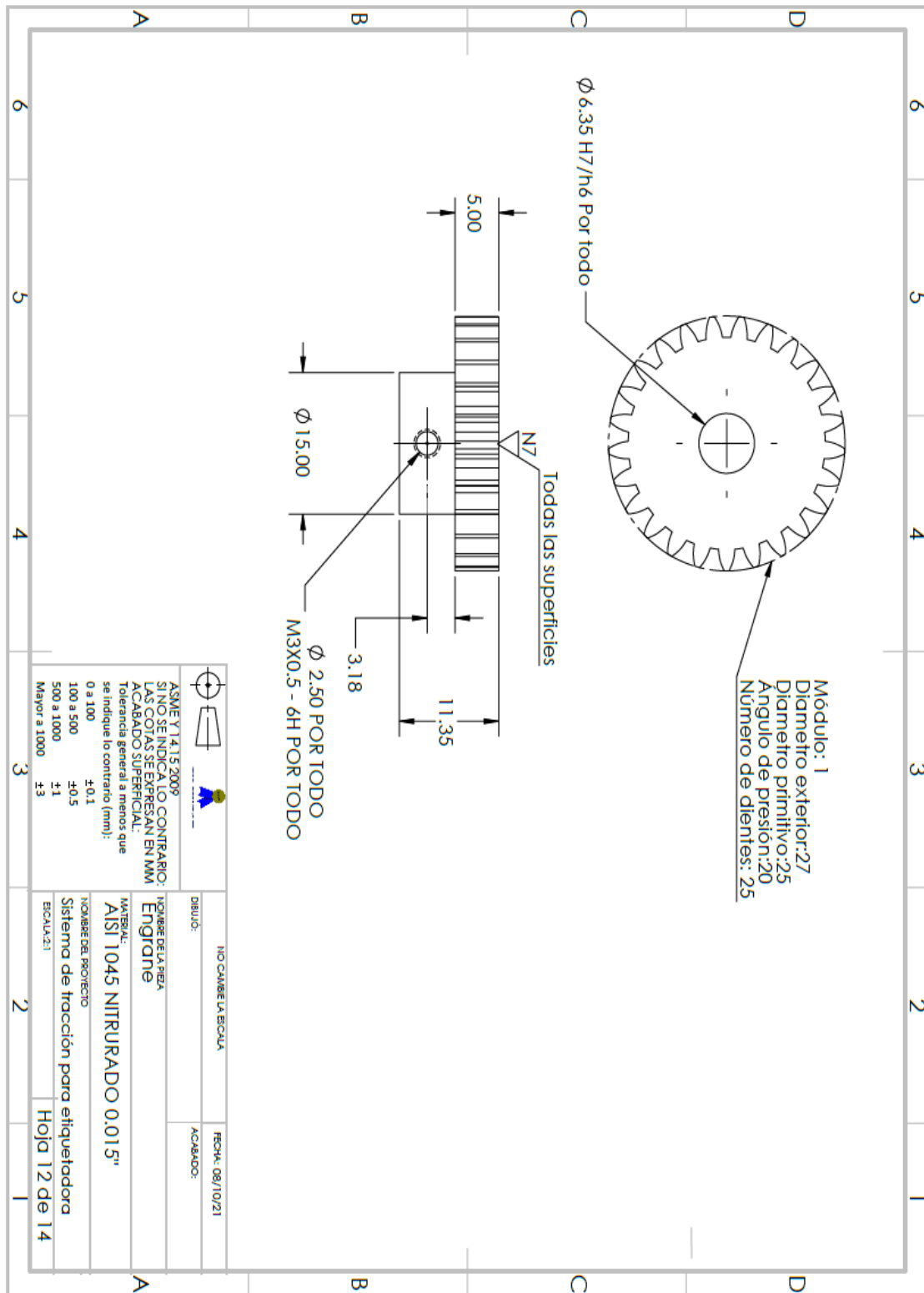


Fig. 6.17 Engranaje del sistema de tracción

El plano de la figura 6.18 corresponde al cuerpo del sistema de guía superior, en el cual solo se indica la cantidad de lámina que se ocupará para el corte láser, notas para el plegado de la lámina y las características del material que se va a utilizar.

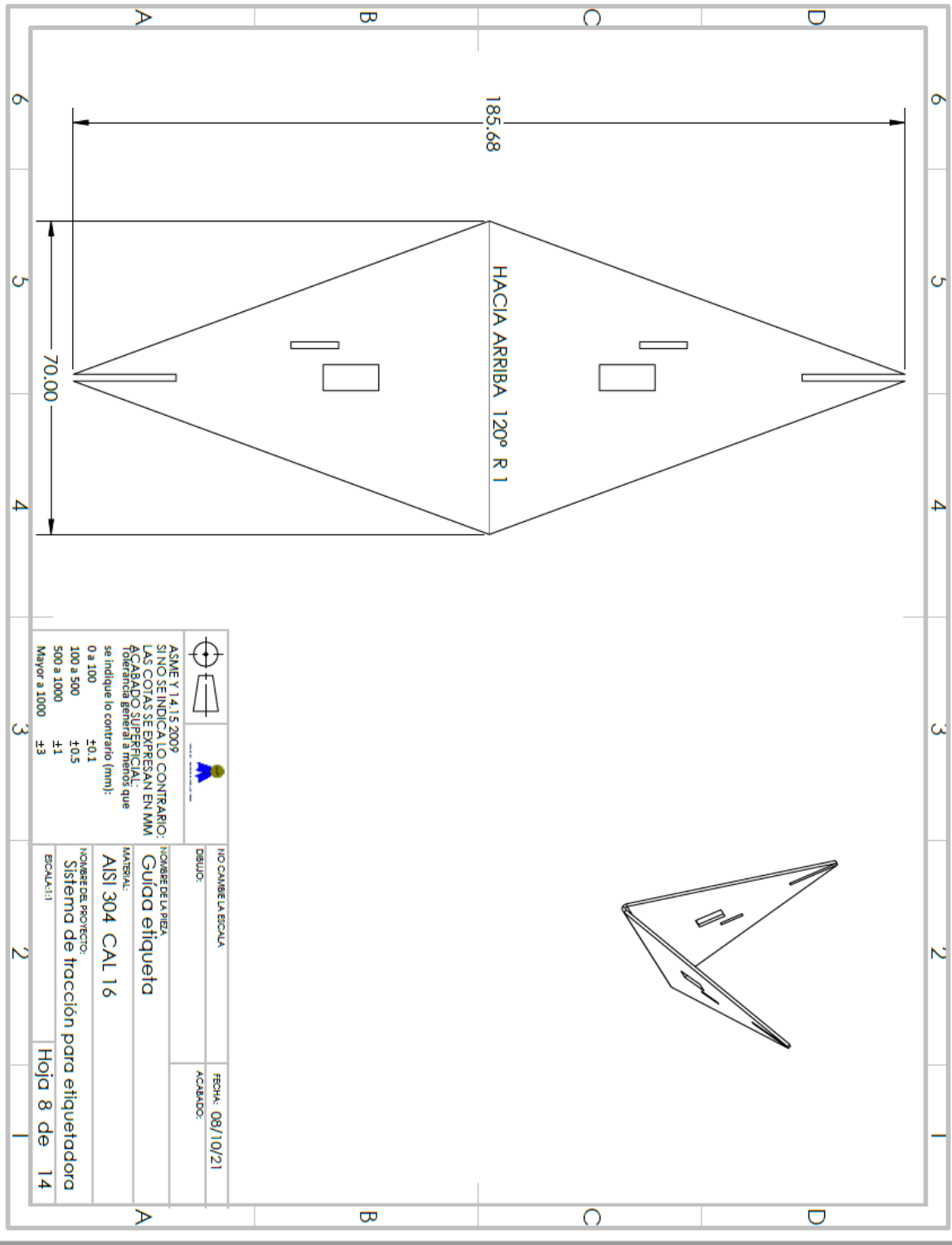


Fig. 6.18 Plano auxiliar para el corte y dobléz del componente principal de la guía superior

En el plano de la figura 6.19 se muestra una vista isométrica del ensamble, así como del explosivo. La lista de materiales incluye el nombre de cada pieza, cantidad de piezas, número de elementos, material, tornillería y características de los componentes comerciales.

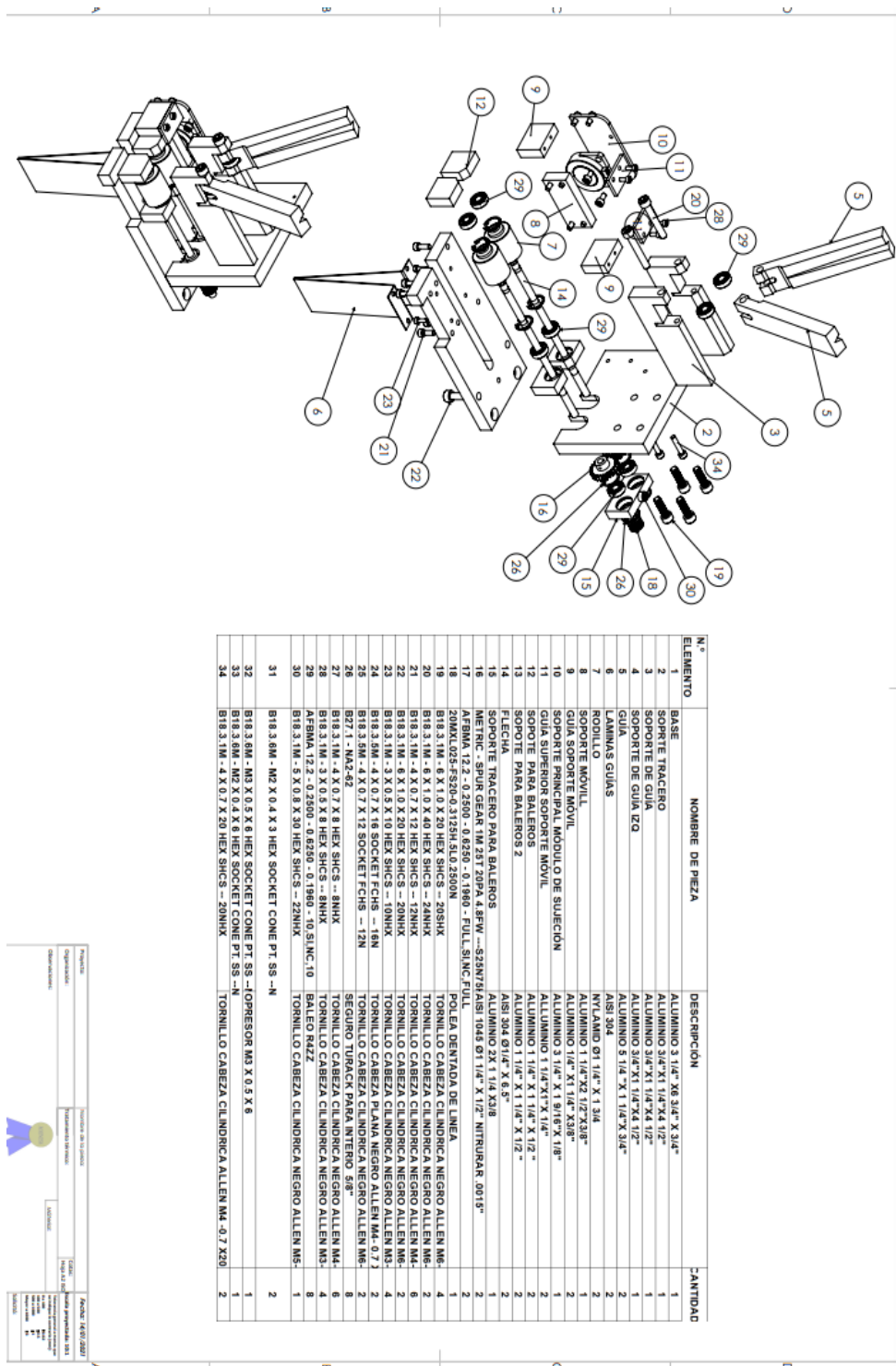


Fig. 6.19 Ensamble y lista de materiales

6.1.4 Producto terminado.

En la figura 6.20 se muestra el dispositivo terminado, además también se incluye una vista del dispositivo ya montado en la máquina.

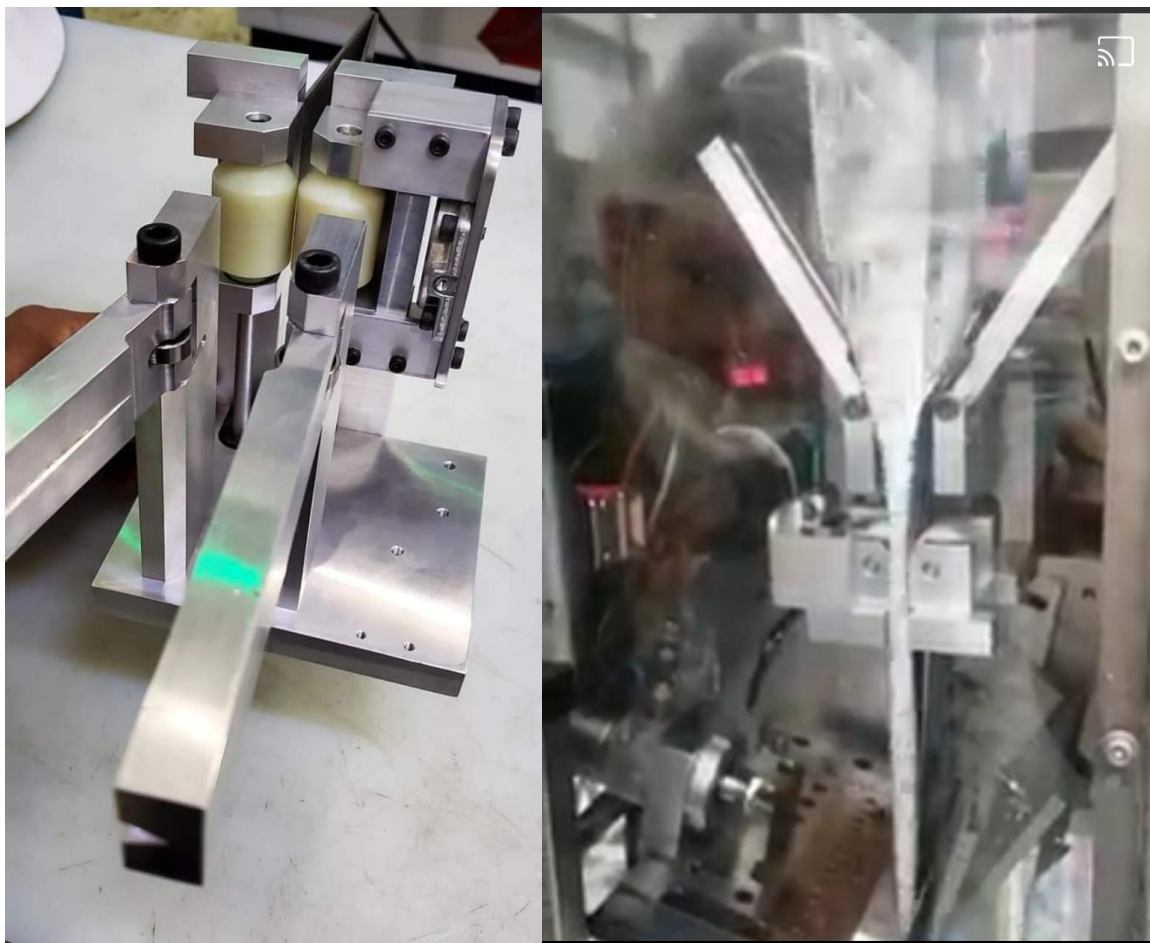


Fig. 6.20 Sistema de tracción terminado

6.2 Diseño de un escantillón

6.2.1 Objetivo

Describir en términos generales el proceso que se llevó a cabo para el diseño de un escantillón que será utilizado en la medición de un componente de producción en masa denominado striker braket.

6.2.2 Alcance del proyecto.

El proyecto contempló realizar el diseño y fabricación del dispositivo de medición. El diseño del dispositivo se hizo a partir del plano del componente, el cual fue proporcionado por el cliente.

6.2.3 Metodología

Para este proyecto se utilizó en términos generales la metodología descrita en la sección 5.5

6.2.3.1 Requerimientos.

Los componentes que se utilizan para medición deben estar diseñados según el plano proporcionado por el cliente. En la figura 6.21 se muestra una parte del plano, en el cual se ocultan algunas dimensiones por confidencialidad.

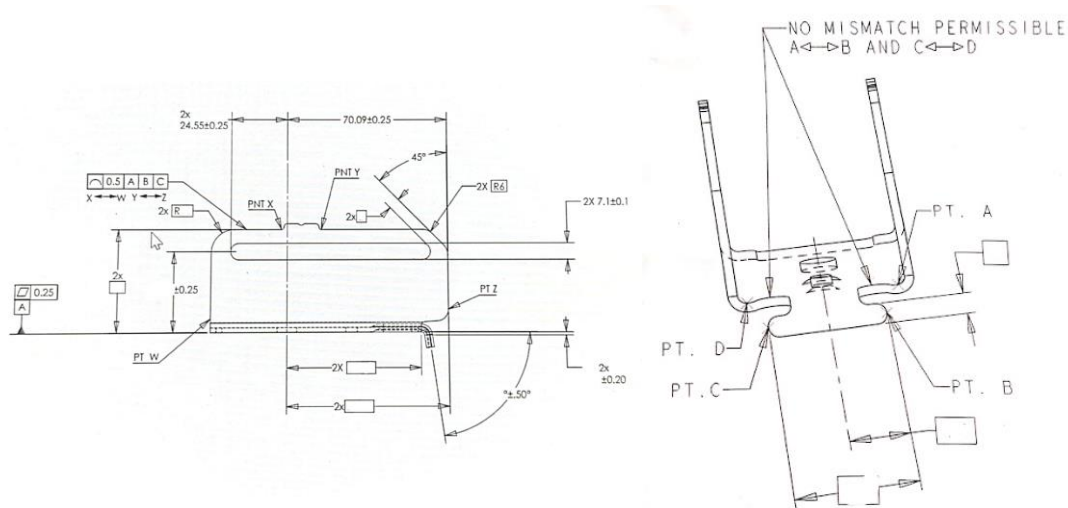


Fig. 6.21 Plano de fabricación del striker braket.

El cliente definió los siguientes requerimientos:

- Debe ser capaz de verificar la medida de todas las características del producto
- Los componentes manufacturados deben ser fabricados con ajustes de precisión (ver figura 5.29)
- La dimensión del dispositivo debe ser menor a 50x50 cm
- La torre principal debe ser fabricada con acero AISI 4140
- Los componentes para realizar la medición deberán fabricarse de acero AISI D2 templado
- Se debe asegurar la posición de los componentes mediante pernos de registro
- Es sistema debe ser ligero y fácil de transportar

- Utilizar componentes comerciales en donde sea posible
- Verificar que el dispositivo se encuentre dentro de las tolerancias establecidas por el cliente.

6.2.3.2 Diseño conceptual

La función general del dispositivo es verificar que las características del striker bracket se encuentren dentro de las tolerancias geométricas y dimensionales establecidas en el plano.

Debido a que se han realizado diferentes proyectos similares en la empresa, decidí usar principios de solución que ya han sido utilizados con anterioridad y que son ampliamente empleados en el diseño de estos dispositivos. De tal manera que se generaron las siguientes propuestas de solución:

- Para verificar las medidas de las características del producto se propuso utilizar calibres conocidos como pasa o no pasa (Go/no Go).
- Se propone la fabricación de un bloque o torre para colocar el striker bracket y los datums.
- Para los calibres de medición se propone que su fabricación sea realizada con ajustes de precisión, es decir, serán sometidos a un proceso de rectificado para dar el ajuste final.
- Los componentes que no serán utilizados para medición serán fabricados de aluminio para reducir el peso.
- Para facilitar el transporte se propuso utilizar agarraderas comerciales.

Para determinar la mejor forma de representar a los datums B y C se proponen 3 alternativas (ver figura 6.22).

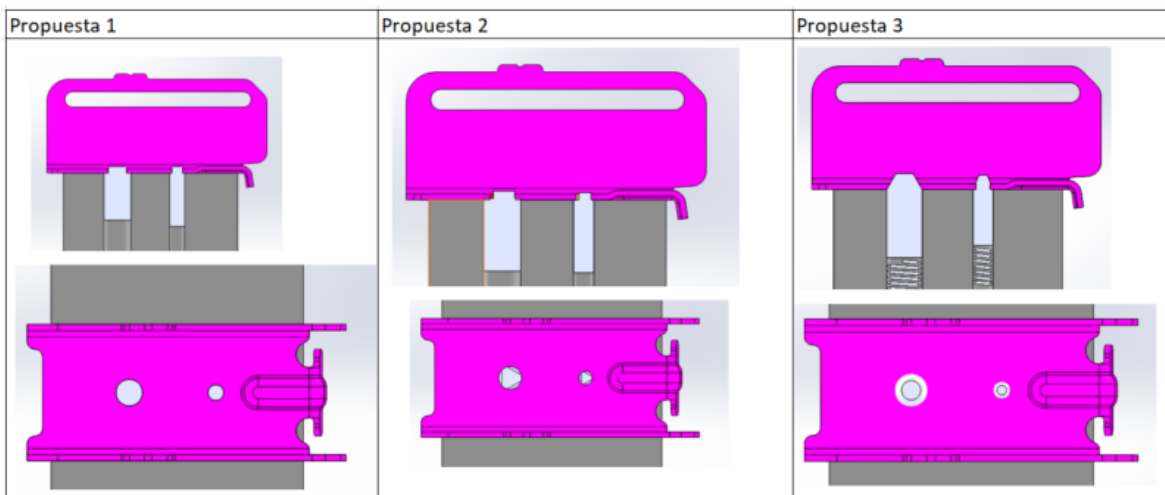


Fig. 6.22 Propuestas para el diseño de los datums B y C

La primera propuesta consiste en 2 pernos simples.

La segunda propuesta consiste en dos pernos a los cuales se les hizo tres cortes, esto con la intención de evitar atascamientos al extraer la pieza (ver figura 6.23).

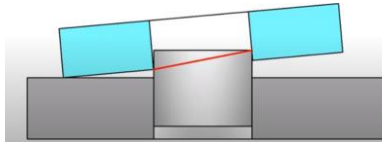


Fig. 6.23 Atascamiento de la pieza con el datum

La tercera propuesta consiste en un perno cónico el cual se encuentra suspendido por un resorte. Para evaluar las propuestas se hizo una matriz de comparación por pares y se evaluaron los siguientes criterios:

- A) Mantener la posición de la pieza.
- B) Rapidez de fabricación.
- C) Evitar daños a la pieza.

	A	B	C	suma	Factor
A			1	0	1
B	0			0	0
C	1	1		2	0.66666667
			Total	3	

Fig. 6.24 Matriz de comparación por pares

De la figura 6.24 se tiene que el criterio más importante es que el perno debe evitar causar un daño a la pieza.

Criterios	Factor	Propuesta 1		Propuesta 2		Propuesta 3	
		Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación
A	0.33333333	3	1	3	1	4	1.33333333
B	0	4	0	2	0	4	0
C	0.66666667	2	1.33333333	3	2	4	2.66666667
			2.33333333		3		4

Fig.6.25 Matriz de decisión

De la figura 6.25 se determinó que la propuesta 3 es la mejor opción.

6.2.3.3 Materialización de conceptos

En esta parte, lo primero fue diseñar los calibres pasa o no pasa los cuales nos permiten verificar que el tamaño de una característica se encuentre dentro de los límites establecidos. Para su diseño se parte de la geometría original de la pieza, la parte pasa de la pieza debe tener el mínimo de material que permite la tolerancia de la característica y la parte no pasa debe tener el máximo de material permitido por la tolerancia.

Por ejemplo, para la ranura mostrada en la figura 6.26 el plano establece una tolerancia en el ancho de la ranura de ± 0.05 mm y en el largo de ± 0.25 mm (desde al datum B a cada uno de los bordes ver figura 6.21).



Fig. 6.26 Detalle de la ranura del striker braket

A partir de la medida nominal de la ranura, se simularon las variaciones permitidas por la tolerancia. En la figura 6.27 se muestra la medida original y las desviaciones máxima y mínima.

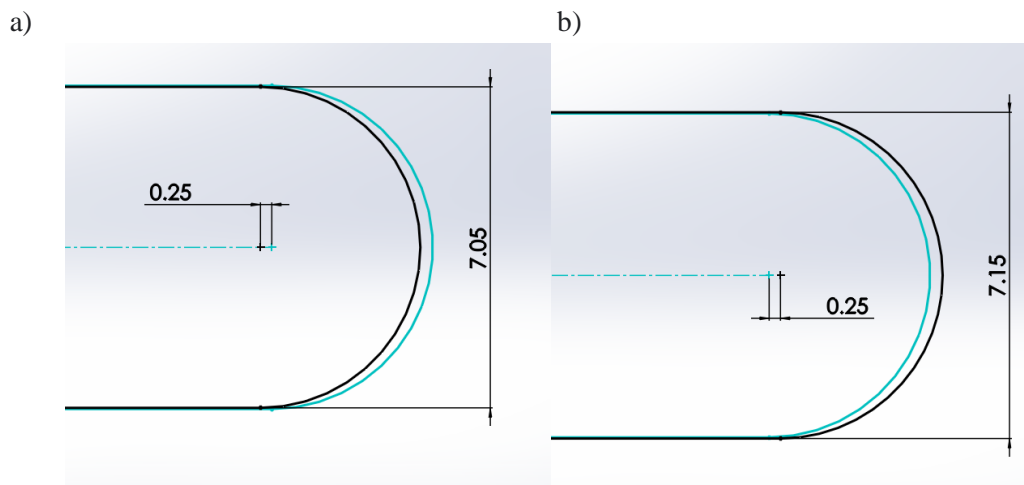


Fig. 6.27 a) Mínima cantidad de material permitida por la tolerancia. b) Máxima cantidad de material permitida por la tolerancia. Las líneas en color azul representan la medida nominal

A partir del croquis de la figura 6.27 se creó el modelo 3D del calibre pasa o no pasa, el cual se muestra en la figura 6.28.

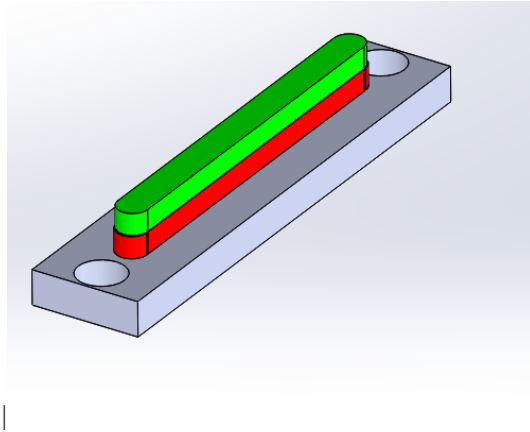


Fig. 6.28 Calibre pasa-no pasa.

En la figura 6.29 se observa como la parte verde de la pasa-no pasa se encuentra en el interior de la ranura mientras que la parte roja queda por fuera de la ranura. El mismo procedimiento es utilizado para generar los calibres pasa-no pasa para cada una de las características de la pieza.

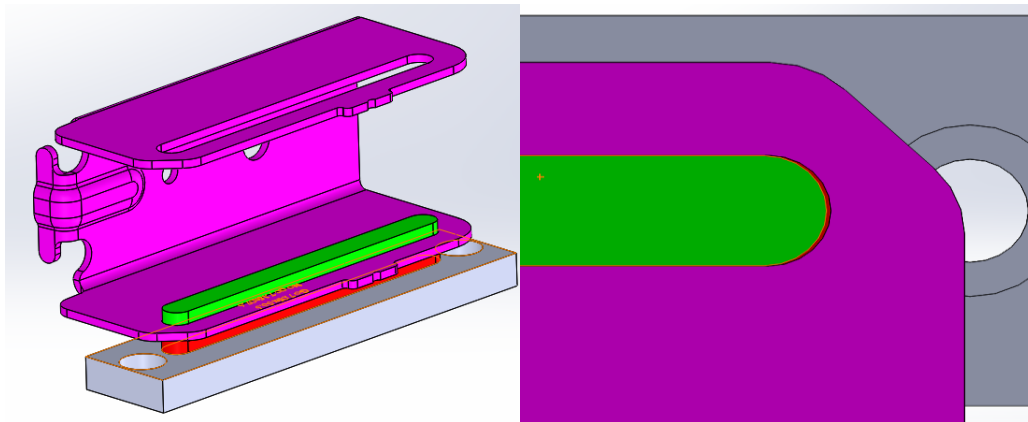


Fig. 6.29 Ensamble de la pasa- no pasa en la ranura

El plano establece tolerancias geométricas, referenciadas a los datums A, B y C (ver figura 6.30) por lo que para su inspección es necesario restringir el movimiento de la pieza de acuerdo a los datums. Para ello es necesario simular físicamente las características datum. El datum A se simulará mediante una placa, la cual restringe el desplazamiento de la pieza en el eje “z” y la rotación en los ejes “x” y “y”, el datum B restringe el desplazamiento de la pieza en el eje “x” y “y” mientras que el datum C restringe la rotación en torno al eje “z”. Los datums B y C se simularán mediante dos pernos cónicos para evitar que se forme un ajuste forzado entre la pieza.

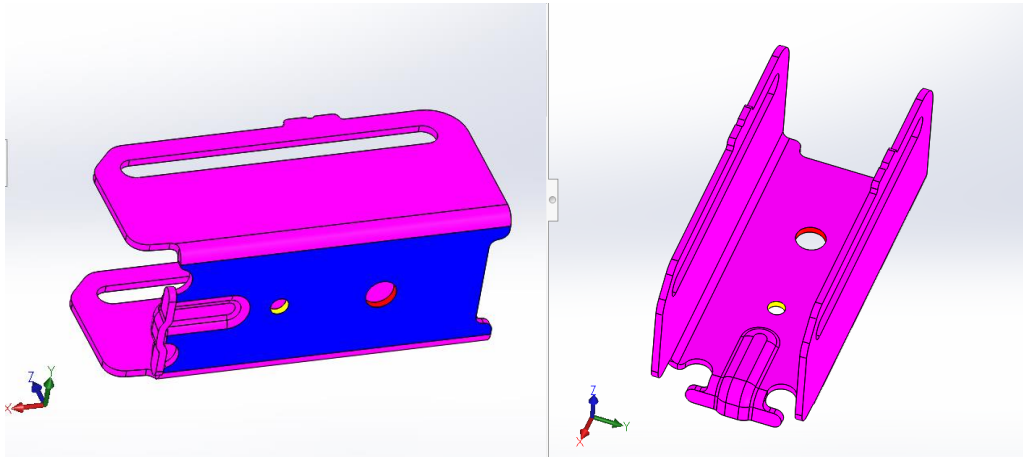


Fig. 6.30 Característica datum A en color azul, característica datum B en color rojo y datum C en color amarillo

Para montar los datums se diseñó un bloque principal, el cual tiene el objetivo de mantener los datums y la pieza fijos. El bloque se modeló a partir del modelo 3d del striker braket para facilitar el proceso y garantizar que se respete la geometría del striker braket (ver figura 6.31).

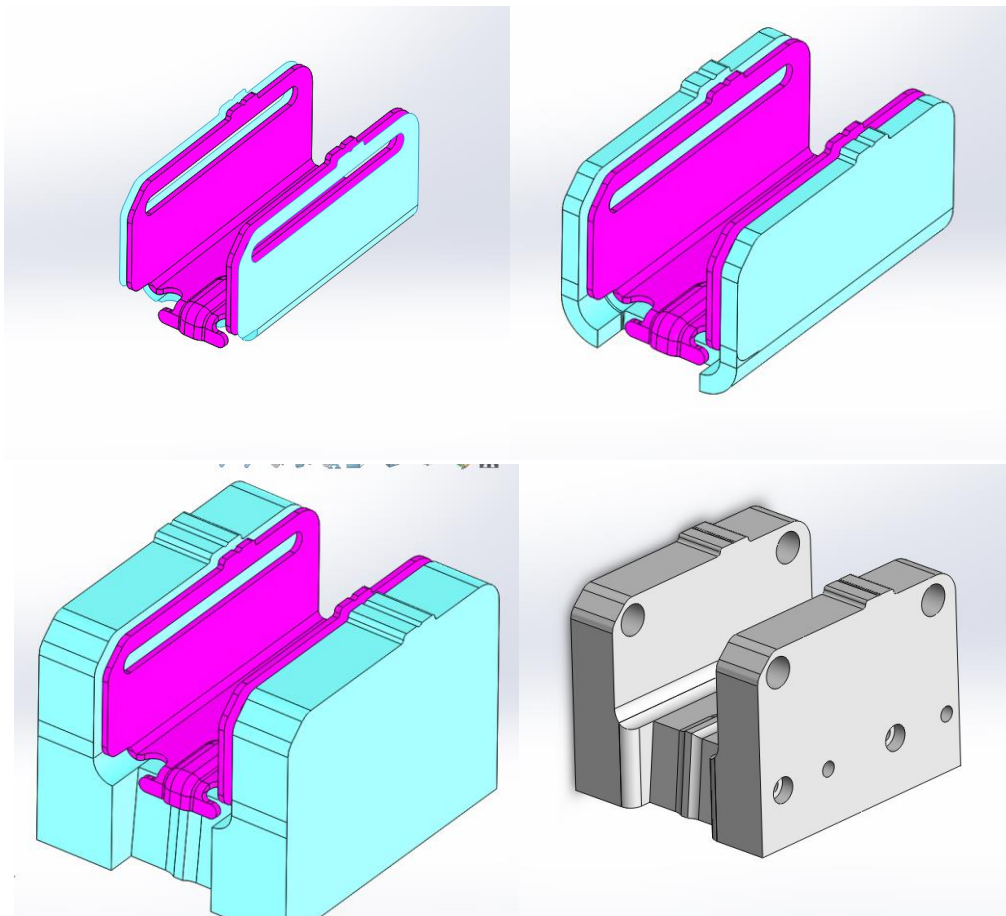


Fig. 6.31 Modelado de bloque principal para dispositivo de medición

El bloque se diseñó de manera que también permita verificar la tolerancia de perfil de línea, la tolerancia de perfil de forma y la posición de la ranura. También se determinó dividir el bloque en tres partes para facilitar el proceso de manufactura y para que el mantenimiento sea más sencillo ya que si sufre un golpe o caída se puede reemplazar solo la parte dañada y no todo el bloque.

Para verificar el perfil de línea se modeló una placa calibrada (ver figura 6.32), la cual se desliza sobre el bloque para verificar el perfil en las zonas donde indica el plano. Debido a que el bloque se diseñó tomando como referencia las características datum, si al deslizar la placa se detecta alguna interferencia, se garantiza que la desviación está referenciada a las características datum, por lo que se cumple la restricción establecida por el plano.

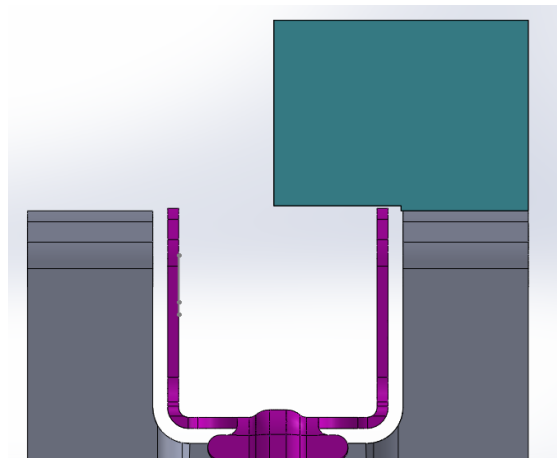


Fig.6.32 Placa para control de perfil de línea (vista de sección)

Para verificar el perfil de forma se modeló un calibre pasa-no pasa. El bloque tiene una separación equidistante al perfil del striker braket, para verificar el perfil de forma el dispositivo pasa no pasa se debe introducir en dicha separación, si se detecta alguna interferencia significa que hay una variación en esa zona del striker braket (ver figura 6.33).

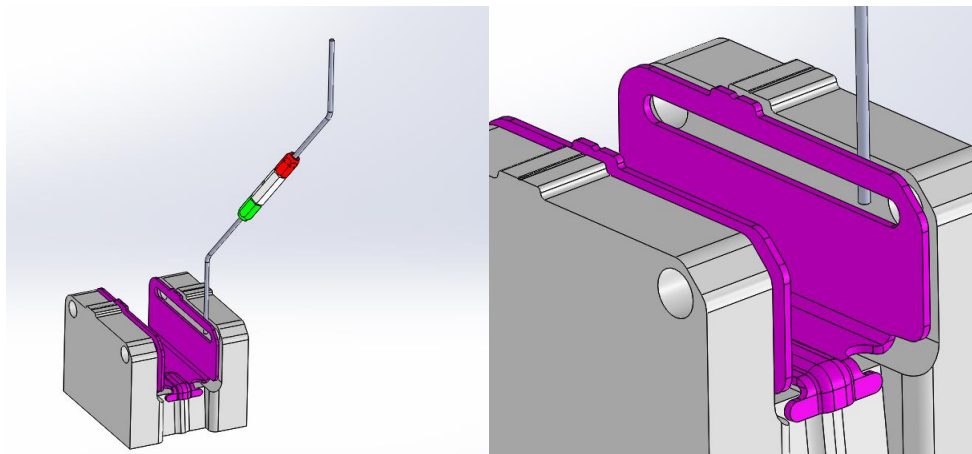


Fig. 6.33 Verificación de perfil de forma

Para verificar la posición de la ranura se modeló un perno. Para determinar su diámetro se simuló la peor condición posible según las tolerancias establecidas en el plano, el peor escenario posible sería cuando la ranura no permite el paso del perno o tornillo que físicamente será ensamblado en esa zona.

Se realizó un croquis para simular la variación permitida por la combinación de tolerancias (ver figura 6.34). Se determinó que el perno debe tener un diámetro mínimo de 6.55mm ya que es el diámetro resultante cuando se da el peor escenario posible. Ahora con la ayuda del perno (ver figura 6.35) y el bloque es posible determinar si existe una variación en la posición de la ranura.

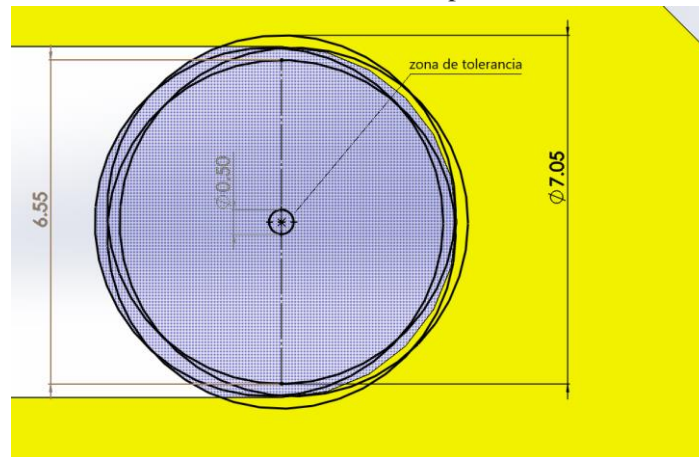


Fig. 6.34 Posibilidades permitidas por la tolerancia establecida para la ranura

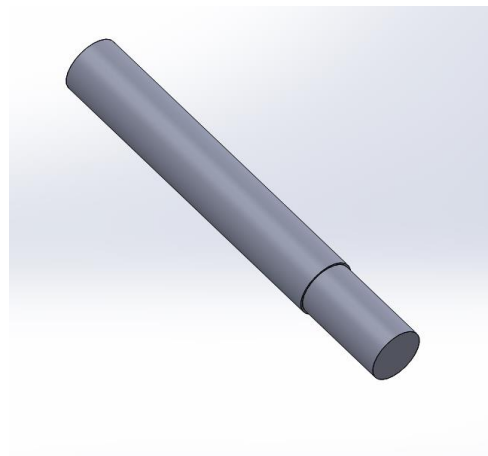


Fig. 6.35 Perno para verificación de posición de la ranura

El perno deberá introducirse en la torre para verificar la posición de la ranura (ver figura 6.36), si al introducir el perno existe alguna interferencia con el striker braket, significa que existe una desviación.

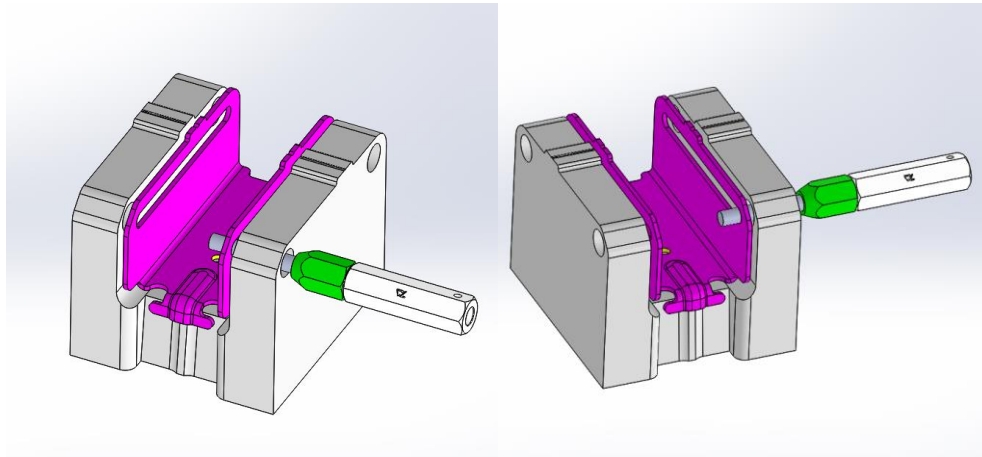


Fig. 6.36 Proceso para verificar la posición de la ranura

Observando el plano de la figura 6.37 en el marco de control del datum C se puede notar que adicional a la tolerancia de tamaño existe una restricción respecto a los datum A y B, la segunda ventana del marco de control indica que la tolerancia de posición aplica cuando se tiene la mayor cantidad de material en el agujero (datum C).

Para evaluar la posición de datum C es necesario calcular la condición virtual. La condición virtual de una característica interna se crea a partir del efecto combinado de la tolerancia de tamaño con la tolerancia de posición para una condición de material establecida ya sea MMC o LMC. Teóricamente, la condición virtual representa un límite de frontera para la característica, es decir, los límites del agujero designado como datum C no pueden ir más allá de dicha frontera o la pieza sería inservible, físicamente representa un perno, el cual se puede simular en conjunto con los datums A y B para generar un calibre que permita evaluar la posición del datum C.

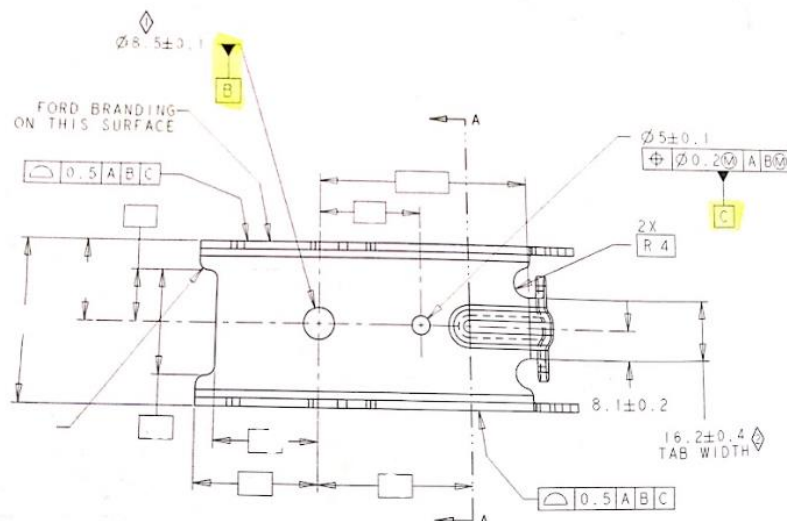


Fig. 6.37 Fragmento de plano del striker bracket

El marco de control del datum C indica una tolerancia de posición de 0.2 mm, la cual debe ser aplicada cuando el datum C tiene la cantidad máxima de material (MMC), esto sucede cuando tiene un diámetro de 4.9mm. El efecto que tiene el modificador de máxima cantidad de material sobre la tolerancia se puede observar en la figura 6.38.

		Bonus	tolerancia de posición	condición virtual
LMC	5.1	0.2	0.4	4.7
	5	0.1	0.3	4.7
MMC	4.9	0	0.2	4.7

Fig. 6.38 Efecto del modificador de máxima condición del material en la tolerancia

La figura 6.38 muestra la variación de la tolerancia permitida por el modificador de MMC. La condición virtual para una característica interna en MMC fue obtenida de la siguiente manera:

$$\text{Condición virtual} = \phi_{\text{agujero@MMC}} - \text{Tolerancia de posición @MMC}$$

El bonus representa un aumento en la tolerancia de posición cuando el agujero tiende a estar en LMC ya que la distancia entre la condición virtual y la medida real del agujero (datum C) aumenta. El bonus se calcula de la siguiente manera

$$\text{Bonus} = \phi_{\text{agujero real}} - \phi_{\text{agujero@MMC}}$$

La tolerancia de posición se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Tolerancia de posición} = \text{Tolerancia de posición @MMC} + \text{Bonus}$$

El ultimo compartimento del marco de control del datum C (ver figura 6.37) indica que la tolerancia aplica cuando el datum B se encuentra en máxima condición de material, por lo que el perno para simular esta condición deberá tener un diámetro de 8.4mm. Mientras que el datum C deberá tener un diámetro de 4.7mm, como ya se había determinado.

Con estos datos se puede generar el componente que servirá para evaluar la posición del datum C respecto al datum B (ver figura 6.39).

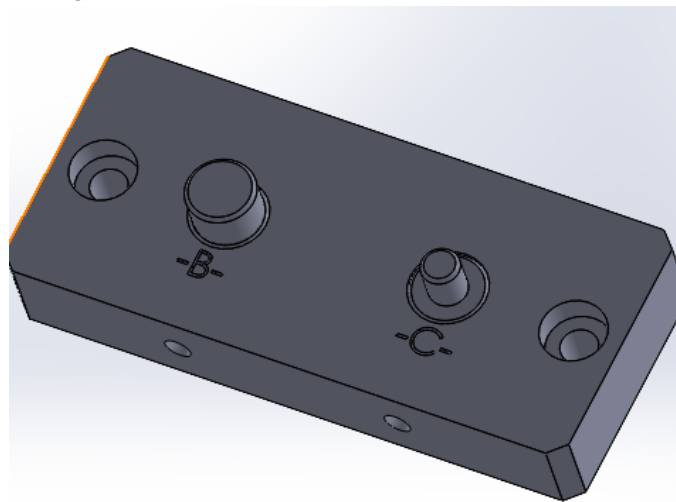


Fig. 6.39 Calibre de posición para verificar la ubicación del datum C respecto al datum B

En la figura 6.40 se muestra la forma en que se coloca la pieza para evaluar la posición del datum C.

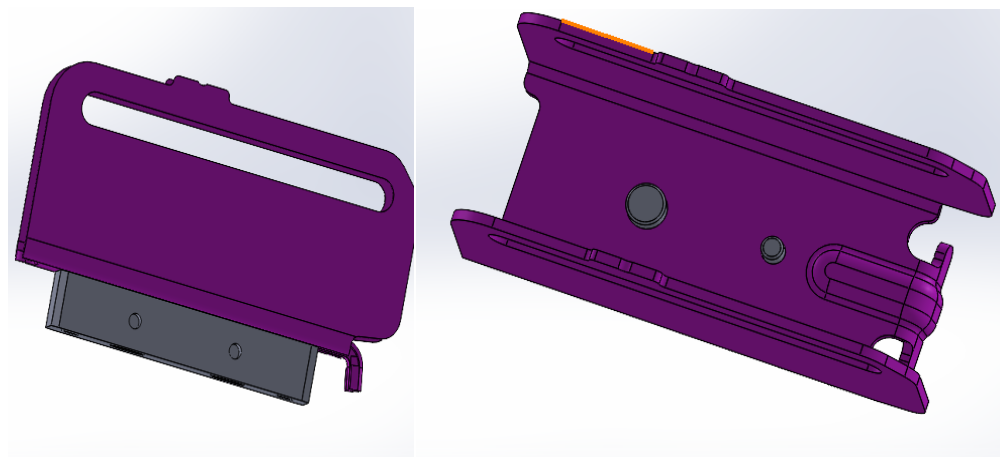


Fig. 6.40 Striker braket montado en el calibre de posición

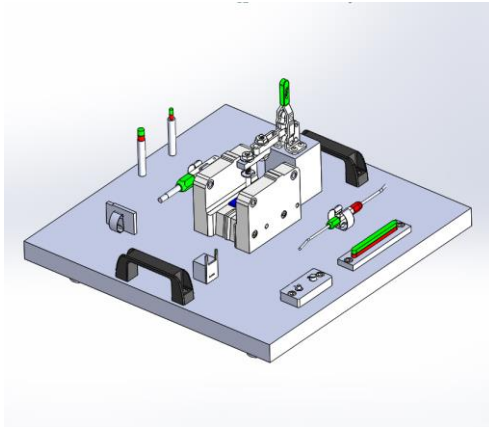
6.2.3.4 Diseño de detalle

En esta parte se hizo la selección de los componentes comerciales que serán utilizados en el dispositivo y se terminó por definir el ensamble y la distribución de los componentes desarrollados en el paso anterior.

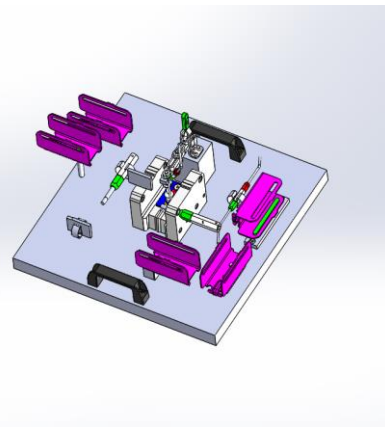
En la figura 6.41 se observa el modelo 3d del dispositivo. Se consideraron manerales comerciales para facilitar la utilización de los calibres pasa no pasa los cuales vienen identificados en color verde para la parte de pasa y en rojo para la parte no pasa. Para transportar el dispositivo se utilizaron agarraderas de nylon las cuales se muestran en color negro en la figura, para la correcta sujeción del striker braket se utilizó un clamp comercial de acción vertical por lo que fue necesario realizar un bloque adicional. En la figura 6.34 (c) se logran apreciar las características datum simulados, la placa azul sería la simulación del datum A, el perno amarillo corresponde al datum C y el perno en rojo corresponde al datum B.

Como se puede observar en la figura 6.41 c) los pernos C y B se encuentran suspendidos por medio de un buje y un resorte en la parte inferior. Por lo que al accionar el clamp, la pieza queda fija sin correr peligro de sufrir algún daño, ya que el resorte absorbe la presión ejercida por el clamp. En la figura 6.41 b) se observa la forma en que debe ser colocado el striker bracket en los distintos calibres.

a)



b)



c)

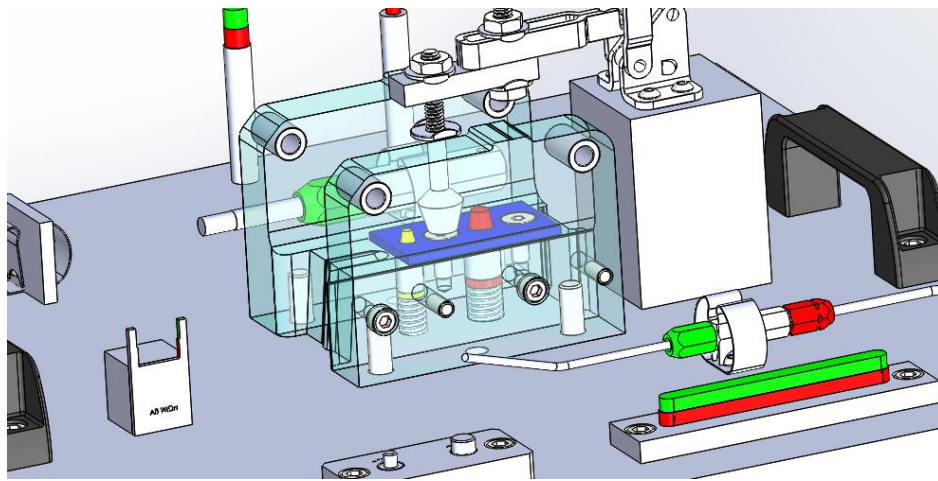


Fig. 6.41 Ensamble del dispositivo

Por último, se realizaron los planos de fabricación y listas de materiales. En la figura 6.42 se muestra el plano correspondiente al calibre de posición y en la figura 6.43 se muestra el plano correspondiente al ensamble del escantillón y la lista de materiales.

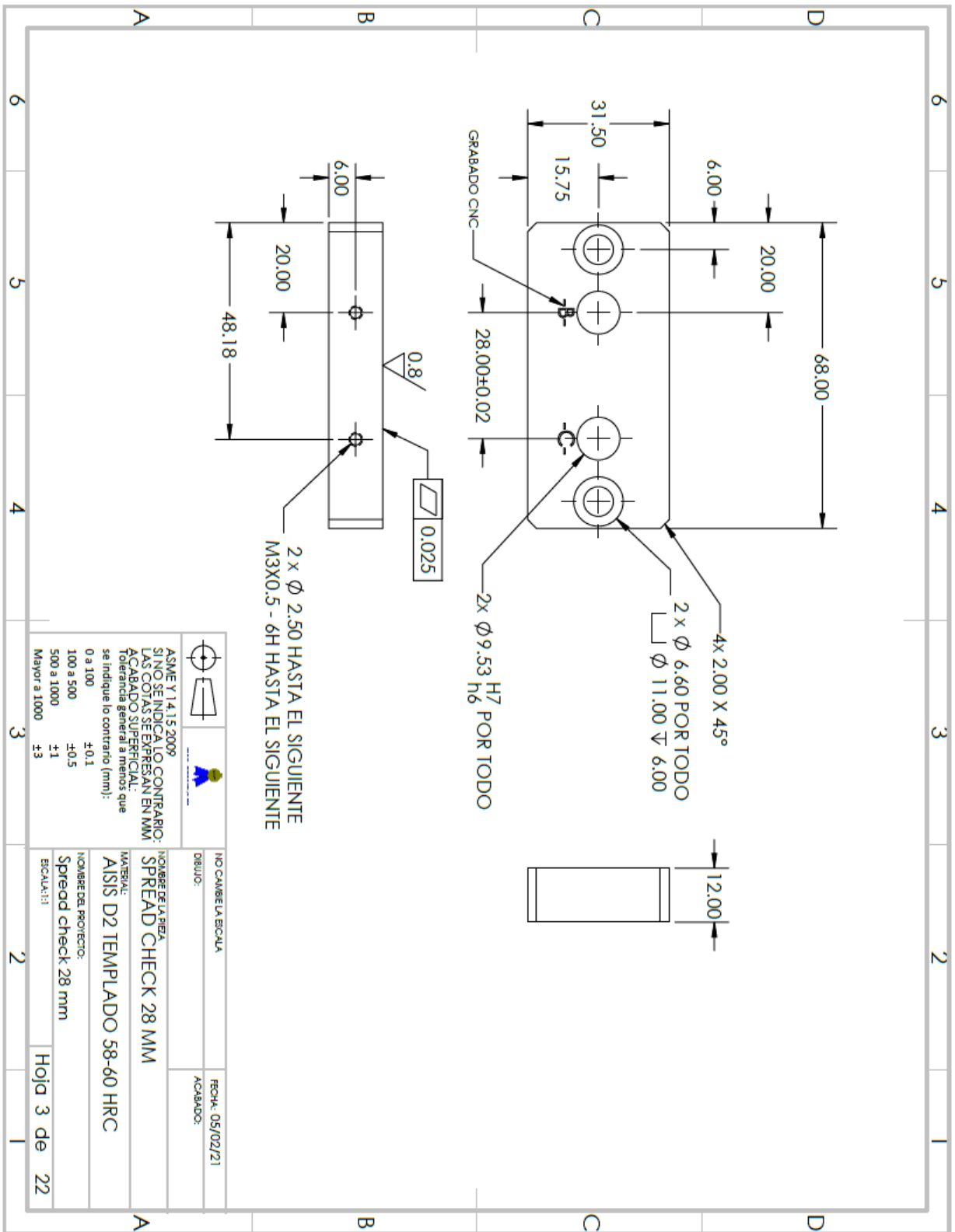


Fig. 6.42 Plano del componente para verificar posición de datums B y C

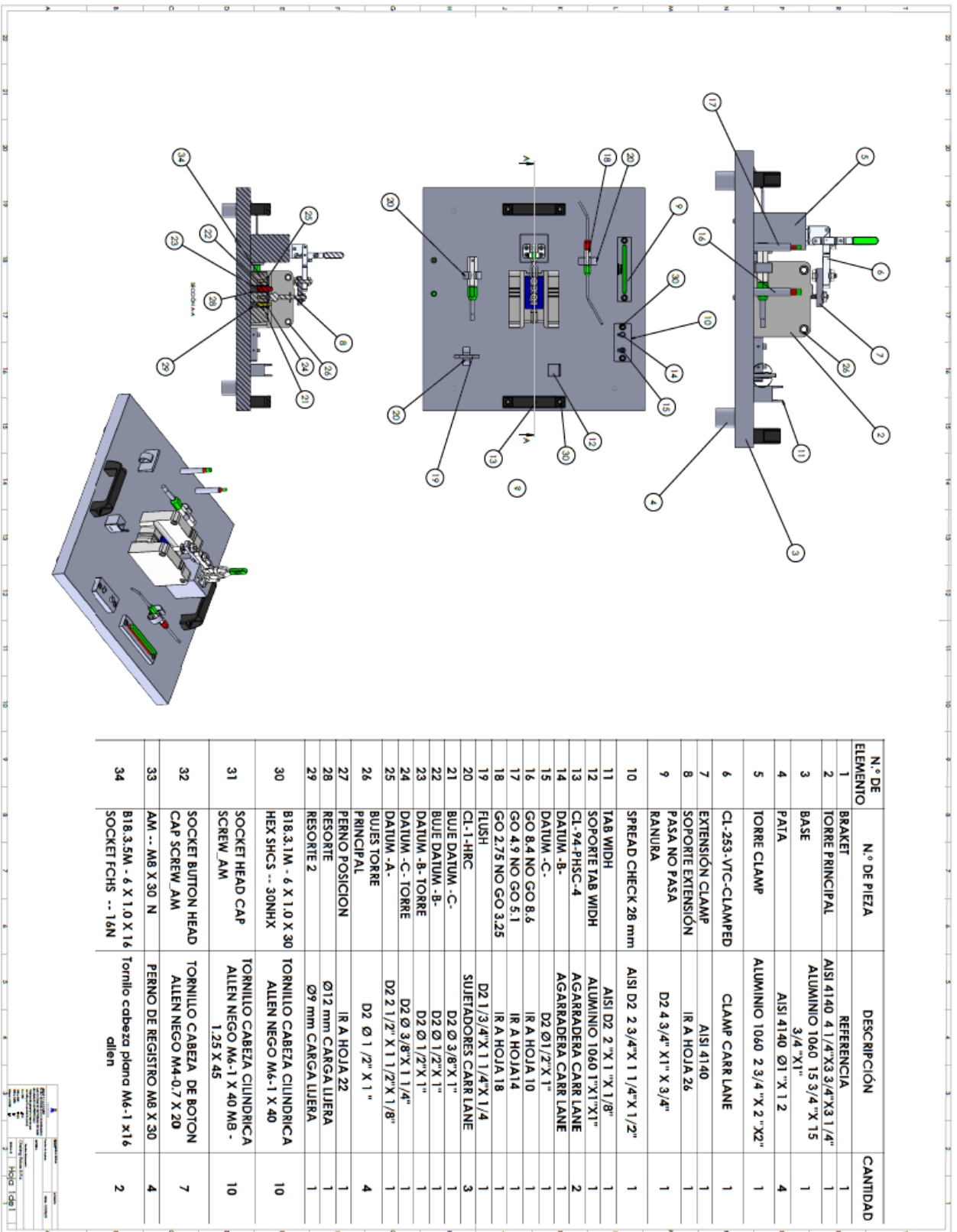


Fig. 6.43 Lista de materiales del escantillón

Por último, el departamento de producción se encarga de hacer una verificación de las medidas mediante un equipo de medición por coordenadas. Haciendo una comparación entre el modelo 3D del dispositivo y el modelo físico (ver figura 6.44), el cual genera un reporte que certifica que el escantillón se encuentra dentro de las tolerancias establecidas.



Fig. 6.44 Brazo de medición. (Hexagon 2021).

7 Recomendaciones para la mejora continua

Actualmente se utilizan planos con tolerancias geométricas sólo con las piezas que tienen que ver con los escantillones, la razón de esto es que la mayoría de los operadores no tienen la capacitación suficiente como para interpretar correctamente la simbología. La norma ASME Y14.5 establece que la idea de utilizar tolerancias geométricas garantiza que el operador tenga información sobre el aspecto funcional de la pieza, en este sentido ayudaría al operador a identificar las superficies a las que debe prestar especial atención durante el maquinado. También está demostrado que utilizar tolerancias geométricas y dimensionales disminuye los tiempos y costos de producción, ya que contrario a lo que se piensa al utilizar tolerancias geométricas normalmente se provee de un mayor rango de error para el operador justo como se vio en la sección 6.2. La propuesta es capacitar al personal sobre la norma ASME Y14.5 para implementar esta simbología en todos los planos, esto permitiría mejorar la calidad del producto, volviendo más eficiente la producción; ya que al contener más información se limitan las interacciones con el diseñador y por último se reduciría el tiempo que se invierte en ajustar las piezas para el ensamble. Debido a que la empresa también cuenta con un área de soldadura, sería bueno capacitar al personal para empezar a utilizar simbología para soldadura.

Se propone un control del proceso de manufactura. En este control se registrará el nombre del operador que realizó la pieza, herramientas utilizadas, procesos realizados, anotaciones sobre la

información proporcionada etc. Lo anterior permitirá que disminuya el tiempo que el operador pasa analizando la pieza, sobre todo si se da el caso de que la pieza sea fabricada por una persona diferente. Además, también permitirá hacer las correcciones en el plano de manera más oportuna y así evitar cometer el mismo error en el futuro.

Que el diseñador tenga contacto directo con proveedores y clientes. Cuando los proveedores no cuentan con los componentes requeridos para un nuevo proyecto es necesario hacer un rediseño, así que creo que como diseñador es más factible verificar directamente con el proveedor la existencia de algún componente antes de pasar la información a producción. En el caso de los clientes, es necesario tener un flujo de información constante con ellos ya que durante el proceso de diseño se pueden detectar ciertos inconvenientes que pudieran hacer cambiar los requerimientos o simplemente a veces se requiere más información, al no tener contacto con los clientes, constantemente se corre el riesgo de que se presenten fallas durante la instalación del dispositivo.

Parte de mi trabajo era mejorar la base de datos de los proyectos que se han llevado a cabo en la empresa, sin embargo, siempre estuvo limitado a actualizar los modelos 3d o los planos de fabricación. La propuesta de mejora para esta parte es aumentar el nivel de organización de los archivos mediante utilización de un software PDM, esto permitiría gestionar más fácilmente la información con los diferentes departamentos y clientes ya que cada proyecto contaría con un código único y se podrían identificar y compartir los archivos rápidamente. Lo anterior evitaría la necesidad de volver a hacer levantamientos si se da el caso de que un cliente solicite un proyecto antiguo. Además, la empresa podría comenzar a utilizar algún software ERP ya que aparte de mejorar la cadena suministros, el departamento de diseño podría tener un conocimiento más amplio de la materia prima disponible y así ahorrar tiempo de diseño.

8 Conclusiones

Durante mi participación en GIS principalmente he aprendido a adaptar los conocimientos que adquirí durante mi preparación académica, ya que frecuentemente me encuentro en la necesidad de resolver problemas aplicando principios físicos o matemáticos.

Al trabajar en equipo con técnicos de diferentes áreas es importante mantener una buena comunicación con cada uno ya que el trabajo en equipo es la clave para el éxito de cada proyecto. Durante el proceso de generar propuestas de solución, el conocimiento de cada uno de los que participan en el proyecto es de gran importancia para encontrar alternativas. Compartir información puede incluso ayudar a mejorar los tiempos de producción, por ejemplo, cuando ingrese a GIS a pesar de que ya tenía cierto dominio utilizando programas CAD, para mí fue muy útil que el personal me explicará detalles sobre el proceso de fresado y torneado, detalles como el montaje de la pieza, como los desplazamientos de la herramienta, los tipos de herramienta etc.

Complementar los conocimientos adquiridos durante mi preparación académica con el uso de normas de fabricación o normas de dibujo fue muy útil ya que esto me permitió comunicar de manera adecuada la información generada. Si todos los involucrados son capaces de entender la información que se comparte, se reducen los errores durante la producción y mejoran los tiempos de entrega.

Aprender sobre diferentes procesos de manufactura y sus limitantes, así como de los materiales y sus diferentes aplicaciones amplía las posibilidades de generar propuestas de solución factibles, las cuales también cuentan con una formulación más sólida. La importancia de conocer los diferentes tipos de materiales y sus aplicaciones permiten que los proyectos tengan un rendimiento adecuado.

También cabe destacar la importancia de involucrarse con la parte de los proveedores y catálogos, como ya he mencionado, todos los proyectos involucran componentes estandarizados o incluso procesos que no están dentro de las posibilidades de la empresa. Lo anterior, en general hace más fácil el proceso de diseño e incluso reduce costos.

Referencias

- American National Standards Institute. (2004). *Preferred Metric Limits and Fits (ANSI B 4.2)*, ANSI, Estados Unidos
- Arhcansa. (2021). *Indicador*. Arhcansa. <https://www.arhcansa.mx/post/instrumentos-de-medici%C3%B3n>
- American Society of Mechanical Engineering (2009), *Dimensioning and Tolerancing*. ASME Y14.5-1994 R2009, ASME, Estados Unidos
- Casillas, A.I. (2008). *Máquinas cálculos de taller*. Máquinas.
- Escamilla Esquivel, A. (2014). *Metrología y sus aplicaciones*. Grupo Editorial Patria.
- Estrems Amestoy, M. (2007). *Principios de mecanizado y planificación de procesos*. Auto editado.
- Feldhusen, J., Beitz, W., Grote, K.-H., & Pahl, G. (2007). *Engineering Design: A Systematic Approach* (L. Blessing & K. Wallace, Eds.; L. Blessing & K. Wallace, Trans.). Springer.
- González González, L. A. (2017). *Casos de Ingeniería de diseño*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.
- Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of modern manufacturing*. JOHN WILEY & SONS, INC.
- Introducción a la electroerosión*. (s.f.).
<http://www.etitudela.com/profesores/jfcm/mipagina/downloads/electroerosiononamio.pdf>
- Jiménez López, E., & Luna Bracamontes, A. (2010, octubre 29). Algunas consideraciones sobre la Ingeniería Inversa, *Simposio de Metrología (2010)*. CENAM. 27 al 29 de octubre. Querétaro.
<https://www.cenam.mx/sm2010/info/carteles/sm2010-c11.pdf>

- Luna Álvarez, J. S. (2005). *Cementación solida de Aceros, Tesis de maestría Universidad Autónoma de Nuevo León.*
- Mangonon, P. (2001). *Ciencia de materiales selección y diseño.* Pearson.
- Metalografía y Tratamientos Térmicos.* (s.f.). UTN frro. https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5_anio/metalografia/4-PRINCIPIOS_GENERALES_DE_LOS_TT_v2.pdf (febrero 2022)
- Metrology school. (2020). *Metrología Dimensional Industrial, Indicador de caratula.*
<https://www.youtube.com/watch?v=1MuYmEGUypI> (febrero 2022)
- Nisbett, J. K., & Budynas, R. G. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.* McGraw-Hill Interamericana
- Oberg, E., D. Jones, F., & Horton, H. L. (2012). *Machinery's Handbook .* Industrial Press Inc.
- Sánchez Fulgueira, M. (2013). *Elaboración de programas CNC para la fabricación de piezas por arranque de viruta.* IC editorial.
- SENATI. (2020). *Rectificadora plana.* http://energia.azc.uam.mx/images/PDF/Manuales/Cepilladora-de-codo_Parte9.pdf (agosto 2021)
- SKF. (s.f.). Rodamientos rígidos de bolas. <https://www.skf.com/mx/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings>
- Universidad Politécnica de valencia (Director). (2017). *Medición de ángulos con Goniómetro*
<https://www.youtube.com/watch?v=ef7AtW7iowQ&t=397s>
- Yang, M. (2012). *Nitriding – fundamentals, modeling and process optimization.*
https://web.wpi.edu/Pubs/ETD/Available/etd-041912-093451/unrestricted/Gaseous_Nitriding.pdf