

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“PROYECTO PARA LA FABRICACION DE
MATRICES DE SUPERFICIES COMPLEJAS
APLICANDO CNC EN LA INDUSTRIA PLASTICA ”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO MECATRONICO

JESUS PERALTA TORIBIO

PROMOCION 2002-II

LIMA-PERU

2006

**A mis padres que con su
apoyo incondicional que me brindaron
pudo ser posible este informe.**

A la Memoria de mi Abuelo

CONTENIDO

Contenido	I
Índice de Tablas	VI
Índice de Figuras	VII
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 Objetivos	3
1.2 Alcances	4
1.3 Limitaciones	4
2. MATRICES	5
2.1 Matrices de Inyección de Plástico	5
2.2 Tipos de Matrices de Inyección	6
2.2.1 Moldes de Dos Placas	6
2.2.2 Moldes de Dos Placas con sistema Extractivo y Demás	
Componentes	7

2.2.3	Moldes de Tres Placas	7
2.2.4	Moldes con Partes Móviles	7
2.2.5	Moldes con Cámara Caliente	8
2.3	Materiales para la Construcción de Matrices	9
2.3.1	Acero	9
2.3.2	Materiales de Colada	10
2.3.3	Materiales de Colada	12
2.4	Elaboración de los Materiales Para Moldes	12
2.4.1	Mecanizado por Arranque de Viruta	12
2.4.2	Elaboración sin Arranque de Material Estampado-Troquelado, Embutido	14
2.4.3	Elaboración por Erosión Eléctrica (Electroerosión)	15
2.4.4	Galvanotecnia	16
2.5	Partes Fundamentales de una Matriz de Inyección	17
2.5.1	Bebedero	17
2.5.2	Canales de Alimentación, Conformaciones y Disposiciones	19
2.5.3	Punto de Inyección	21

2.5.4	Balanceo de Cavidades	24
2.5.4	Salida de Gases	25
2.5.6	Extractores	26
2.5.7	Refrigeración de Molde	27
2.5.8	Cámara Temperada	29
2.5.9	Elementos Centrales	30
3.	TECNOLOGÍA DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO	33
3.1	Centros Mecanizados	35
3.2	Lenguaje de Programación	39
3.3	Entorno de la Programación de un Centro Mecanizado	41
4.	DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA – MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA CAD-CAM	53
4.1	Diseño Asistida por Computadora (CAD)	55
4.2	Manufactura Asistida por Computadora (CAM)	57
4.3	Software Especializado de CAM Artístico	59
5.	PROYECTO PARA LA FABRICACIÓN DE MATRICES	65

5.1	Contexto	65
5.2	Acta de Constitución	66
5.2.1	Justificación	66
5.2.2	Objetivos	67
5.2.3	Impacto del Proyecto	67
5.2.4	Restricciones y Limitaciones	68
5.2.5	Alcances	68
6.	APLICACIÓN DE LA GERENCIA DE PROYECTOS	70
6.1	Gerencia del Alcances del Proyecto	70
6.1.1	Iniciación	70
6.2	Gerencia del Tiempo del Proyecto	73
6.2.1	Idea del Producto	73
6.2.2	Diseño del Producto	73
6.2.3	Diseño de la Matriz	74
6.2.4	Lista de Componentes	74
6.2.5	Proceso de Fabricación	74
6.2.6	Ensamble de la Matriz	75
6.2.7	Acabado Superficial	75.

6.2.8	Tratamiento Térmico	76
6.3	Gerencia del Costos del Proyecto	76
6.3.1	Planificación de los Recursos	76
6.3.2	Estimación de Costos	77
6.4	Gerencia de la Calidad del Proyecto	83
6.4.1	Planificación de la Calidad	83
6.4.2	Control de la Calidad	84
6.5	Gerencia de Gestión de RRHH	85
6.5.1	Asignación de Roles	85
6.5.2	Organigrama	86
6.6	Resultados	87
CONCLUSIONES		88
Bibliografía		90
Anexo 1	Tabla de Designación de Aceros según Böhler Perú	A1
Anexo 2	Código G usados en Centros Mecanizados	A2
Anexo3	Diagrama de WBS	A3
Anexo 4	Diagrama de gantt y de red	A4
Anexo 5	Tablas de grado de ajuste	A5
Anexo 6	Planos	A6

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1 Materiales para la construcción de matrices	11
Tabla N° 2.1 Tabla para el proceso de pulido	13
Tabla N° 2.3 Recomendaciones de las dimensiones de canales para polipropileno	28
Tabla N° 3.1 Sistemas de trabajo	43
Tabla N° 3.2 Planos de trabajo	44
Tabla N° 6.1 Lista de materiales	77
Tabla N° 6.2 Estimación de costos de equipos usados.	79
Tabla N° 6.3 Estimación de costo de accesorios	80
Tabla N° 6.4 Estimación de costo de servicios	80
Tabla N° 6.5 Estimación de costo del personal	81
Tabla N° 6.6 Resumen de estimación de costos.	82
Tabla N° 6.7 Grado de ajuste	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1	Proceso de troquelado	15
Figura N° 2.2	Proceso de electroerosionado	16
Figura N° 2.3	Fabricación galvánica	17
Figura N° 2.4	Sección de canales de alimentación	18
Figura N° 2.5	Geometría de canales de alimentación	19
Figura N° 2.6	Pozo frío	21
Figura N° 2.7	Proporciones de entradas restringidas.	23
Figura N° 2.8	Ejemplo de balance natural de canales de distribución	24
Figura N° 2.9	Disposición de un buen canal de enfriamiento	29
Figura N° 2.10	Sistema de cámara caliente	30
Figura N° 2.11	Elemento centrador en la placa estática	31
Figura N° 2.12	Elementos centradores: guías y conos centradores	32
Figura N° 3.1	Componentes de un sistema de control numérico	34
Figura N° 3.2	Centro de mecanizado: vertical para fabricantes de moldes	37
Figura N° 4.1	Etapas del CAD/CAM	55
Figura N° 4.2	Diseño asistido por ordenador	56
Figura N° 4.3	Manufactura asistido por computadora	58
Figura N° 4.4	Entorno de trabajo del ArtCam	60
Figura N° 4.5	diseño en “2D View”	61
Figura N° 4.6	Editor de forma	62
Figura N° 4.7	diseño 3D View	63
Figura N° 4.8	Generación del código CN	64
Figura N° 4.9	código CN en un editor texto	64
Figura N° 6.1	Estructura resumida del WBS	73
Figura N° 6.2	Ciclo de Deming	84
Figura N° 6.3	Organigrama	86

PRÓLOGO

El presente informe de suficiencia busca aplicar los conceptos del CAD-CAM para la elaboración de superficies complejas, específicamente relieves artísticos tridimensionales usados en la industria del plástico. A su vez pretende dar a conocer las nuevas tendencias en el Perú acerca del uso del CAD-CAM dentro del desarrollo de matrices. La aplicación del CAM artístico se usa como herramienta para la elaboración de matrices de superficies complejas en la industria plástica. El enfoque que tiene el presente informe servirá como guía para el gerente de proyecto en la fabricación de matrices de superficie compleja (artísticas), ya que daremos conceptos previos para el desarrollo del proyecto.

La introducción presenta una vista general del informe, dejando claro el objetivo, los alcances y las limitaciones del informe.

En el segundo capítulo presentamos conceptos acerca de matrices, especialmente de matrices de inyección. Se dan a conocer los tipos de matrices, como la aplicación de ciertos criterios que se deben de tener en la fabricación de matrices.

En el tercer capítulo lo estamos orientando a la tecnología del Control Numérico Computarizado CNC, empezaremos hablando de la máquina que usan este tipo de control, como son los centros mecanizados, máquinas que se usan en la fabricación de matrices. También trataremos acerca del entorno de programación de estas máquinas.

En el cuarto capítulo se tratará de CAD como herramienta de diseño y del CAM como herramienta de maquinado de matrices. En forma muy especial enfocaremos el Software Especializado de CAM Artístico debido a que en el informe de suficiencia es la parte fundamental.

El quinto capítulo tratará específicamente de la iniciación del Proyecto para la Fabricación de Matrices con el contexto en el cual se desarrolla el proyecto.

En el sexto capítulo se desarrollará la planificación en forma genérica del proyecto para lo cual se aplicará las áreas del conocimiento como son: Gerencia del Alcance, Gerencia del Tiempo, Gerencia del Costo, Gerencia de la Calidad y Gerencia de la Gestión de R.R.H.H..

Finalmente daremos a conocer la conclusión del proyecto, bibliografía, apéndices y planos de la fabricación de matrices.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos

El objetivo del presente informe de suficiencia es aplicar CAD-CAM para la elaboración de matrices de superficies complejas, específicamente trataremos los relieves artísticos tridimensionales en la industria del plástico. En el informe daremos la explicación de procedimientos y métodos que reducen los tiempos de fabricación, incrementando la precisión y la flexibilidad en la fabricación de matrices. La aplicación de CAD-CAM es la base fundamental para esta fabricación de este tipo de superficies. Debido a que se trata de superficies artísticas, como son relieves tridimensionales provenientes de una imagen en dos dimensiones se usa software especializado; por ejemplo, en el presente informe se explicará la aplicación del ArtCam 6.0 como herramienta de software. El presente informe se perfila como un proyecto; motivo por el cual se le aplicará la técnica del PMBOK (Project Management Body of Knowledge) para su elaboración, Previamente se darán conceptos de matrices, Tecnología CNC y CAD-CAM con el fin de que el Gerente de Proyectos tenga los parámetros necesarios para realizar las evaluaciones y controles respectivos.

1.2 Alcances

Con la aplicación de esta estrategia para la elaboración de matrices se alcanza mayor flexibilidad para la fabricación. Principalmente el proyecto se basa en la aplicación de la fabricación del relieve artístico específicamente la zona moldante y elementos centradores como son los alojamientos de guías y bocinas.

El presente proyecto da conocer los pasos para la fabricación de matrices haciendo el uso de nuevas tendencias en el CAM como es el CAM artístico para el mecanizado de los relieves artísticos.

1.3 Limitaciones

Una principal limitación para un taller de matricería que quiera realizar la fabricación de un número reducido de este tipo de matrices, es el costo de la implementación inicial, debido al precio del software, infraestructura y el personal calificado.

Los planos para la parte del relieve artístico brindan información genérica como altura máxima, espesores de pared y área de la zona moldante, debido a que se tiene dificultades en la medición de los relieves artísticos.

El informe tratará en forma particular la aplicación del PMBOK debido a que por la variedad y complejidad de matrices los tiempos varían considerablemente, debido a la fabricación de componentes y los procesos que se usan para ello.

En la aplicación de gerencia de proyectos enfocaremos la planificación del proyecto mas no el control del mismo, por tal motivo se mostrara información puntual acerca de los planos, esto por tratarse de un proyecto de reciente ejecución.

CAPÍTULO 2

MATRICES

2.1 Matrices de Inyección de Plástico

En el proceso de inyección tiene lugar una fusión por el calor (plastificación) de la masa de moldeo; este se conduce hacia el molde, a través de los canales de conexión, bajo la acción de una fuerza de extrusión (presión), generalmente muy elevada, que actúa desde el cilindro de plastificación. La cavidad de la matriz tiene la forma del objeto a fabricar; en ella se produce el moldeo y el enfriamiento de la masa, hasta que alcance un estado suficientemente estable e indeformable para poder desmoldarla. Las funciones básicas de una matriz son: Recibir la masa de plástico, distribuirla, darle forma, enfriarla, pasarla al estado sólido y extraer la pieza.

Es imposible obtener artículos de calidad satisfactoria con una matriz construida inadecuadamente. Un diseño apropiado y una cuidadosa manufactura, favorece una producción económica y un artículo con el máximo desempeño durante su uso.

En lo posible, hay que considerar un espesor razonablemente constante en el análisis del diseño, no solamente por su obvia ventaja económica, sino por la uniformidad de la contracción. Al existir diferencia de espesores, el enfriamiento es distinto en las diferentes secciones. Al enfriarse con mayor rapidez las zonas más

delgadas, la contracción es mayor pudiéndose producir alabeo. Cuando se requiere alta rigidez, la manera de evitar mayores espesores de paredes, es aplicando diseño de la matriz con nervaduras.

El diseño de matrices de inyección depende de:

- La forma y el volumen del artículo a moldear
- Número de cavidades a moldear
- Tamaño y capacidad de la máquina de inyección en la cual será instalado.

2.2 Tipos de Matrices de Inyección

A primera vista parece muy difícil establecer una clasificación de matrices de inyección por la multiplicidad de materiales y máquinas que se encuentran en el mercado asimismo por las consideraciones técnicas adoptadas por cada fabricante.

La clasificación de acuerdo a los planos de partición.

2.2.1 Moldes de Dos Placas

Con cavidades simples e inyección directa es el tipo más común de matrices, construido por dos placas que llevan la cavidad hembra y el punzón macho respectivamente.

2.2.2 Moldes de Dos Placas con Sistema Extractivo y Demás Componentes.

La ventaja que presentan estos moldes es que son convenientes para la inyección directa de áreas grandes. Pueden usarse todos los tipos de entrada de material. Por otro lado la desventaja de este tipo de matrices es que hay un alto porcentaje de pérdida de material proveniente del sistema de alimentación. Pero esto se puede mejorar con la implementación de una cámara caliente como veremos mas adelante.

2.2.3 Moldes de Tres Placas

Este tipo de matrices posee dos placas y adicionalmente una tercera flotante u oscilante central. La placa oscilante o central tiene la entrada de material, parte del sistema de distribución y parte de la forma del producto. En la posición de apertura la tercera placa se separa de las otras dos, permitiendo la extracción del producto por un lado, y el bebedero (mazarota) con el resto del sistema de alimentación por el otro. Su aplicación es usada en moldes con cavidades múltiples y moldes de gran superficie con múltiples entradas.

2.2.4 Moldes con Partes Móviles

Son matrices en que sus cavidades o parte de ellas se mueven en su segunda dirección. Son empleadas cuando algún detalle del producto forma una retención que impide su extracción, este segundo movimiento es

frecuentemente en ángulo recto con la línea de apertura de la máquina inyectora. Y pueden ser:

- Moldes con apertura en el lado fijo
- Moldes con apertura en el lado móvil
- Matrices con partes móviles accionadas por el sistema de extracción
- Matrices con partes móviles operados por dispositivos hidráulicos o neumáticos.

2.2.5 Molde con Cámara Caliente

Estos moldes se caracterizan por tener un circuito de calefacción por resistencias dentro del sistema de distribución, Su principal ventaja es:

- Mejor distribución cuando se trata de moldes de varias cavidades, debido al control de temperatura.
- La reducción de la colada originada por el sistema de distribución, es decir cero materiales scrap.
- Se pueden obtener productos con espesores más delgados.
- Reducción del tiempo de inyección.

Desventajas:

- Mayor costo de fabricación de la cámara caliente.
- El molde requiere mayor refrigeración.

- Demora cuando se realiza cambio de color de los productos debido a que es lento la remoción de pigmento dentro de la cámara.

2.3 Materiales para la Construcción de Matrices

Para la elaboración de matrices de inyección actualmente se usan los siguientes materiales: Acero, metales no férricos, materiales de colada no metálicos obtenidos galvánicamente. La elección de materiales de fabricación están dadas por la rentabilidad las cuales dependen de: La exigencia impuesta a la pieza fabricada, los costos de fabricación del molde, el tiempo de ciclo de producción de producto y el número de cavidades que presenta la matriz.

2.3.1 Acero

La exigencia que deben satisfacer los aceros para la construcción de una matriz de inyección de plástico está dada por las condiciones impuestas a la pieza terminada, a los esfuerzos que es sometido el molde; es por esto que los aceros deben poseer las siguientes propiedades:

- Buenas condiciones para el mecanizado y su elaboración
- Resistencia a la compresión, temperatura y abrasión
- Aptitud para el pulido
- Suficiente resistencia a la tracción y la tenacidad
- Tratamiento térmico sencillo
- Buena conductibilidad térmica
- Resistencia a los ataques químicos

Dentro de los aceros que cumplen con estas condiciones se encuentran los siguientes:

Aceros de cementación, aceros de temple total, aceros bonificados para empleo en el estado de suministro, aceros resistentes a la corrosión, aceros de nitruración y aceros de segunda fusión. Los aceros para la fabricación de matrices de inyección se indican en la Tabla 1.1

2.3.2 Materiales de Colada

La fabricación de moldes con perfiles forjados o laminados es relativamente cara por la mano de obra necesaria para su mecanización y por las máquinas que se requieren en partes especiales. Además se originan pérdidas elevadas por viruta que pueden alcanzar entre un 30 a 50%. El costo de los materiales y de su elaboración pueden reducirse haciendo uso de los materiales de colada. Sin embargo el tiempo empleado puede ser considerable ya que previamente hay que confeccionar modelos y moldes de colada. Desde un punto de vista económico hay que tener en cuenta la calidad superficial y la exactitud de las dimensiones. Los materiales que comúnmente se emplean en la actualidad para la construcción de moldes pueden subdividirse en tres grupos: Fundición de Acero, metales no férricos y materiales no metálicos.

Tabla de Materiales Para la Construcción de Matrices		
Designación según DIN 17006	Material N°	Aplicación
C4W3	1.1803	Moldes pequeños y medianos; para troquelados o estampados profundos
C15WS	1.1805	Moldes pequeños y medianos; troquelable en frío
X6CrMo4	1.2341	Moldes pequeños y medianos; troquelable en frío
21 MnCr5	1.2162	Moldes pequeños y medianos; troquelable en frío. Por mecanizado, moldes de todos los tamaños
X19NiCrMo4	1.2764	Moldes de todos los tamaños; mecanizado
15NiCr14	1.2735	Moldes de todos los tamaños; mecanizado. En determinadas condiciones, troquelable en frío. Fácil pulido
21 CrMnMo5	1.2310	Moldes de todos los tamaños; mecanizado. Fácil pulido
33A1CrMo4	1.2852	Vaciados con nervios estrechos, poca deformación, superficie resistente a la abrasión
29CrMoV9	1.2307	Moldes de todos los tamaños, poca deformación, superficie resistente a la abrasión
34CrA16	1.2851	Moldes de todos los tamaños, poca deformación, superficie resistente a la abrasión, gran exactitud de dimensiones
X45NiCrMo4	1.2767	Moldes de todos los tamaños, con vaciados profundos, resistentes a la compresión
90MnV8	1.2842	Moldes pequeños, fácil pulido; piezas móviles sometidas a altos esfuerzos
X210Cr12	1.2080	Moldes pequeños y piezas móviles
105WCr6	1.2419	Moldes con vaciados planos o poco profundos; elementos de moldeo sometidos a altos esfuerzos
100MnCrW4	1.2510	Moldes con vaciados planos; elementos de moldeo sometidos a altos esfuerzos
X165CrMoV12	1.2601	Moldes pequeños con vaciado complicado
35NiCrMo16	1.2766	Fácil elaboración y pulido
54NiCrMoV6	1.2711	Fácil elaboración y pulido
55NiCrMoV6	1.2713	Moldes grandes posibilidad de grandes cargas específicas locales resistente a la abrasión
X38CrMo51	1.2343	Gran resistencia a la compresión; resistente a la abrasión utilizable para troquelado
50CrV4	1.2241	Fácil elaboración y pulido
40CrMnMo7	1.2311	Molde medianos, fácil pulido
X40Cr13	1.2083	Resistente a la corrosión de los ácidos fácil pulido no soldable
X36CrMo17	1.2316	Resistente a la corrosión, a los ácidos y a la abrasión
X54NiCrMoW4	1.2765	Gran tenacidad, resistencia a la compresión y a la abrasión
75CrMoNiW67	1.2762	Gran tenacidad, resistencia a la compresión y a la abrasión
50NiCr11	1.2718	Gran tenacidad, resistencia a la compresión y a la abrasión
XI85CrMoV12	1.2601	Gran tenacidad, resistencia a la compresión y a la abrasión
80WCrV8	1.2552	Gran tenacidad, resistencia a la compresión y a la abrasión

Tabla N° 1.1 Materiales para la construcción de matrices

2.3.3 Materiales Cerámicos

Recientes investigaciones han podido comprobar que también los materiales en este grupo son apropiados para la construcción de moldes. Los ensayos se han realizado con carbón sintético electrografitado. Este material presenta propiedades particularmente importantes para la fabricación de moldes.

Carbón Sintético.- Se caracteriza por una excelente estabilidad con los cambios de temperatura, buen comportamiento deslizante, resistencia química prácticamente universal, buena conductibilidad térmica y reducida densidad. El carbón sintético se fabrica a base de coque del petróleo, coque de brea de alquitrán de hulla, grafito, negro de humo y antracita.

2.4 Elaboración de los Materiales Para Moldes

En la elaboración de los materiales para moldes se distinguen los siguientes procedimientos.

2.4.1 Mecanizado por Arranque de Viruta

Aproximadamente el 90% de todos los moldes puede obtenerse por mecanización en este trabajo interviene principalmente trabajos de torno, fresa y pulido.

Las maquinas, muy frecuentemente máquinas especiales, tiene que dejar el molde prácticamente acabado, de modo que sólo sea necesario un pequeño repaso manual. Frecuentemente el trabajo posterior conviene que

solo sea de pulido para obtener una buena calidad superficial. Con las maquinas y herramientas que existen en el mercado pueden elaborarse maquinados a los aceros de nitruración, de cementación, y de temple completo con resistencia de hasta 150 kp/mm^2 . Conviene señalar que los aceros que se trabajan más rentablemente están con un resistencia de 60 a 80 kp/mm^2 .

Al realizar el arranque de material se origina tensiones de elaboración o bien se liberan tensiones ya existentes en el mismo, Esto puede originar una deformación inmediata o durante un posterior tratamiento térmico. Por esto es importante realizar un recosido de eliminación de tensiones en el molde después del desbastado. Posterior al mecanizado se prosigue con la actividad de pulido para obtener una adecuada calidad superficial. Para ello mostraremos una tabla para el proceso de esmerilado y pulido.

Fase de trabajo	Operación	Abrasivo
Esmerilado Fino	Grano 40-180	Tela de esmeril, Filtro con Corindón
Esmerilado Fino	Grano de 300-400	Pasta de Carborundo aplicado sobre paños de fieltro
Esmerilado Fino	Grano de 600-800	Pasta de carboruno con aceite, por ejemplo aceite rubí o estearina
Pulido previo	Grano $3-10\mu\text{m}$	Pasta verde de pulido mezcla de parafina con óxido de cromo
Pulido fino	Grano de $0.25-1 \mu\text{m}$	Arcilla de aluminio (óxido de aluminio) disgregada con agua destilada en proporción de 9:1; carburo de boro y polvo de diamante

Tabla N° 2.1 Tabla para el proceso de pulido

2.4.2 Elaboración sin Arranque de Material Estampado-Troquelado, Embutido

En la elaboración de moldes para la inyección se usa muy poco, especialmente cuando hay que obtener cavidades de moldeo con una superficie de moldeo difícil de conseguir por el mecanizado. El punzón estampa o troquel se elabora exteriormente con el perfil deseado. El punzón templado se sumerge con presión creciente y a poca velocidad, entre 0.1 y 10 mm/min., en una matriz de acero recocido suave. Pueden embutirse, troquelarse o estamparse rentablemente los aceros con una resistencia en un estado recocido de hasta 60 kp/mm^2 . Para garantizar el flujo de material en la matriz al proceder el embutido, es recomendable que la altura de la misma no sea menor de 1.5 a 2.5 veces el diámetro del punzón. Como lubricante se ha mostrado muy apropiado el bismuto de molibdeno, mientras que los aceites no tienen en general suficiente resistencia a la compresión. El punzón muchas veces recibe un recubrimiento de cobre en solución de sulfato de cobre, para disminuir el rozamiento tras el pulido. Los elementos de molde obtenidos por troquelado se someten a un recocido para la eliminación de tensiones antes de la elaboración mecánica final para que en el tratamiento térmico definitivo no pueda producirse deformaciones. La ventaja del troquelado es que puede obtenerse en forma más económica que la correspondiente cavidad indicando que con este proceso se puede fabricar varios elementos de molde de iguales dimensiones con superficie particularmente buenas.

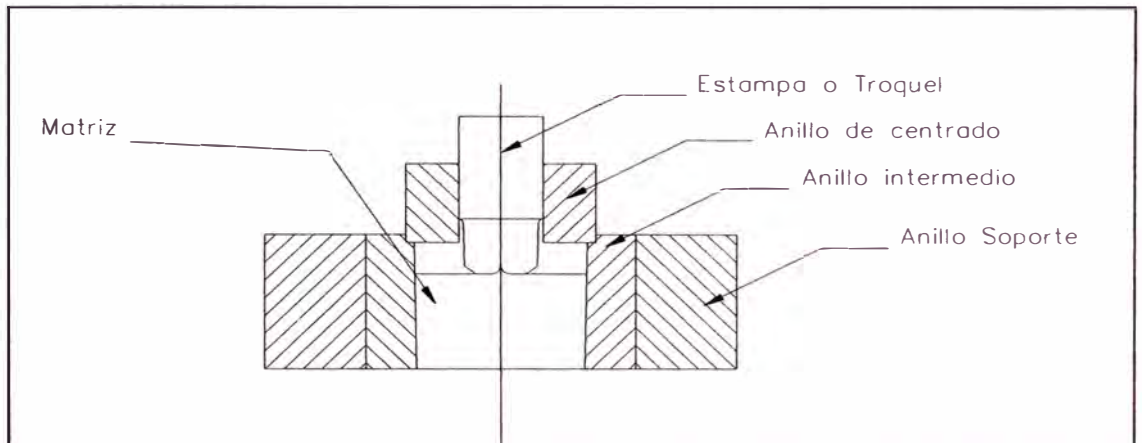


Figura N° 2.1 Proceso de troquelado

2.4.3 Elaboración por Erosión Eléctrica (Electroerosión)

La electroerosión es un proceso de conformación en el que se aprovecha el efecto de desgaste producido por unas descargas eléctricas breves y consecutivas con tensiones alternas de 20V, entre el electrodo y el molde, dentro de un líquido dieléctrico (agua, hidrocarburos como petróleo, gasolina, etc.). Como material para los electrodos se emplean grafito, cobre electrolítico o aleaciones de cobre-tungsteno. La ventaja especial de este proceso radica en que con el se pueden trabajar todos los materiales conductores, independientemente de su resistencia mecánica. En la siguiente figura se muestra el principio de su elaboración

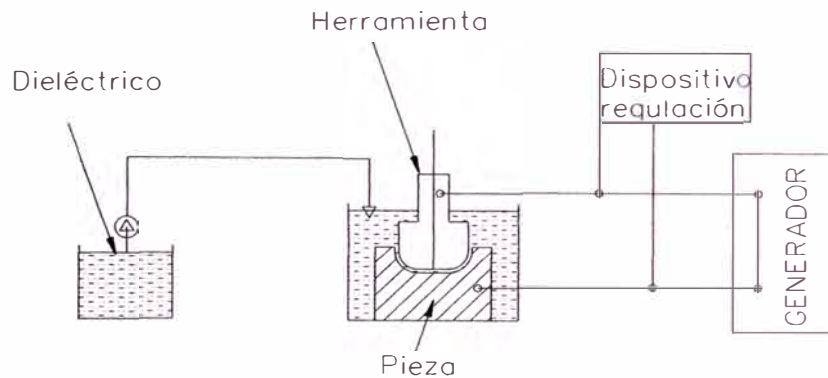
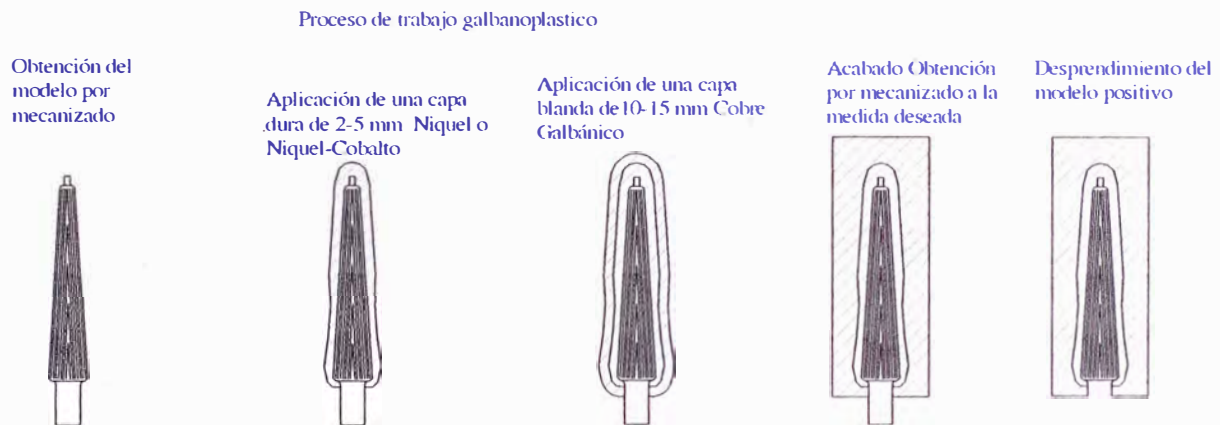


Figura N° 2.2 Proceso de electroerosionado

2.4.4 Galvanotecnia

Se alcanza el límite de la elaboración mecánica cuando hay que configurar la matriz de un modelo complicado (adorno de muebles, caña de bolígrafos) en el que sea de gran importancia la fidelidad al original. En tal caso se emplea el moldeado galvánico, que se caracteriza por una excelente calidad superficial y de gran exactitud de reproducción. Para la conformación por galvanizado, se parte de un modelo positivo o negativo del producto deseado. Sobre dicho modelo se deposita galvánicamente una capa metálica de suficiente espesor. La exigencia del metal de efectúa de acuerdo a las exigencias mecánicas de la pieza. Los metales más adecuados para la fabricación de los moldes son el níquel y las aleaciones níquel-cobalto. El níquel se precipita galvánicamente sobre el modelo hasta un espesor de 5 mm. Esta capa se refuerza por detrás con una capa de cobre,

también galvánico, cuyo espesor se sitúa entre 10 y 15 mm. tras el galvanizado se separa el modelo de la pieza obtenida, que es de por sí totalmente estable y puede pasar al siguiente proceso de fabricación.



Principio de la fabricación galvánica de elementos para moldeo de plásticos

Figura Nº 2.3 Fabricación galvánica

2.5 Partes Fundamentales de una Matriz de Inyección

2.5.1 Bebedero

Es un orificio troncocónico ubicado en la palca fija del molde, a través de la cual pasa el material fundido durante la fase de inyección. Este pone en contacto la boquilla de la máquina con la cavidad del molde, en el caso de inyectar solo una pieza, o con los canales de los moldes de las demás cavidades.

El canal del bebedero debe estar en el eje de la boquilla de inyección y adaptarse perfectamente al asiento cóncavo, que se acopla con la superficie esférica de aquella. El material que llena el bebedero y luego se modifica por enfriamiento, da lugar a formación de la mazarote o colada, el cual debe de

ser extraído después de cada inyección. Para esto el canal de forma troncocónica, presenta la abertura menor hacia la tobera y la mayor en comunicación con la parte móvil del molde. El gradiente estándar es de 2,5 a 5 grados.

La longitud del canal del bebedero debe de ser lo menor posible, a fin de evitar el enfriamiento prematuro. La relación entre la longitud del canal y el diámetro del canal esta comprendido entre 5 y 9:1. Es aconsejable no pasarse de los límites indicados para la gradiente y la relación diámetro-longitud., puesto que los inconvenientes que se encuentran por el moldeo por inyección se deben en gran parte, a errores en las dimensiones el canal de inyección.

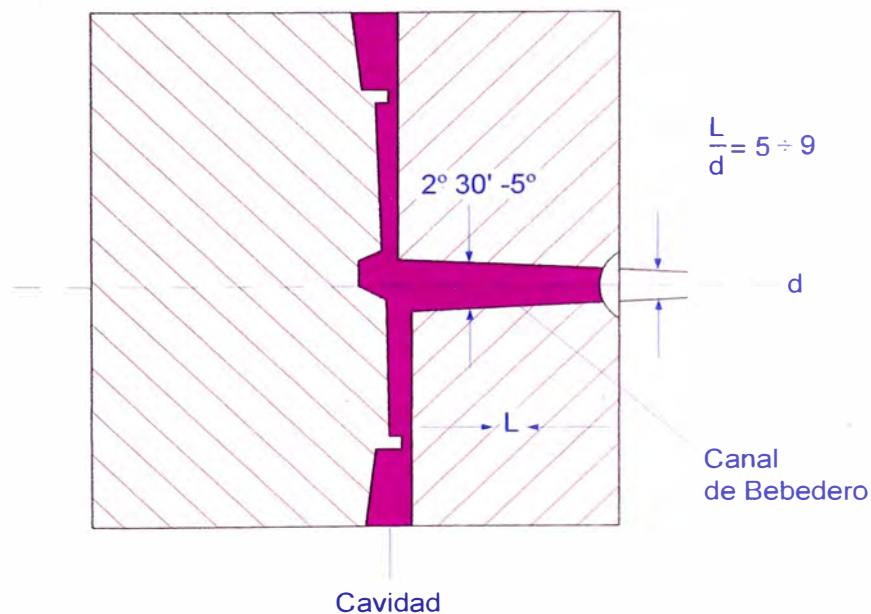


Figura N° 2.4 Sección de canales de alimentación

2.5.2 Canales de Alimentación, Conformaciones y Disposiciones

El material fundido inyectado en el molde es distribuido desde el canal del bebedero hasta la cavidad, a través de los canales de alimentación, permitiendo el llenado simultáneo de las cavidades, en igual condición de presión y temperatura. Por esto los canales de distribución son de gran importancia, porque estos influyen directamente en el éxito del moldeo por inyección.

La geometría de los canales depende de la caída de presión en la cavidad, las propiedades del plástico y la velocidad de flujo, las cuales deben de ser las óptimas para minimizar el material a reprocessar.

La geometría de sección circular ofrece condiciones favorables de flujo para el transporte de un volumen óptimo de material, con el mínimo contacto con la pared del canal. La superficie es mínima y se logra una zona de flujo central, manteniendo baja viscosidad y gran diámetro. El resto de canales con distinta geometría no logra ésta ventaja. Los canales de alimentación más comunes son: Parabólicos, Cónicos y Rectangulares. Como se muestra en la Figura N° 2.5

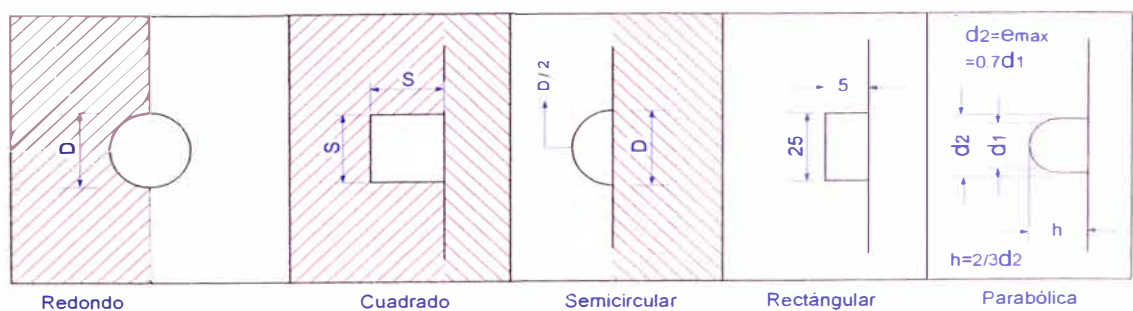


Figura N° 2.5 Geometría de canales de alimentación

Para el diseño de canales de alimentación es recomendable que los canales estén en la parte móvil del molde, para aumentar la adhesión del artículo moldeado en dicha zona, al momento de la apertura. Las dimensiones de los canales no deben de tener cambios bruscos en su recorrido. Cuando los canales son muy estrechos se requiere una presión de inyección más alta y mayor tiempo de llenado de las cavidades, para evitar que el material se enfríe anticipadamente y se solidifique antes de llegar a la cavidad. Si los canales son muy grandes ocurre una caída considerable en la presión y una reducción de la velocidad del flujo de material, también se genera mayor cantidad de scrap, el cual debe ser reprocesado incrementando los gastos operativos. Los canales deben de ser rectos y con la menor longitud posible y presentar la menor superficie para reducir la cantidad de material reprocesado, haciendo que el moldeo sea más rápido. En moldes de más de una cavidad los canales principales deben extenderse mas allá del punto de unión de los dos últimos canales secundarios, es por esto que se tiene que formar “los pozos fríos” cuya principal función es detener la primera porción de material, siendo esta la más fría que perjudicaría la calidad del producto.

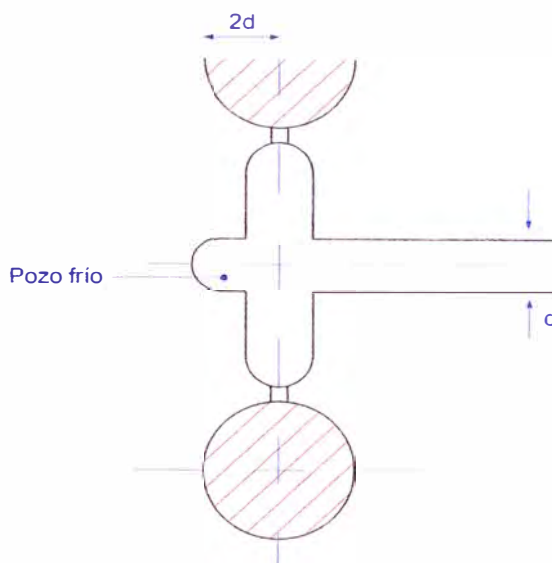


Figura N° 2.6 Pozo frío

2.5.3 Punto de Inyección

El punto de inyección constituye el último tramo de los canales, la ubicación del punto donde éstos desembocan en la cavidad debe ser muy bien estudiada, pues de ella depende la terminación superficial del artículo, la manera de controlar la velocidad de escurrimiento en el interior de la cavidad y el grado de compactación del material en su interior. La geometría del punto de inyección depende de los siguientes parámetros:

- Tipo de termoplástico procesado
- Espesor de la pared y forma de la pieza
- Tipo de colada
- Recorrido del flujo

En general, el punto de inyección se localiza en la región de mayor espesor del artículo. De manera que el material fluya progresivamente a la región de menor espesor. Generalmente la entrada a la cavidad es menor que

el canal de distribución, produciéndose una restricción del canal, en que el material viene a presión constante, aumenta su velocidad y al sufrir alta fricción su temperatura aumenta, equilibrando la caída de presión y temperatura del canal. Cuando se produce un artículo de gran tamaño, es necesario utilizar varios puntos de inyección, para lograr un buen llenado y obtener una pospresión uniforme. Cuando la entrada es suficientemente grande, la vena del material que la atraviesa, lo hace en forma de flujo laminar. Este flujo necesita de una presión de moldeo baja, reduciendo las tensiones, las contracciones, las burbujas de aire y las marcas de soldadura. Cuando la entrada es demasiado estrecha, la vena del fluido se entrelaza y enrosca sobre si misma con flujo turbulento, perjudicando las características del artículo moldeado.

A continuación presentaremos en resumen distintos sistemas de puntos de inyección:

Entrada Total.- Se Caracteriza por poseer una sección relativamente grande se usa en moldeos de piezas grandes o alimentación directamente por el bebedero.

Entrada Restringida.- Esta entrada presenta una entrada relativamente pequeña y se utiliza en moldes de 2 planchas, para producción de piezas de pared finas, la entrada de material, puede ser removida con perfección, mejorando el aspecto del producto. Normalmente el diámetro de entrada es igual a la mitad del espesor de la pieza. En el punto de inyección.

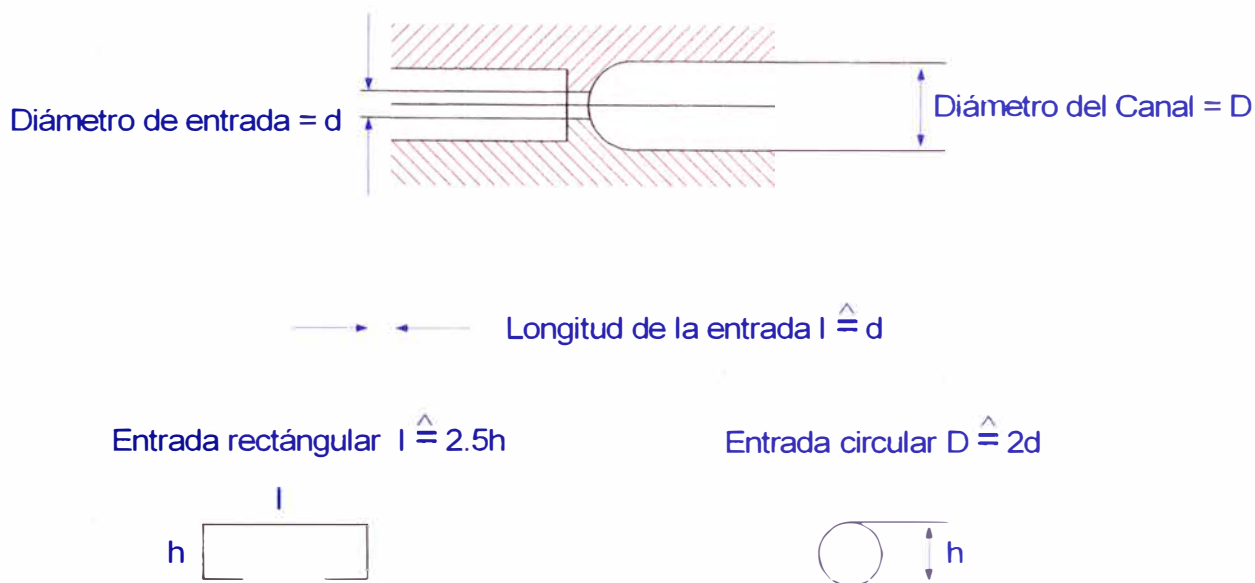


Figura N° 2.7 Proporciones de entradas restringidas.

Entrada Capilar (Pin Point).- Generalmente se usa para moldes de tres placas. La entrada capilar origina un flujo turbulento que puede ocasionar marcas de flujo en la pieza, principalmente en las proximidades de la entrada. Para compensar esto es conveniente aumentar el espesor de la pieza en la región del punto de inyección.

Entrada Auto Extraíble o Submarina.- Se usa en moldes automáticos de alta productividad, pues el producto ya sale terminado.

Entrada en Abanico.- Se usa para obtener piezas planas y finas con un mínimo de contracción y de tensión.

2.5.4 Balance de Cavidades

La disposición de las cavidades en el molde debe equilibrar las fuerzas en el momento de la inyección, en ese sentido es importante mantener el punto de inyección centrado con relación a los canales de distribución y cavidades, de forma que durante la inyección, la resultante de las fuerzas tenga su línea de acción en el centro del molde. La simetría en la posición de las cavidades también permite un llenado de todas las cavidades en las mismas condiciones de presión, temperatura y viscosidad asegurando el mantenimiento de las propiedades del material en todas las piezas moldeadas. Tanto en moldes pequeños como en moldes grandes se puede aplicar un balance “natural” o un balance “artificial” en los puntos de inyección, con el objetivo de obtener una presión ecualizada, equilibrar las pérdidas de presión y llenar las cavidades de manera simultanea. El balance natural generalmente se elige una misma distancia de los puntos de inyección, pero en un balance artificial se logra mediante la variación de los diámetros de los puntos de inyección.

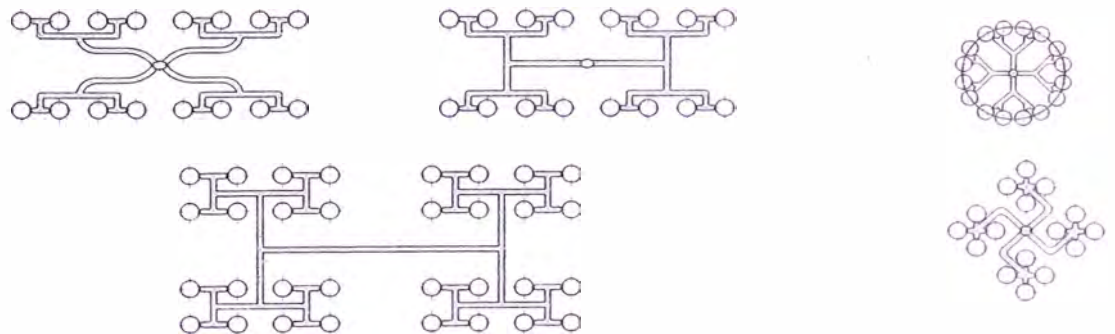


Figura N° 2.8 Ejemplo de balance natural de canales de distribución.

2.5.5 Salida de Gases

Cuando se inicia la fase de inyección las cavidades del molde están naturalmente llenas de aire. Parte de este puede quedar aprisionado en algún sector de la cavidad impidiendo el llenado completo de la cavidad. Se debe de asegurar que durante la inyección se expulsen totalmente los gases contenidos en el interior de las cavidades del molde, esto se consigue con un escape de aire (respiraderos) en las cavidades del molde estos se ubican adecuadamente y están constituidos por pequeños surcos trazados en la superficie de unión de las placas del molde, sobre los vástagos extractores o por pequeños orificios practicados directamente en la cavidad. Los respiraderos deben de ser colocados en los puntos de la cavidad donde termina normalmente el flujo de material y donde las venas de flujo se reúnan, puesto que es en tales posiciones donde el aire se queda ocluido. En las nervaduras de gran espesor. La evacuación completa del aire permite una mejor soldadura entre los flujos convergentes, y la pieza resultante presenta una mayor resistencia, puesto que se logra una buena unión y mejor aspecto, al eliminarse marcas de flujo. El tamaño de los orificios de salida de aire depende principalmente de la viscosidad del material fundido que se inyecta. Por ejemplo para el polipropileno, el ancho del canal no debe de exceder a 6 mm. Y una profundidad de entre 0.025-0.05 mm. que se extiende desde la cavidad hasta el exterior del molde.

2.5.6 Extractores

Como consecuencia de la contracción que el material sufre al enfriarse durante la inyección, o incluso por el efecto neumático determinado por la conformación de la pieza moldeada tiene tendencia a quedar adherida sobre el macho del molde, después de la apertura del mismo. Esto conlleva al diseño de dispositivos extractores, para llevar a cabo la expulsión de la pieza moldeada. Los sistemas extractores se montan en la placa móvil del molde, porque su funcionamiento está basado en el aprovechamiento de la apertura del molde, hay casos especiales en los cuales los extractores se instalan en la placa fija. Los tipos más comunes de extractores son:

Sistema con Vástago Extractor.- El diámetro del extractor es proporcional a su longitud y al esfuerzo que realiza. Los vástagos extractores dejan inevitablemente marcas en la superficie de contacto con la pieza por lo que es necesario ubicarlos en lugares de menor visibilidad, a fin de no comprometer el aspecto estético de la pieza. Experimentalmente se ha comprobado que la superficie de contacto de los vástagos corresponde al 1% del área en contacto de la pared lateral esto no corresponde al área proyectada. De acuerdo a esto el diseñador debe cubrir 1% del área de los vástagos teniendo en cuenta el menor número posible de los mismos, ubicados uniformemente sobre la superficie del artículo para expulsarlo suavemente, mediante un empuje uniforme además debe tener cuidado de no interferir con los canales de refrigeración.

Sistema con Placa Expulsora.- Debe de ser sostenida por robustas bujes guías y es conveniente limitar su mínimo desplazamiento para evitar que salga completamente de la parte del macho.

Sistema con Casquillos Extractores.- Se emplea habitualmente en moldes para artículos de forma tubular. Semejantes al sistema de vástagos extractores con la diferencia, que en lugar de vástagos, la parte móviles tienen casquillos.

Sistemas de Aire Comprimido.- Generalmente se emplean en artículos de superficie cerrada, estos pueden ir en la parte macho o hembra del molde, constan principalmente de una o más válvulas de activación neumática que inyectan aire en la parte interna del artículo a fin de desmoldarlo, al igual que los vástagos debe de tenerse en cuenta los mismos criterios de para su ubicación.

Sistemas Combinados.- Algunas veces es necesario acoplar en un mismo sistema diversos sistemas de extracción debido a la complejidad del desmolde del artículo.

2.5.7 Refrigeración de Moldes

La duración del ciclo de inyección por ser directamente proporcional al espesor del producto, es demasiado breve para que el calor pueda ser dispersado por simple conducción, a través de las paredes del molde. A las piezas de pequeñas dimensiones hay que extraerle pocas calorías para solidificarlas y su enfriamiento debe ser muy rápido; con productos de gran

peso ocurre lo contrario. Por esta razón se requiere refrigerar los moldes por circulación de agua, a través de los canales generalmente diseñados en la parte fija y en la placa porta cavidades de la parte móvil de los moldes. La absorción de calor debe ser uniforme, un adecuado diseño generalmente es costoso pero se ve compensado en la calidad del producto y por el menor ciclo de inyección obtenido. La refrigeración de los moldes se puede controlar regulando la circulación de agua, por medio de llaves situadas en los tubos de admisión. El diámetro de los canales de refrigeración se determina de acuerdo al espesor del producto a moldear.

Espesor de pared	Diámetro del canal	Distancias entre centros a centro de ejes	Profundidad del canal
e	d	a	b
<2	8-10	8-10	20-25
2-4	19-12	19-12	25-30
4-6	12-15	12-15	30-35

Tabla N° 2.3 Recomendaciones de las dimensiones de canales para polipropileno

Por ejemplo en piezas axialmente simétricas, se debe de evitar la utilización de canales de enfriamiento paralelo, en este caso se recomienda la utilización de canales de refrigeración en espiral. El agua debe de ingresar por el centro para poder compensar la temperatura del fluido en el molde.

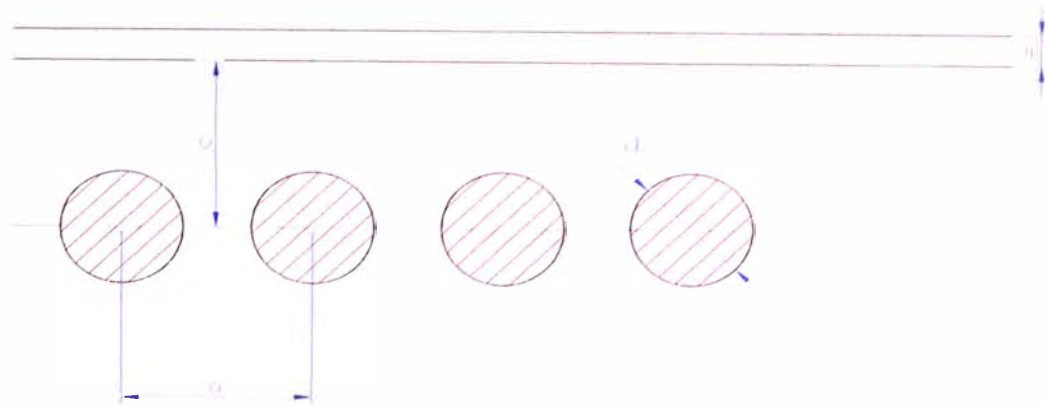


Figura N° 2.9 Disposición de un buen canal de enfriamiento

2.5.8 Cámara Temperada

Para resolver los siguientes problemas: Canales de alimentación muy largos, varios puntos de inyección ó a las dimensiones del producto son considerables. Se emplea la cámara temperada para reducir la pérdida de presión debido a la longitud de los canales de alimentación, reduciendo la merma existente en la colada además se reduce también el trabajo de acabado; los moldes de inyección de canal caliente ofrecen una solución óptima para estos problemas.

El principio consta en calentar el material que existe en los canales de alimentación y en el bebedero para dar paso a la inyección sin que ésta se solidifique, generalmente por medio de resistencias eléctricas adheridas a la cámara de canal caliente, las mismas que usan un controlador de temperatura. La entrada de colada puntiaguda con recámara es el mejor método para

fabricar piezas automáticas de gran calidad, pero el precio de estos moldes resulta muy elevado lo cual se justifica para producciones elevadas.

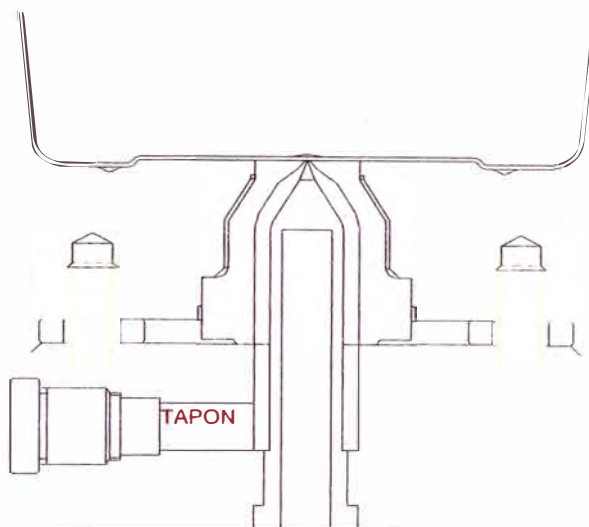


Figura N° 2.10 Sistema de cámara caliente

2.5.9 Elementos Centradores

Los moldes de inyección se montan, para su ajuste, sobre los platos portamoldes de la unidad de cierre de la maquina. Las guías del molde han de cuidar que los elementos coincidan exactamente y que el molde cierre herméticamente, si los elementos del molde no coinciden pueden colisionar y deteriorarse mutuamente, el producto moldeado presentará espesores no correspondientes a las medidas exigidas. Es por estas razones que los moldes presentan elementos de centrado, como son en el centro de la placa soporte del plato fijo (boquilla), o al lado expulsor, estos elementos van roscados al plato porta molde.

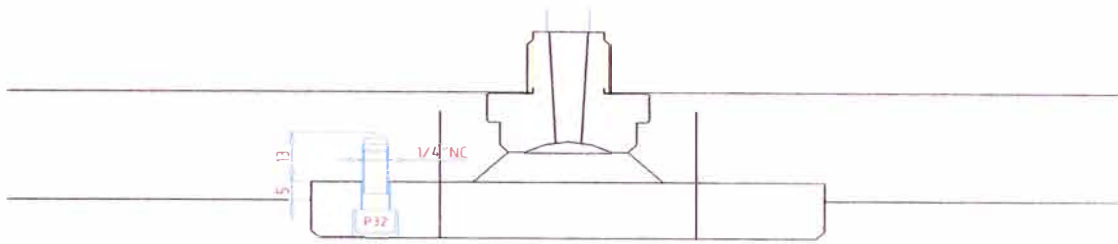


Figura 2.11 Elemento centrador en la placa estática

Para alcanzar la máxima precisión, el molde necesita una guía y unos elementos de centrado propio. En moldes pequeños y particularmente planos, se emplean pernos guías, que sobresalen de una de las mitades del molde cuando este está abierto, y al efectuar el cierre se introduce con un ajuste perfecto en los orificios de los casquillos y cubiertas de acero templado previstos en la otra mitad. En moldes con vaciado profundo, especialmente cuando tiene un núcleo largo y fino pueden producirse desplazamientos del núcleo durante la inyección a pesar de un centrado exacto de los pernos guías; ello tiene lugar cuando el momento de inercia del núcleo y el módulo de elasticidad del acero no basta para evitar la deformación de aquel, bajo la presión de la masa del molde y para ello se emplean conos centradores en ambas placas del molde para que al momento del cierre encajen conjuntamente con los pernos guías y mantengan centrado las cavidades durante el proceso de inyección, como podemos observarlo en la Figura N° 2.12.

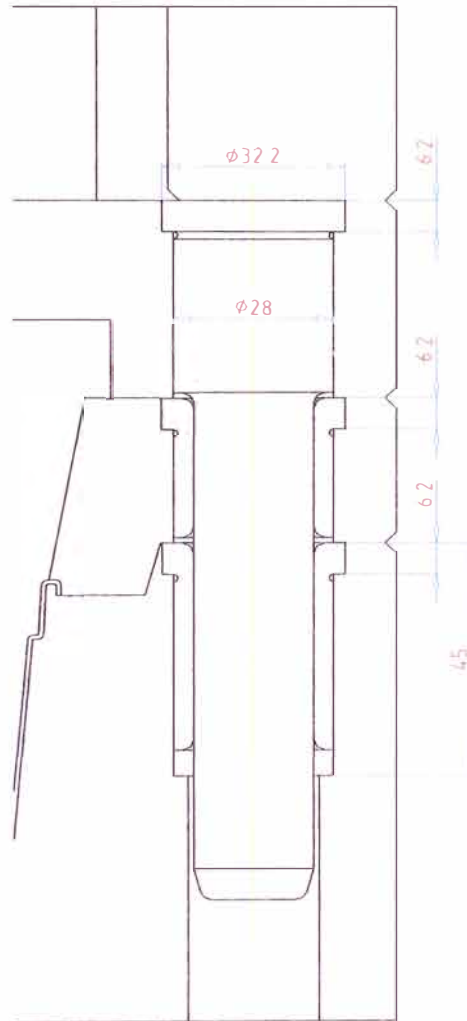


Figura N° 2.12 Elementos centradores: guías y conos centradores

CAPÍTULO 3

TECNOLOGÍA DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO

El Control Numérico Computarizado CNC es una tecnología muy aplicada a diversos campos como por ejemplo mencionaremos algunos:

- CAD/CAM
- CIM
- Robótica

En nuestro caso enfocaremos la tecnología CNC aplicada a la Manufactura Asistida por Computadora (CAM). Con la aplicación del CAM se logra una serie de beneficios entre los más importantes tenemos:

- Movimiento simultáneo y controlado sobre varios ejes.
- Eliminación de intervención del operador.
- Cambio rápido de herramientas y condiciones de corte.
- Reducción de errores humanos
- Tiempos de proceso predecibles y consistentes
- Retroalimentación y compensación

- Tolerancias hasta 0.005 mm.
- Piezas de geometría compleja
- Flexibilidad

Las partes fundamentales de un Control Numérico (CN) son siguientes:

Programa de Instrucciones.- Lista detallada de instrucciones que controlan la operación de la máquina.

Unidad de Control de la Máquina (MCU).- Unidad que lee e interpreta el programa de instrucciones y lo convierte en acciones mecánicas de la máquina-herramienta.

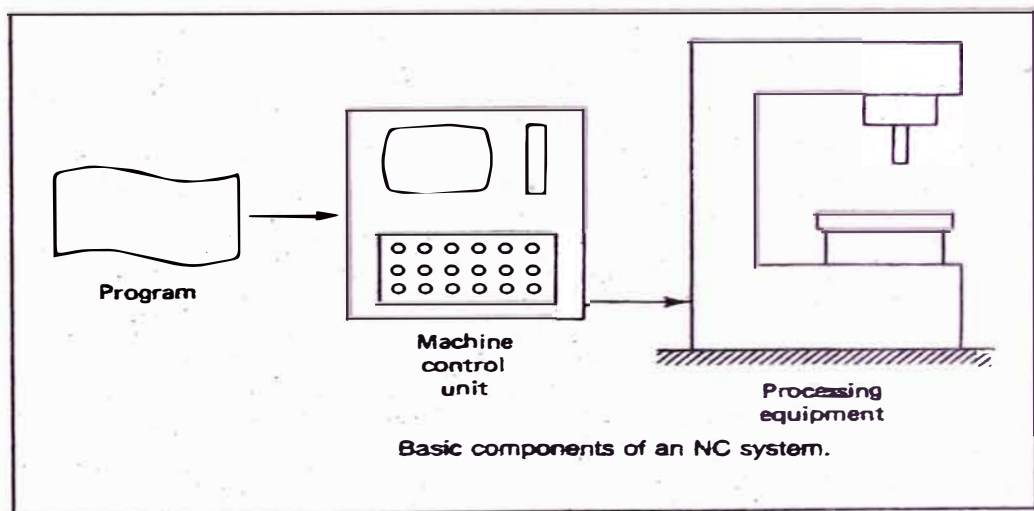


Figura N° 3.1 Componentes de un sistema de control numérico

A continuación explicaremos el funcionamiento del CNC:

1.- El Programa es introducido al sistema CN.

2.- La unidad de control de la máquina MCU lee y convierte la información en una serie de pulsos eléctricos.

3.- Servomotores convierten los pulsos eléctricos en movimientos de la máquina.

4.- Dispositivos de medición, miden el movimiento real y envía señales de retroalimentación para corrección.

De este modo es como trabaja esencialmente un control numérico computarizado. A continuación explicaremos el uso del CN en centros mecanizados.

3.1 Centros Mecanizados

El centro de mecanizado ha sido el resultado de la evolución lógica de la "máquina herramienta de fresar" en un contexto donde se ha precisado aumentar la productividad, la flexibilidad y la precisión, al tiempo que se mejoran las condiciones de seguridad de los trabajadores, todo ello lógicamente acompañado por la incorporación de la electrónica.

Un centro de mecanizado es ante todo una máquina herramienta, que se caracteriza por el arranque de viruta.

A continuación mencionaremos las características esenciales de un centro mecanizado, que nos permiten diferenciarlo de otros tipos de máquinas:

a) *Está Dotado de un Control Numérico.*- La primera de estas, llamada propiedades esenciales o definitorias, se refiere a que los centros de **mecanizado** son el producto de la revolución tecnológica que ha supuesto en el mundo de la mecanización la introducción de la tecnología del control numérico. No existen centros de mecanizado (en el sentido admitido actualmente para esta expresión) anteriores a la tecnología del control numérico.

b) *Puede Realizar Otras Operaciones de Mecanizado Además del Fresado.*- La transformación de la fresadora clásica en un centro de mecanizado ha ocurrido como consecuencia de dotarla de la potencialidad para desarrollar operaciones de trabajo que tradicionalmente se realizaban en otro tipo de máquinas. Es el caso del taladrado, y del roscado fundamentalmente. En efecto, este tipo de operaciones no son cinemática, y conceptualmente hablando, distintas del fresado, dado que aunque tengan implicaciones mecánicas y tecnológicas bien distintas, todas ellas se ejecutan mediante un movimiento de corte circular, con la ayuda de una herramienta rotativa. Esto es lo que hizo posible que en un momento dado se integrasen este tipo de operaciones en una misma máquina que conocemos como centro de mecanizado. Por lo tanto, y hasta aquí, un centro de mecanizado es una máquina herramienta dotada de control numérico que permite realizar distintas operaciones de mecanizado como fresado, taladrado y roscado. En este sentido se debe establecer la diferencia entre centros de mecanizado y fresadoras de control numérico, dado que éstas últimas son

máquinas herramienta que si están dotadas de control numérico pero sólo están destinadas a realizar operaciones de fresado.

c) *Dispone de un Cambiador de Herramientas Automático.*- La segunda de las características esenciales mencionada implica prácticamente a la tercera, en el sentido de que se hace prácticamente ineludible la existencia de un sistema que facilite el cambio automático de las herramientas que permitan efectuar las distintas operaciones posibles. Lógicamente, el sistema de cambio de herramienta está gobernado por el control numérico de la máquina. Los sistemas de cambio de herramienta responden a conceptos estructurales, necesidades y soluciones de diseño bien distintas, pero en cualquier caso deben asegurar la posibilidad de efectuar un cambio de herramienta en el transcurso de ejecución de un programa pieza, sin la necesidad de intervención por parte del operario.

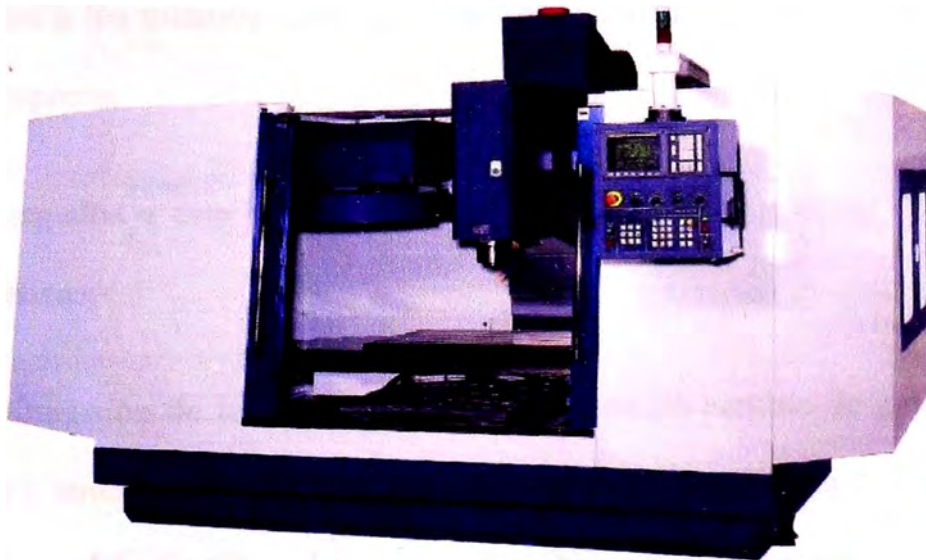


Figura N° 3.2 Centro de mecanizado: vertical para fabricantes de moldes.

Marca: FANUC

Modelo: CM FANUC 5010

Tipos de Centros de Mecanizado y Criterios de Elección

Difícil cuestión, de momento podemos concluir que se trata de un problema complejo por el número de variables implicadas y la diversidad de los factores a considerar.

En cualquier caso hay algunos factores clave:

- La tipología de las piezas a producir (tamaño, complejidad)
- El tamaño de los lotes de producción
- Las especificaciones técnicas (tolerancias de las piezas)
- El entorno donde ha de ubicarse y trabajar la máquina.

En efecto, todos estos factores y otros derivados, relacionados e incluso adicionales a los mismos intervienen en una decisión que puede ser de importancia para la empresa.

Llegados a este punto un centro de mecanizado, cuenta con las siguientes características:

Dimensión de la mesa de trabajo, sistema de cambio de paletas, número de ejes, tipo y tamaño del almacén de herramientas, características del control a equipar, orientación del husillo, husillo orientable, plato divisor, posibilidades de comunicación, aplicaciones de verificación y digitalización de piezas, sistema de evacuación de la viruta, robustez mecánica, rapidez, potencia, par, fuerza de avance, gamas velocidad del husillo, precisión y repetibilidad, comportamiento dinámico

(estabilidad, vibraciones), calidad de los componentes y accesorios, sistemas de seguridad para la máquina, cuestiones de mantenimiento, sistemas de seguridad para el operario, dimensiones generales de la máquina, peso, etc.

La elección de una u otra variante vendrá en función de estos "factores clave" y de otros como las preferencias del comprador respecto de un determinado fabricante de máquina o de control, y las posibilidades económicas y financieras de la empresa.

3.2 Lenguaje de Programación

El lenguaje de programación fundamental para máquinas de control numérico se basa principalmente en la interpretación de códigos que el control requiere para mecanizar una pieza.

Al conjunto de informaciones que corresponde a una misma fase del mecanizado se le denomina bloque o secuencia, que se numeran para facilitar su búsqueda. Este conjunto de informaciones es interpretado por el intérprete de órdenes.

El programa de mecanizado contiene todas las instrucciones necesarias para el proceso de mecanizado.

Una secuencia o bloque de programa debe contener todas las funciones geométricas, funciones máquina y funciones tecnológicas del mecanizado, de tal modo, un bloque de programa consta de varias instrucciones.

A continuación explicaremos el procedimiento para la programación de un centro mecanizado debido a su complejidad.

a) Entendimiento del dibujo de definición de la pieza, el cual debe contener: la información dimensional, las tolerancias dimensionales y de forma permitidas, el acabado superficial de la pieza y el material de la pieza. Del análisis de este dibujo el programador obtiene el conjunto de superficies que van a ser maquinadas, las dimensiones de la pieza en bruto y las herramientas de corte que van a utilizarse en el proceso.

b) Con los datos anteriormente conocidos se empieza a la creación del programa de control numérico. Realizando las estrategias de maquinado mas adecuados.

c) Una vez generado el programa de control numérico es necesario introducirlo a la memoria de la maquina. En este proceso se utiliza el panel de control de la maquina de control numérico o a través de una comunicación entre PC-CNC en el caso que se utilice la PC para generar el código.

d) Cuando la introducción del programa ha terminado, la manufactura de la pieza puede iniciarse. Las herramientas deben estar colocadas en sus posiciones. El sistema de referencia utilizado en la programación definido. Los compensadores

de herramienta introducidos en la memoria correspondiente de la máquina y el refrigerante contenido en el depósito correspondiente.

3.3 Entorno de la Programación de un Centro Mecanizado

a) Sistemas de coordenadas en control numérico.- Cuando la posición a la que la herramienta ha de desplazarse ha sido programada, el sistema de Control Numérico Computarizado mueve la herramienta a esa posición **utilizando** las coordenadas contenidas en los vocablos dimensionales del bloque. Para la máquina específica que estamos estudiando, se definen tres diferentes tipos de sistemas coordenados:

b) El sistema coordinado de la máquina.- El origen de este sistema se conoce como **cero máquina**. Este punto es definido por el fabricante de la máquina. El sistema coordinado de la máquina se establece cuando se enciende ésta y la herramienta es llevada al punto de referencia.

Una vez que el sistema de referencia de la máquina se ha establecido, este no puede ser cambiado por definición de un sistema local o de trabajo. La única posibilidad para que el sistema sea borrado es que la máquina sea apagada.

c) El punto de referencia.- La posición de este punto generalmente coincide con las marcas de colocación en las reglas de medición, debido a que estas marcas se encuentran generalmente en los extremos de las reglas, el punto origen del **cero máquina** se define en los extremos de la carrera de la máquina. Cuando la máquina es encendida la operación de llevar la maquina

a su punto de referencia es la primera tarea que debe ejecutarse. Una vez que este punto es alcanzado el sistema de referencia de la máquina es establecido.

d) El sistema coordinado de trabajo.- El sistema coordinado utilizado en el maquinado de la pieza se conoce como sistema coordinado de trabajo. El origen de este sistema se define en un punto de utilidad para la programación de la geometría de la pieza. El sistema de trabajo coordinado puede ser establecido utilizando cualquiera de los dos métodos siguientes: Utilizando la función G92 y utilizando las funciones G54-G59.

Establecimiento del sistema coordinado de trabajo utilizando la función G92.- En este caso, en el mismo bloque donde se programa la función G92 se introducen las coordenadas del origen del trabajo. Por ejemplo: G92 X90. Y78. Z67. Las coordenadas especificadas en el anterior bloque localizan la posición del origen del sistema coordinado respecto del cero máquina. Para obtener las coordenadas del origen del sistema de referencia la herramienta de corte podrá ser utilizada. Una vez conocidas las coordenadas del origen del sistema coordinado de trabajo se programa la función G92 X_ Y_ Z_. El control numérico transfiere el origen del sistema coordinado del cero máquina al punto definido por X, Y y Z.

Establecimiento del sistema coordinado de trabajo utilizando las funciones G54-G59.- Seis diferentes sistemas coordinados pueden ser establecidos utilizando el conjunto de funciones G54-G59. Estos sistemas coordinados se establecen introduciendo en la memoria de la máquina las coordenadas, respecto del cero máquina, de los orígenes de los sistemas de

trabajo. En el programa de control numérico el origen de trabajo se activa mediante la programación de la función correspondiente a la localidad de memoria donde las coordenadas de su origen se almacenaron.

G54	SISTEMA DE TRABAJO 1
G55	SISTEMA DE TRABAJO 2
G56	SISTEMA DE TRABAJO 3
G57	SISTEMA DE TRABAJO 4
G58	SISTEMA DE TRABAJO 5
G59	SISTEMA DE TRABAJO 6

Tabla N° 3.1 Sistemas de trabajo

Ejemplo: G55 G00 X20 Z100

En este caso, la colocación de la herramienta se realiza a las posiciones especificadas en los vocablos dimensionales. Estas coordenadas se localizan respecto al sistema de trabajo 2 debido a la programación de la función G55.

Nota en algunos controles como FANUC OMD los valores de almacenados en G55-G59 son valores negativos

Sistemas locales de referencia.- Mientras se programa en un sistema coordinado de trabajo, es conveniente tener un sistema local definido. El sistema local se especifica respecto al sistema coordinado de trabajo mediante la utilización de la función G52. El origen de este sistema se define en los vocablos dimensionales que acompañan a la función principal.

e) **Selección del plano de maquinado.-** En aplicaciones relacionadas con interpolaciones circulares y compensación del radio de la herramienta, la selección del plano de maquinado le permite conocer al sistema de control el eje perpendicular al plano de maquinado y los ejes respecto de los cuales la interpolación y la compensación del radio de la herramienta podrá ejecutarse. La definición del plano de maquinado se realiza mediante la programación de las siguientes funciones:

G17	DEFINICIÓN DEL PLANO X-Y
G18	DEFINICIÓN DEL PLANO X-Z
G19	DEFINICIÓN DEL PLANO Y-Z

Tabla N° 3.2 Planos de trabajo

f) **Programación absoluta e incremental.-** En control numérico existen dos formas posibles de especificar, los valores de los vocablos dimensionales. La diferencia entre estas dos, formas es la referencia utilizada en la especificación:

FUNCIÓN G90.- En el caso de coordenadas especificadas en forma absoluta se utiliza la función G90. Las coordenadas especificadas respecto de este sistema deberán ser siempre referidas al sistema coordinado activo en ese momento.

Ejemplo: G90 G00 X30 Y60

FUNCIÓN G91.- En este caso, la posición a la que ha de desplazarse la herramienta de corte se programa mediante los, vocablos expresados respecto al punto anterior definido.

Ejemplo: G91 G00 X20 Y30

g) La función de la herramienta.- El proceso de manufactura de una pieza generalmente utiliza varias herramientas de corte en sus operaciones, (en manufactura a estas operaciones se les conoce como fases del proceso). Para la ejecución de cada fase, una herramienta debe ser colocada en el husillo de trabajo. En el control numérico el cambio de herramienta se realiza en forma automática mediante la programación de una orden específica. Las dimensiones de la herramienta se programan utilizando los compensadores de la herramienta.

El cambio de la herramienta de corte se especifica utilizando el vocablo T. Cuando esta función se programa en forma conjunta con la función auxiliar M06 (cambio automático de herramienta) la herramienta de corte se desplaza hasta la posición de cambio automático. En esta posición el carrusel de herramientas retira la herramienta activa en el husillo de trabajo y en su lugar coloca la herramienta cuya posición se especifico bajo el vocablo T.

Ejemplo: T02 M06

Cuando el anterior comando se ejecuta, la herramienta se desplaza a la posición de cambio automático, el carrusel retira la herramienta que se encuentra activa y coloca la herramienta número 2 del carrusel en el husillo de trabajo.

h) Función G00.- Cuando esta función se programa, la herramienta se desplaza a la posición programada, siguiendo una línea recta a una velocidad especificada en el sistema de control. Generalmente esta función se utiliza para colocar la herramienta de corte de un punto a otro, dentro del espacio de trabajo de la máquina. Cuando una función G00 se ejecuta, la herramienta es acelerada hasta alcanzar una velocidad determinada. Cuando el control detecta la aproximación a la posición programada la herramienta desacelera. La programación de esta función puede realizarse en coordenadas absolutas o incrementales. Además deberá tenerse cuidado de programar los desplazamientos de la herramienta considerando la secuencia de los movimientos. El primer movimiento de la herramienta deberá programarse en un plano paralelo al plano de maquinado. Una vez colocada la herramienta esta podrá descender a lo largo del eje perpendicular al plano de maquinado. En forma similar cuando la herramienta se retire después del proceso de corte se deberá mover en la dirección perpendicular al plano de maquinado retirándose de éste y posteriormente se deberá desplazar la herramienta en un plano paralelo al plano de maquinado.

i) Función G01.- Cuando esta función se utiliza la herramienta se desplaza a la posición programada, siguiendo una línea recta entre el punto en

el que se encuentra colocada y el punto programado. La velocidad de desplazamiento de la herramienta se especifica en el vocablo F que se encuentra en el mismo bloque donde se programó la función G01. La programación de esta función podrá realizarse en coordenadas absolutas o incrementales. Las recomendaciones dadas en la programación de la función de colocación G00 deberán ser tomadas en cuenta cuando se programe utilizando la función G01.

j) Funciones G02 y G03.- Las funciones que describen arcos de círculo se conocen como funciones de interpolación circular. En estas funciones el punto final que debe alcanzarse se programa en los vocablos dimensionales que acompañan a la función G. Así el punto final del arco se especifica por los vocablos X, Y o Z, donde las magnitudes pueden ser expresadas en coordenadas absolutas o incrementales. También se debe programar el radio del círculo que se describirá o de manera alternativa las coordenadas del centro del radio y la velocidad de avance de la herramienta. Un importante aspecto que debe considerarse es que el plano de maquinado donde se define el arco de círculo deberá ser programado en un bloque anterior. Además de estos valores deberá programarse el sentido de la trayectoria de la herramienta cuando la función se ejecute:

La función G02 define un arco de círculo en el sentido de las manecillas del reloj.

La función G03 define un arco de círculo en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.

La consideración planteada anteriormente referente a que el plano donde el arco de círculo necesita estar programado en un bloque anterior a aquel donde la función de interpolación circular se programa, se debe al hecho de que las funciones de interpolación circular se definen en un plano. Los vocablos dimensionales a utilizar dependen del plano donde el arco se maquinará.

Arco en el plano X-Y. G17 (G02/G03) X__ Y__ (R__/I__ J__) F__

Arco en el plano X-Z G18 (G02/G03) X__ Z__ (R__/I__ K__) F__

Arco en el plano Y-Z G19 (G02/G03) Y__ Z__ (R__/J__ K__) F__

En los primeros paréntesis utilizados se define el sentido del trayecto mientras que en el segundo paréntesis se programa el radio del arco de círculo o las coordenadas del centro del arco.

Consideraciones relevantes en la programación de las funciones de interpolación circular.

Cuando el arco del círculo excede de 180 grados, el radio del círculo deberá especificarse con un valor negativo.

Cuando el valor del radio no pueda ser especificado, las coordenadas del centro del arco deberán ser dadas, utilizando los vocablos I, J o K: Donde:

I es una coordenada paralela al eje X

J es una coordenada paralela al eje Y

K es una coordenada paralela al eje Z

La posición del punto final de un arco de círculo se especifica por medio de los vocablos dimensionales X, Y o Z y puede ser expresado en coordenadas absolutas o relativas:

Para el caso de la programación de las coordenadas de modo absoluto, las coordenadas se especifican respecto al origen del sistema coordenado activo. El bloque de programación estará formado por las palabras:

N...G...X...Y...I...J...F...

Donde G especifica la dirección del movimiento. X e Y serán las coordenadas del punto final del arco I y J serán las coordenadas del centro del círculo. Para el caso de la programación de modo relativo, las coordenadas se especificarán respecto del punto inicial del arco.

La determinación de las coordenadas del punto final debe realizarse respecto del punto inicial del arco.

La programación del maquinado del arco será:

N...G...X...Y...I...J...F...

k) La velocidad de corte.- La velocidad lineal generada entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo debida a la rotación de alguno de las partes cuando se realiza el proceso de maquinado, se conoce en manufactura como velocidad de corte. Debido a que nos referimos a una velocidad relativa, esta se presenta en la superficie donde herramienta y pieza interaccionan.

Los esfuerzos generados en el proceso de manufactura influyen de manera determinante en la distribución de temperatura tanto en la herramienta de corte como en la pieza de trabajo. La distribución de temperatura en la herramienta determina por una parte el cambio de sus propiedades mecánicas, lo que influye directamente en la duración de su filo, la tasa de desgaste y, consecuentemente, la precisión del maquinado. Mientras que la distribución de la temperatura en la pieza determina sus propiedades mecánicas, su calidad superficial y la precisión dimensional obtenida en el proceso.

En manufactura las unidades de la velocidad de corte se expresan generalmente como:

En el sistema métrico: (mm/minuto) o (mm/revolución)

En el sistema inglés: (pulgadas/minuto) o (pulgadas/revolución)

Debido a que la velocidad lineal tangente a la superficie giratoria esta en relación con su velocidad angular, su cálculo se basa en la ecuación del movimiento rotacional:

$$V = \pi \times D \times S / 1000$$

Donde:

D = Diámetro de la parte giratoria. (mm.)

V = Velocidad lineal de la parte giratoria en la superficie tangente. (mm/min)

S = Velocidad angular de la parte giratoria. (RPM)

π = Constante Pi \simeq 3.141592

En el caso de centros de maquinado y fresa de control numérico la parte giratoria es la herramienta de corte. La pieza se encuentra montada en una superficie de trabajo, realiza movimientos lineales programados que están relacionados con la geometría del contorno, definido en el dibujo de la pieza.

l) Funciones auxiliares M.- Este tipo de funciones se utiliza como complemento en la programación con control numérico. Las funciones M controlan operaciones que auxilian al proceso de corte. Las principales funciones M que se utilizan en control numérico son:

FUNCIÓN M02. Termina la ejecución del programa hasta la última línea de instrucción.

FUNCIÓN M03. Rotación de la herramienta de corte en sentido de las manecillas del reloj. Seguido de la letra S, especifica el valor de la velocidad en RPM.

FUNCIÓN M04. Rotación de la herramienta de corte en sentido contrario a las manecillas del reloj. Igual que la función anterior.

FUNCIÓN M05: Detiene el giro del husillo.

FUNCIÓN M06: Cambio automático de herramienta.

FUNCIÓN M8: Aplicación de refrigerante al proceso.

FUNCIÓN M9: Apagado de refrigerante.

FUNCIÓN M30. Termina la ejecución del programa.

En el anexo 2 encontramos los códigos mas usados en centros mecanizados.

CAPÍTULO 4

DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA – MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA

CAD/CAM, proceso en el cual se utilizan los ordenadores o computadoras para mejorar la fabricación, desarrollo y diseño de los productos. Éstos pueden fabricarse más rápido, con mayor precisión o a menor precio, con la aplicación adecuada de tecnología informática.

Los sistemas de Diseño Asistido por Ordenador (Computer Aided Design) pueden utilizarse para generar modelos con muchas, si no todas, de las características de un determinado producto. Estas características podrían ser el tamaño, el contorno y la forma de cada componente, almacenado como dibujos bidimensionales y tridimensionales. Una vez que estos datos dimensionales han sido introducidos y almacenados en el sistema informático, el diseñador puede manipularlos o modificar las ideas del diseño con mayor facilidad para avanzar en el desarrollo del producto. Además, pueden compartirse e integrarse las ideas combinadas de varios diseñadores, ya que es posible mover los datos dentro de redes informáticas, con lo que los diseñadores e ingenieros situados en lugares distantes entre sí pueden trabajar como un equipo. Los sistemas CAD también permiten simular el funcionamiento de

un producto. Hacen posible verificar si un puente será capaz de soportar las cargas pronosticadas sin peligros.

Cuando los sistemas CAD se conectan a equipos de fabricación también controlados por ordenador conforman un sistema integrado CAD/CAM (Computer Aided Manufacturing).

La Fabricación Asistida por Ordenador ofrece significativas ventajas con respecto a los métodos más tradicionales de controlar equipos de fabricación con ordenadores en lugar de hacerlo con operadores humanos. Por lo general, los equipos CAM conllevan a la eliminación de los errores del operador y la reducción de los costos de mano de obra. Sin embargo, la precisión constante y el uso óptimo previsto del equipo representan ventajas aún mayores. Por ejemplo, las cuchillas y herramientas de corte se desgastarán más lentamente y se estropearían con menos frecuencia, lo que reduciría todavía más los costos de fabricación.

A continuación presentamos los pasos a seguir en las etapas del CAD/CAM, primero se empieza con la creación del diseño el mismo que puede ser importado de un programa de CAD hacia otro programa de CAM en el cual se realizan los ajustes y la verificación de medidas como de la coordenadas a utilizar, como tercer paso se empieza a realizar la simulación de las estrategias de mecanizado usados en el CAM, donde se definen las herramientas a usar con sus respectivos parámetros, como cuarto y último paso se realiza la generación del código de control numérico el cual es interpretado por la maquina de control numérico para realizar la fabricación de la pieza.

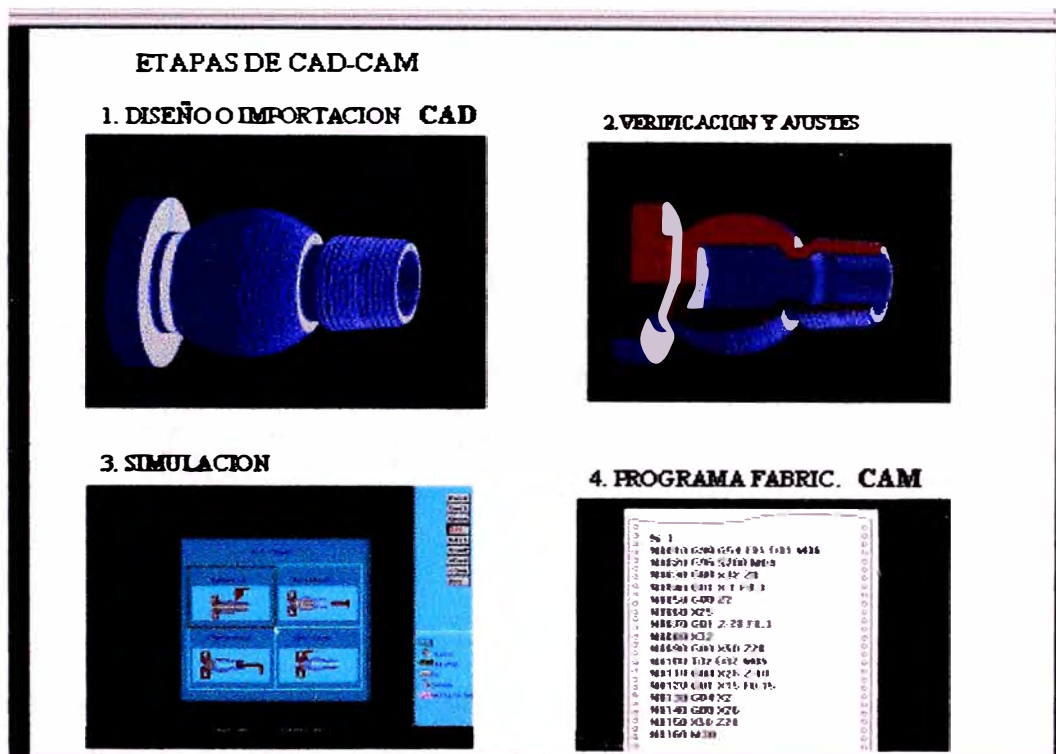


Figura N° 4.1 Etapas del CAD/CAM

4.1 Diseño Asistida por Computadora (CAD)

Se trata de un sistema de diseño, bastante conocido y utilizado, que permite ampliar de forma relevante las posibilidades de los sistemas tradicionales de dibujo y cuya principal ventaja radica en la rapidez con que permite efectuar modificaciones en el diseño, a diferencia de lo que ocurría cuando los diseños se realizaban en papel.

Las posibilidades del sistema CAD son enormes, pudiendo realizar una amplia gama de tareas, entre las que podemos destacar:

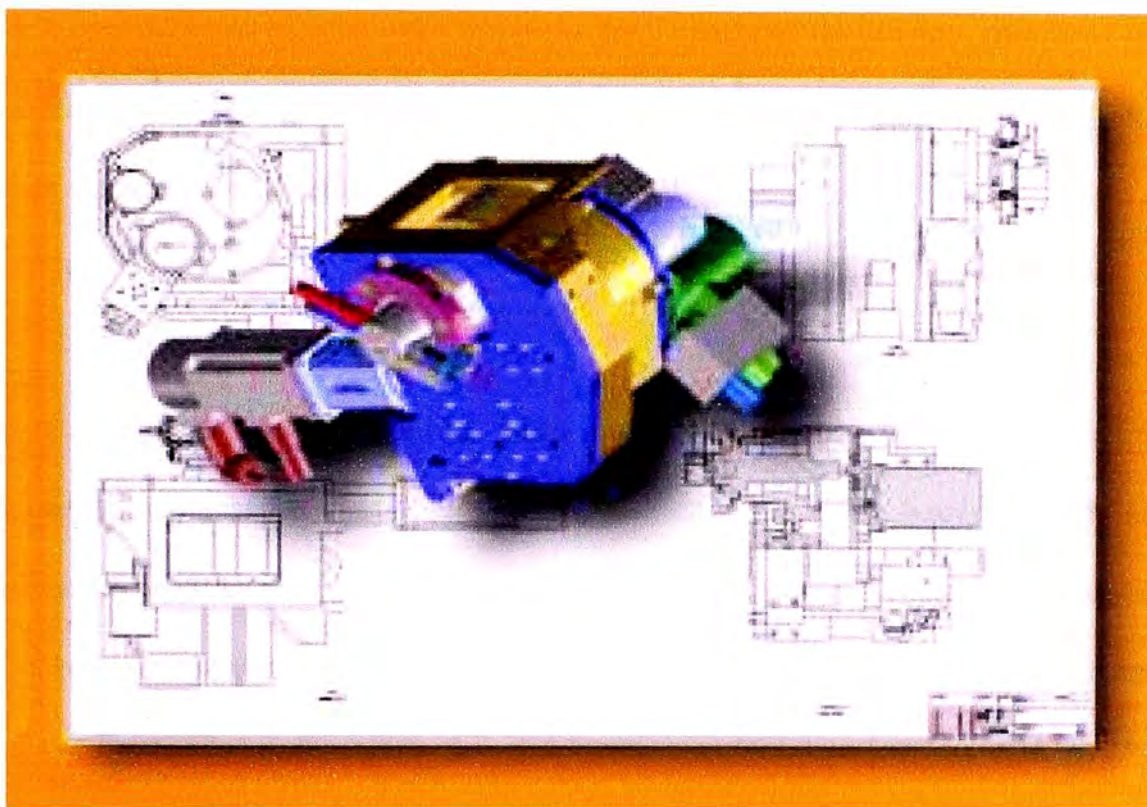


Figura N° 4.2 Diseño asistido por ordenador

- Visualizar en pantalla un modelo cualquiera en tres dimensiones y en perspectiva.
- Utilizar distintos colores para cada superficie.
- Eliminar automáticamente líneas y superficies ocultas.
- Rotar o trasladar la pieza.
- Obtener cualquier tipo de secciones, dibujando plantas y alzados automáticamente.
- Calcular el volumen, superficie, centro de gravedad, inercia, etc., de cada pieza, casi instantáneamente.

Cada una de estas operaciones suponía gran cantidad de tiempo, mientras que con el sistema CAD se realizan con sólo alterar un parámetro o elegir una determinada opción en un menú.

El CAD tiene estas ventajas, pero cuando se trata de realizar figuras tridimensionales de características artísticas como por ejemplo; la generación de una figura tridimensional de una caricatura a partir de una imagen en dos dimensiones (2D) se vuelve tedioso motivo por la cual en la sección 4.3 daremos solución a este problema mediante la aplicación de programas especializados en CAD/CAM artísticos.

4.2 Manufactura Asistida por Computadora (CAM)

Una vez que se ha concluido el diseño de la pieza y se han realizado las simulaciones sobre su comportamiento ante situaciones extremas, se procede a su fabricación. Es en este punto donde entra en acción el CAM, creando, a partir del diseño CAD, los dispositivos de control numérico, que controlarán el trabajo de las diferentes máquinas, de forma que el resultado coincida exactamente con el diseño realizado en el menor tiempo posible.

El sistema CAM también se encarga de simular el recorrido físico de cada herramienta, con el fin de prevenir posibles interferencias entre herramientas y materiales.

Todo este conjunto de posibilidades, que proporciona la tecnología CAM, acortan de forma considerable el tiempo de mercado, evitando tener que efectuar correcciones a posteriori en las características básicas del diseño.

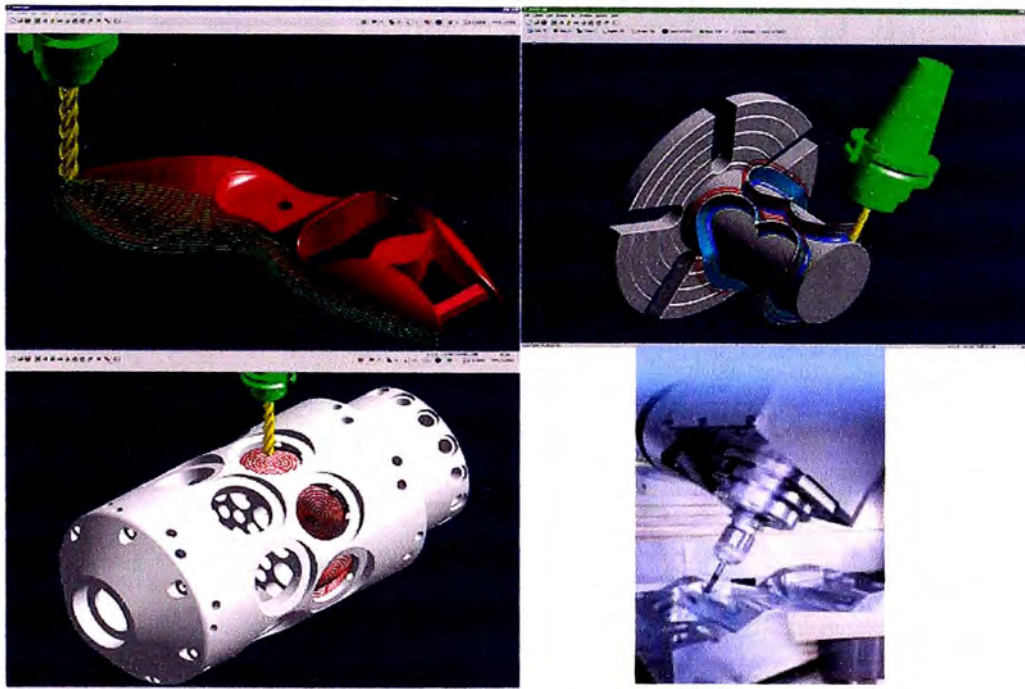


Figura N° 4.3 Manufactura asistido por computadora

Los equipos CAM se basan en una serie de códigos numéricos, almacenados en archivos informáticos, para controlar las tareas de fabricación. Este Control Numérico por Computadora (CNC) se obtiene describiendo las operaciones de la máquina en términos de los códigos especiales y de la geometría de formas de los componentes, creando archivos informáticos especializados o programas de piezas.

En la aplicación del CAM es muy importante conocer los procesos de fabricación que se requieren para realizar en forma óptima la pieza diseñada. Además de configurar adecuadamente los parámetros de cada herramienta usada dentro de las operaciones de maquinado en el CAM, a fin de optimizar el uso de las mismas.

4.3 Software Especializado de CAM Artístico

Debido a la complejidad de la creación de modelos artísticos como por ejemplo la creación tridimensional de animales, caricaturas y figuras humanas, actualmente se emplean software especializado para el empleo de este tipo de modelos. Los programas convencionales de CAD no son muy flexibles para esta elaboración de modelos artísticos, ya que predomina la apariencia pero teniendo en cuenta principalmente, medidas referenciales como son altura, espesor y ancho. Como ejemplo para nuestro proyecto daremos a conocer al empleo del Software ArtCam, que nos permite realizar el modelo tridimensional artístico, como también el mecanizado respectivo. Es importante resaltar que en la fabricación de estos modelos artísticos se emplean relieves complicados, por tal motivo, en su gran mayoría se fabrica el electrodo para luego pasar al proceso de electroerosión en la matriz.

A continuación explicaremos los fundamentos para la elaboración de relieves artísticos empleando el ArtCam.

1. El entorno de trabajo se basa principalmente en dos ventanas de trabajo, como podemos verlo en la parte inferior, la primera llamada: “2D View” esta es la de fondo blanco en ella se realiza operaciones de diseño para la elaboración del modelo tridimensional, la segunda ventana se llama: “3D View” en esta ventana se muestran los resultados de las operaciones tridimensionales realizadas en la primera ventana, como también el maquinado y la simulación respectiva del modelo artístico.

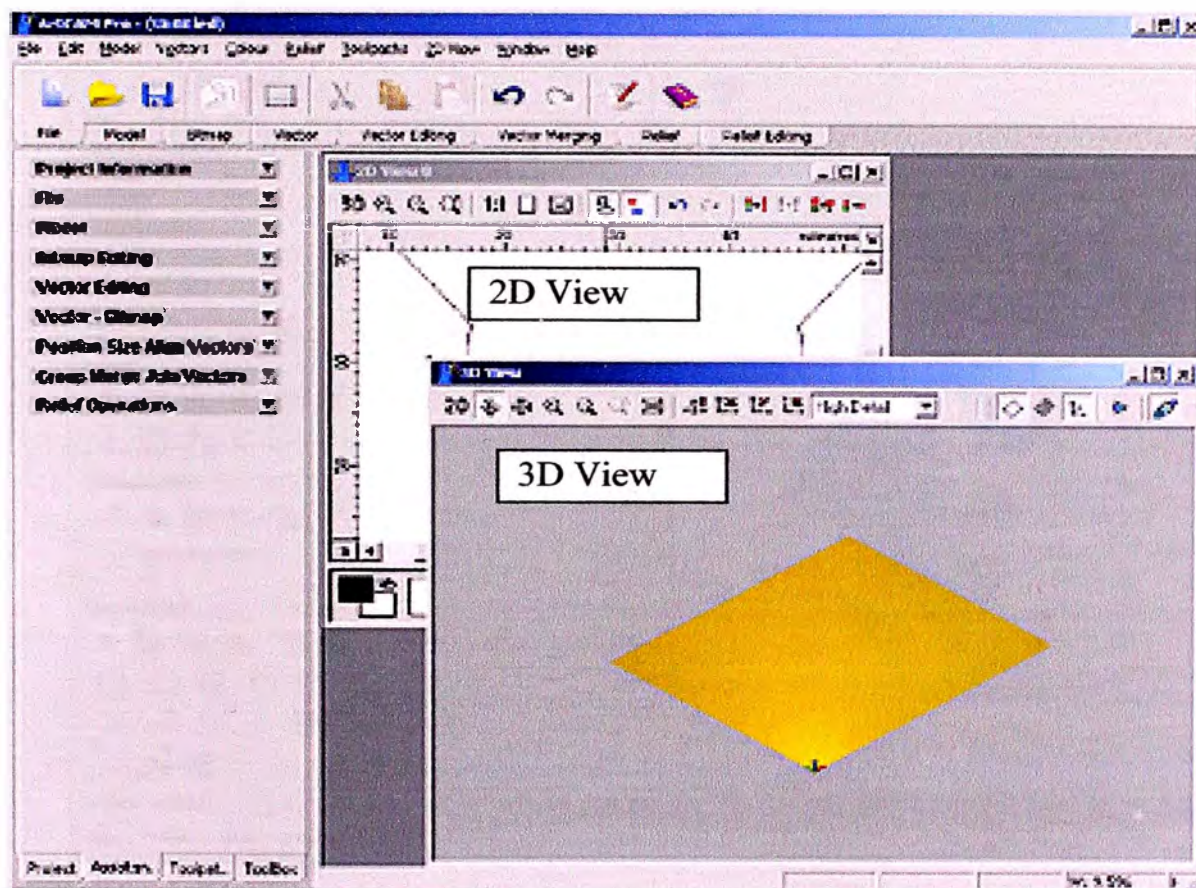


Figura N° 4.4 Entorno de trabajo del ArtCam

2. Como ya se explicó, en la ventana “2D View” se empieza a trabajar, por lo general, se parte de una imagen del objeto que se desea modelar, se elige la resolución respectiva de acuerdo al tamaño de la pieza, como por ejemplo explicaremos la elaboración de una caricatura tridimensional. Esta imagen se puede trabajar principalmente por dos métodos: el primero; el método de vectores y el segundo; el método de manejo de colores. Para nuestro ejemplo utilizaremos el método de vectores para la elaboración de nuestro modelo.

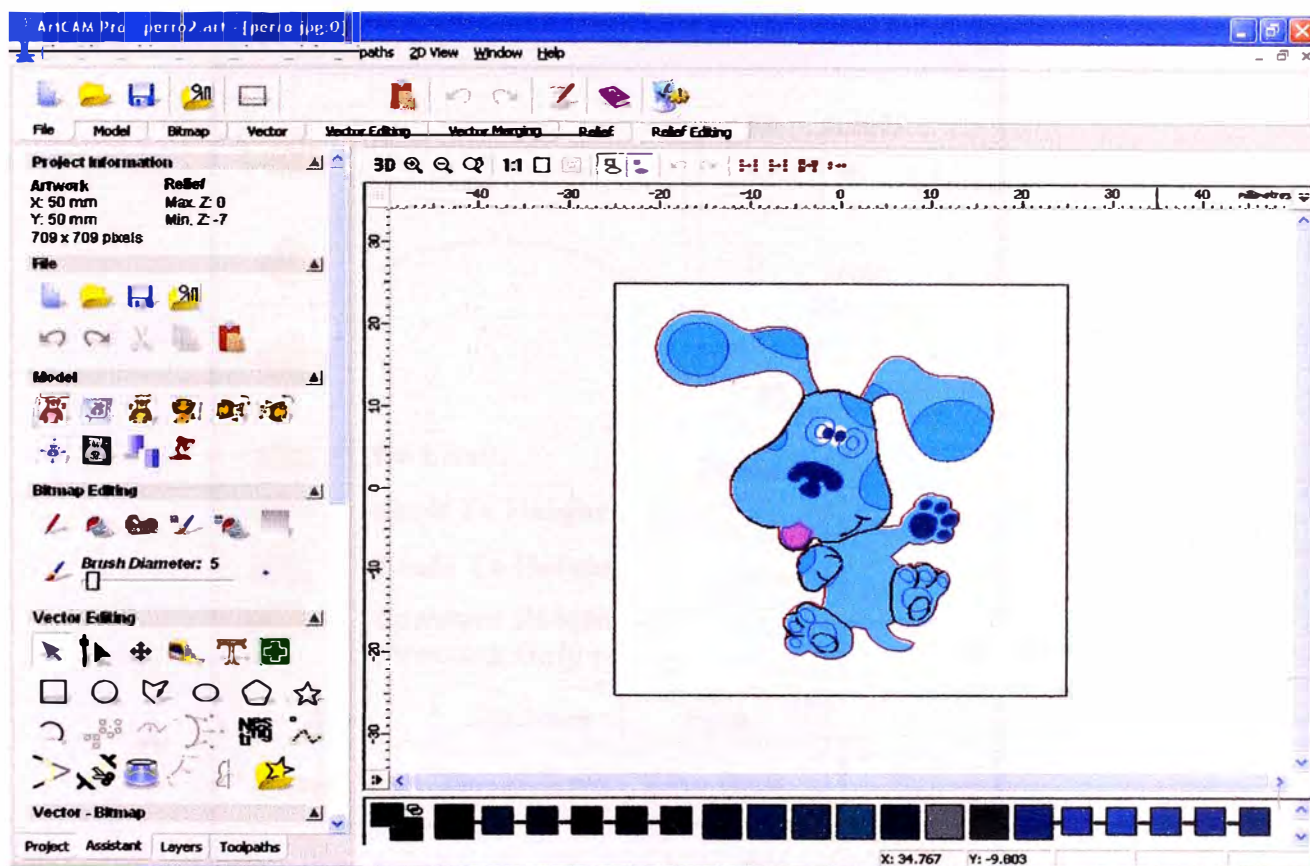


Figura N° 4.5 Diseño en “2D View”

3. El método de vectores consiste principalmente en realizar contornos sobre la imagen luego de realizar los contornos más adecuados para la obtención del modelo se empieza a realizar operaciones con el Shape Editor en el mismo que se realizan operaciones de adición, sustracción, fusión superior, fusión inferior y cerrado estas operaciones tienen parámetros de ángulo y de forma de la extracción.

Como lo vemos en la figura N°4.6.

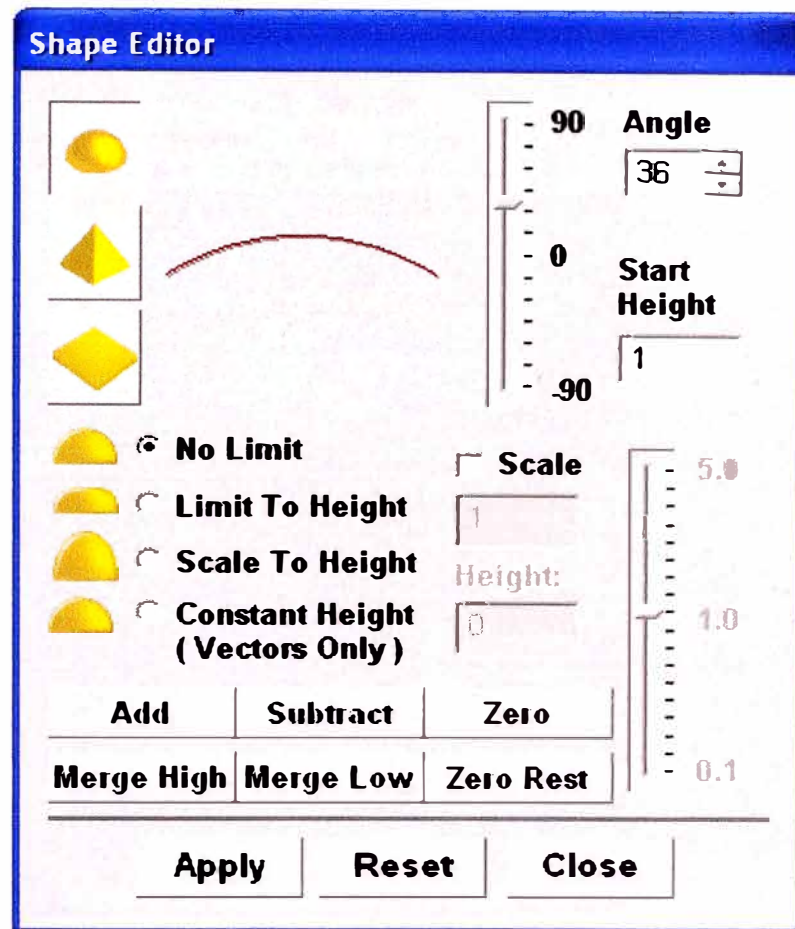


Figura N° 4.6 Editor de forma

4. En la ventana de “3D View” se genera luego de varias operaciones el modelo tridimensional, este modelo tridimensional es el que se usa para el maquinado, y en esta misma ventana se realiza la simulación del maquinado, se visualiza la trayectoria que la herramienta usa para que maquinar el modelo. Estos maquinados se realizan usando las opciones de mecanizado del ArtCam previo análisis de estrategias de mecanizado mas adecuadas par el modelo.

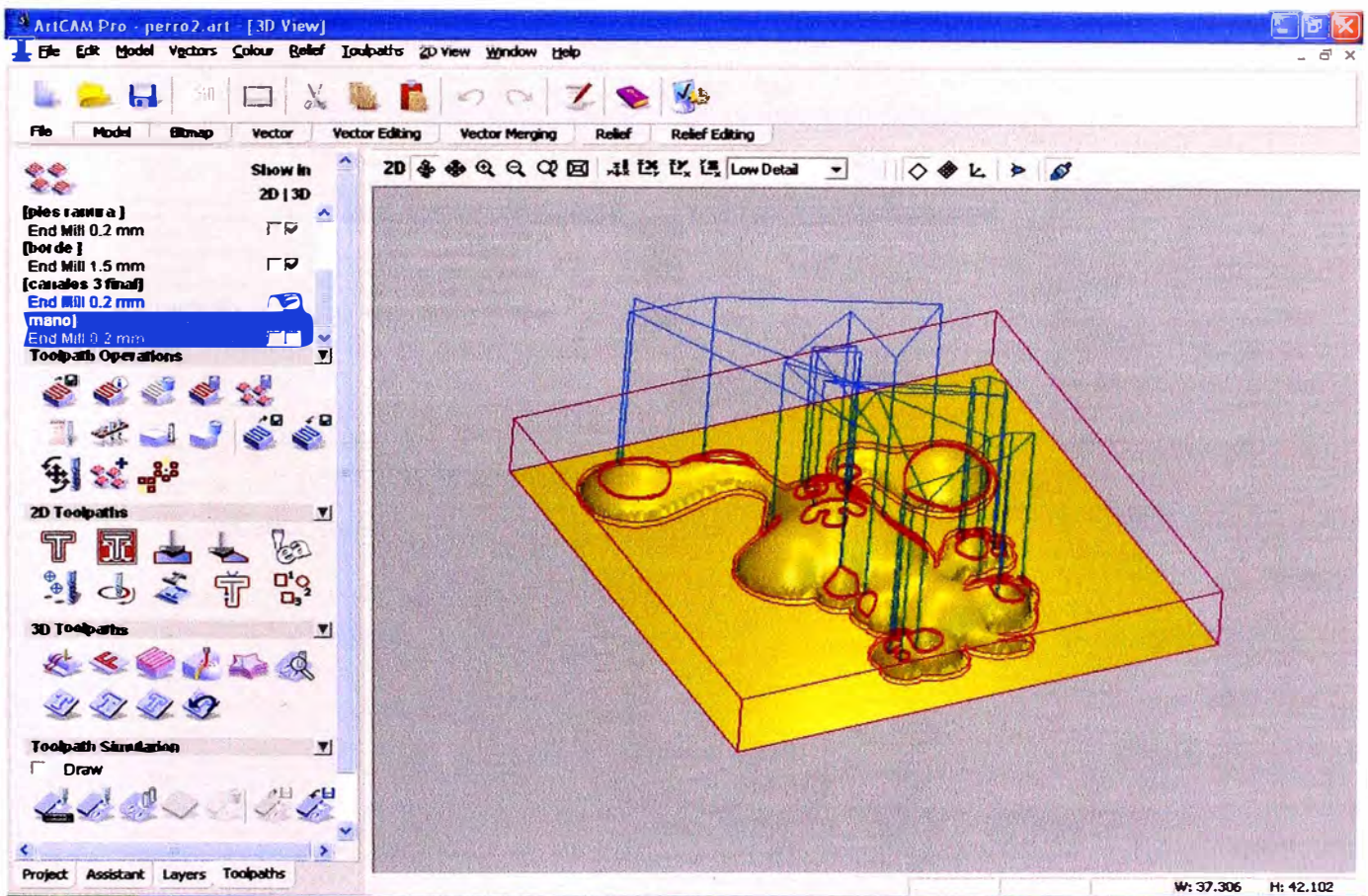


Figura N° 4.7 Diseño 3D View

5. Como parte final de la programación se continúa con la generación del código G; El código que la máquina de control numérico (centro mecanizado) va a procesar. Para lo cual se elige las operaciones que se van a realizar en orden, y se elige el “post processor” adecuado para la máquina de control numérico, recordemos que el “post processor” es un programa que utiliza el software de CAM para la obtención adecuada del código G y esto se encuentra en función a la máquina de control numérico.

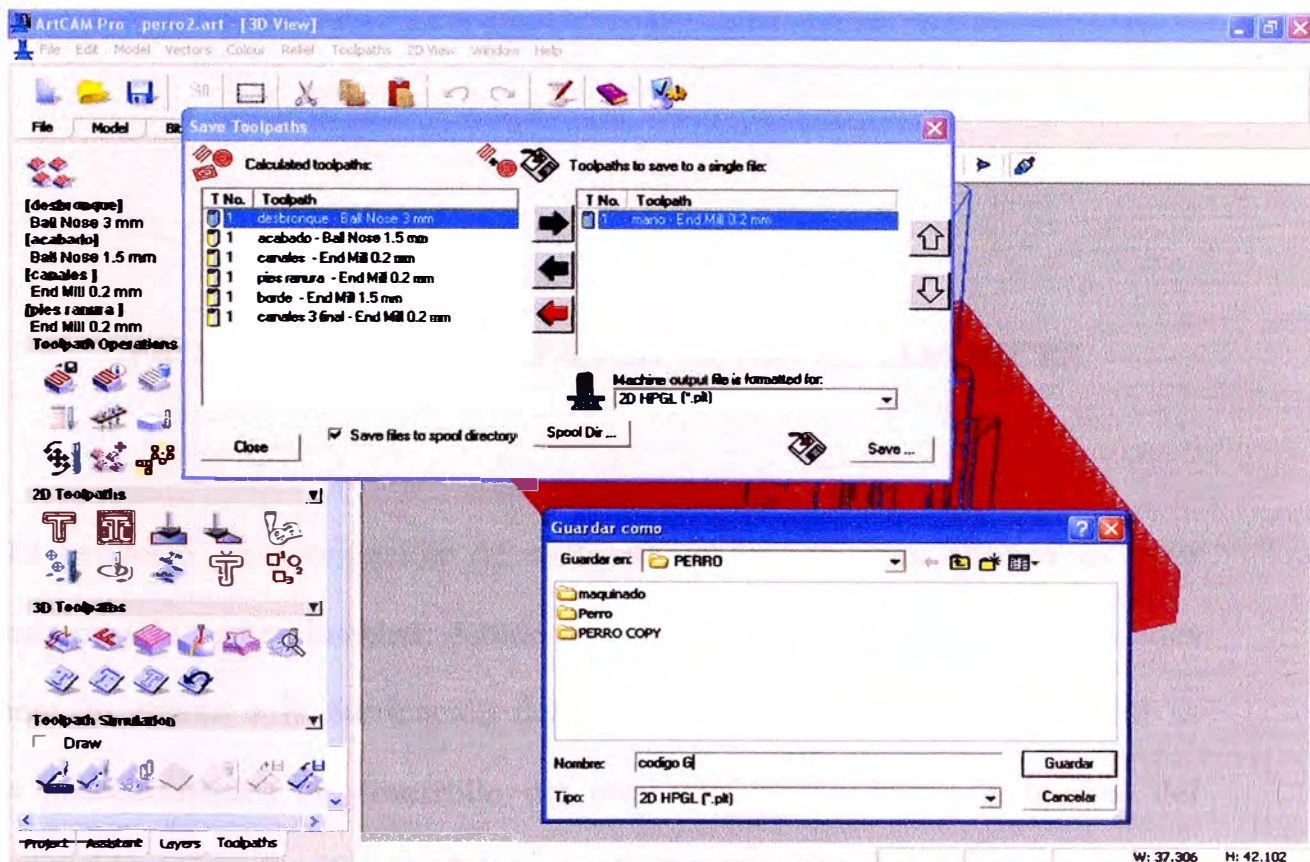


Figura N° 4.8 Generación del código NC

```

codigo G - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
%
:1248
N20G91G28X0Y0Z0
N30G40G17G80G49
N40T1M6
N50G90G54
N60G43Z15.000H1
N70G0X0.000Y0.000S15000M3
N80G0X-2.403Y-6.742Z15.000
N90G1Z-5.446F240.0
N100G1X-2.362Y-6.791Z-5.386F780.0
N110X-2.314Y-6.827Z-5.349
N120X-2.260Y-6.852Z-5.294
N130X-2.202Y-6.868Z-5.269
N140X-2.076Y-6.879Z-5.202
N150X-1.944Y-6.875Z-5.116
N160X-1.879Y-6.873Z-5.103
  
```

Figura N° 4.9 Código NC en un editor texto

CAPÍTULO 5

PROYECTO PARA LA FABRICACIÓN DE MATRICES

El proyecto de fabricación de matrices en la industria plástica es muy importante para la competitividad, debido a que se puede satisfacer las necesidades del cliente en cuanto a la fabricación del producto que se desee, para lo cual se ejecutan procedimientos de desarrollo del producto, partiendo desde la idea del cliente, esta idea es analizada por el área de diseño, posteriormente se procede a la fabricación del diseño previamente realizadas las simulaciones respectivas y correcciones, luego de la fabricación de la matriz se pasa a la producción donde se fabrica la pieza que el cliente ideó en un inicio. Este proceso hace que la industria del plástico sea más competitiva en nuestro medio.

5.1 Contexto

En el Perú se viene dando un incremento del uso del plástico en diferentes sectores como son: industria farmacéutica, agroquímicos, agroindustria, doméstico, entre otros. Debido a este incremento la industria plástica tiene una gran demanda, por tal motivo, se ha incrementado el número de empresas dedicadas a este rubro. Pero para que estas empresas sean competitivas tienen que estar orientadas al cliente por tal razón tiene que cumplir las exigencias del cliente tanto en calidad como en

innovación, para la innovación de sus productos finales tiene que empezar renovando sus matrices.

Para renovar sus matrices requieren implementar talleres de matriceria. Así mismo implementarlos con la tecnología adecuada por lo cual muchas han optado por la compra de Centros Mecanizados para la fabricación de matrices. Así mismo han implementado el uso del CAD-CAM en sus talleres, esta nueva tendencia de la industria del plástico se viene dando en los últimos años, motivo por el cual la demanda de mano de obra calificada en este campo se ha incrementado.

Pero no solo es la implementación de tecnología, sino también de cómo organizarla para la elaboración de matrices es por esta razón que utilizaremos el uso del PMBOK para tomar la fabricación de la matriz como un proyecto.

5.2 Acta de Constitución

5.2.1 Justificación.

El presente proyecto desarrolla una alternativa de uso del PMBOK aplicado a la fabricación de matrices, en nuestro caso particular de superficies complejas en la industria del plástico aplicando tecnología CNC, para satisfacer las necesidades de las empresas de innovar sus productos plásticos e incrementar sus ventas. De la misma manera de atender a los clientes en una forma más integral, es decir desarrollándoles productos de acuerdo a las necesidades de los clientes. De esta manera se incrementa la producción de las empresas dedicadas a brindar este servicio de inyección de plástico.

5.2.2 Objetivos.

El presente proyecto tiene como principales objetivos:

- Tener mayor flexibilidad en el desarrollo de matrices aplicando la tecnología del control numérico.
- Detallar los pasos a seguir para la elaboración de matrices de inyección de plástico.
- Aplicar programas de CAM artísticos como solución de generación de superficies artísticas, esto remitirá en reducir el tiempo de diseño.
- Reducir el tiempo de fabricación de matrices aplicando la tecnología CNC y además el PMBOK como guía para el desarrollo del proyecto.
- Incentivar el uso de la tecnología del Control Numérico Computarizado para la fabricación de matrices en nuestro medio.

5.2.3 Impacto del Proyecto.

El presente proyecto tiene los siguientes impactos:

- Innovar nuevos productos plásticos en el mercado.
- Fomentar el uso del CAM artístico para la elaboración de juguetes plásticos.
- Tener la concepción de los relieves usados para los juguetes se basan en la apariencia y en medidas referenciales, debido a que parametrizar estas dimensiones es difícil.

5.2.4 Restricciones y Limitaciones.

Las limitaciones y restricciones del proyecto son:

- Debido a que la tecnología CAD-CAM se aplica a moldes de inyección es difícil encontrar personal con experiencia en este rubro; es decir manejar el CAD-CAM y la fabricación de matrices de inyección de plástico.
- Para que una empresa implemente un taller con esta tecnología deberá tener una demanda considerable de fabricación de matrices para asegurar la rentabilidad.
- El soporte técnico para las máquinas de control numérico es relativamente escaso.
- Debido a que es un proyecto de reciente aplicación no se detallan los planos en el presente informe, solo se usa esquemas referenciales.

5.2.5 Alcances.

El proyecto contempla que la fabricación de matrices de inyección es factible siempre que sea previamente estudiado por el área de diseño, los mismos que proponen un tiempo de entrega programado, que va de acuerdo a las dimensiones de la matriz, a su complejidad, a la disponibilidad del taller y a la disponibilidad de los servicios.

El taller para la fabricación de matrices cuenta con los siguientes equipos:

- Un centro mecanizado vertical CM FANUC 5010.- D Con un espacio de trabajo de 1000x600x540 mm. Con su respectivo kits de herramientas.
- Un torno paralelo convencional Pinacho S90/250-105.- de diámetro de volteo de 495 mm. Y distancia entre puntos de 1625 mm.
- Un taladro radial R 60 KNUTI .- Desplazamiento mínima del cabezal 350 mm. Desplazamiento máximo del cabezal 1600 mm. Recorrido elevador del brazo de 850 mm. Dimensiones de la meza cúbica 600x500x500 mm.
- Una fresadora Vertical de torreta LC - 1 / 2 VS - FIRST, carrera del husillo de 127 y superficie de la meza de 230x 1067 mm² medida vertical de 46 mm.
- Un esmeril de banco Black & Decker Professional.- capacidad de disco de 200x25x25 mm.
- Una computadora personal Pentium IV de procesador 3.2 Ghz, y 1 Gigabyte de memoria ram.
- Software de Cam ArtCam versión 6.0 y Mastercam X.
- Software de CAD Autocad 2006.
- Esta es la infraestructura que posee el taller que le permitirá cumplir con el proyecto de la fabricación de la matriz.

Es importante resaltar que en el proyecto se considera algunos servicios a terceros como son el rectificado de planchas, tratamiento térmico y el servicio de electroerosión.

CAPÍTULO 6

APLICACIÓN DE LA GERENCIA DE PROYECTOS

6.1 Gerencia del Alcances del Proyecto

6.1.1 **Iniciación**

Causas.-En nuestro entorno de estar compitiendo en el desarrollo de nuevos productos en la industria plástica nos vemos en la necesidad de crear productos como: llaveros tridimensionales de caricaturas conocidas, darle mejor apariencia a los objetos como ganchos de ropa con geometrías tridimensionales, o también creando muñecos de plásticos. Estos productos se consiguen en el mercado hoy en día, la necesidad de innovar y esta a la orden del día para tener mayor presencia en el mercado.

Descripción del Producto.- La matriz de superficie compleja esencialmente esta constituida de relieves irregulares las cuales forman el producto plástico deseado. La matriz consta además de elementos centradores y de extracción, los mismos que por su simplicidad no se detallaran en el presente informe. La matriz tendrá un trabajo de acabado superficial que se le denomina pulido.

Planeamiento Estratégico.- Para llevar a cabo el desarrollo del presente proyecto se seguirán los siguientes pasos:

- ✚ Idea del producto usualmente dado por el cliente
- ✚ Diseño del producto con sus correcciones respectivas
- ✚ Diseño de la matriz
- ✚ Plan logístico de materiales a utilizar
- ✚ Procesos a realizar como son el mecanizado, tratamientos térmicos, etc.
- ✚ Ensamblaje de las partes (cavidades)
- ✚ Acabado superficial

Teniendo en claro estas etapas de trabajo se realizará el proyecto que más adelante se explicará en detalle.

Restricciones.- En primer lugar una restricción de esta metodología de trabajo es que con superficies complejas provenientes de un prototipo o una figura en dos dimensiones se pierde exactitud en las medidas, ya que usualmente se usa el criterio de la apariencia, que tanto se parece al prototipo ya que es muy difícil tener medidas exactas.

Otra de las restricciones del proyecto es que se trabaja en función de medidas referenciales las cuales pueden ser alteradas del producto, espesores, largo y el ancho, etc.

Definición del alcance.- El presente proyecto hará uso del trabajo de terceros en servicio como: Trabajos de tratamiento térmico, rectificado de placas y servicio de electroerosionado. Estos servicios se realizarán previa especificaciones que quedarán definidas en un contrato.

En cada proceso de fabricación de partes de la matriz se delegarán responsables, los mismos que realizarán su labor de acuerdo a una orden de trabajo, entregando un informe al término del mismo.

Detalles de Respaldo.- El presente proyecto tiene como esencial respaldo el uso de un Centro Mecanizado, y además del uso de un Software de CAM para este tipo de trabajos, el cual es el ARTCAM; la combinación de estos dos factores y adicionalmente del factor humano que maneje el software y la máquina son los pilares fundamentales para que el desarrollo del proyecto tenga el éxito esperado.

Estructura del WBS.- Para la ejecución del proyecto se genera un diagrama de WBS en donde se refleja las partes más fundamentales del proyecto. De esta manera se prosigue a la fabricación de matrices. La estructura detallada del WBS se muestra en el anexo 3.



Figura N° 6.1 Estructura resumida del WBS

6.2 Gerencia del Tiempo del Proyecto

Definición de las actividades:

De la sección anterior desglosaremos las actividades a seguir para llevar a cabo el cumplimiento del proyecto.

6.2.1 ***Idea del Proyecto.***- Esta actividad es la que genera el cliente dando las características del producto deseado, referencia de dimensiones, aspectos funcionales, aspecto superficial del producto, resistencia del mismo y algunas especificaciones sobre el uso al cual se destina el producto. Estas ideas son trabajadas en coordinación con el área de diseño, el área de diseño se encargará de darle el aspecto técnico correspondiente para la ejecución.

6.2.2 ***Diseño del Producto.***- Es tarea específica del área de diseño. En esta área se procesa la información del cliente para definir y plasmar en forma técnica parámetros del producto final. Es en esta parte donde se define el tipo de material del producto. En esta área se realiza el uso

de programas de diseño, esencialmente la parte de diseño del ARTCAM. Como resultado de este trabajo se emiten planos del producto. Estos resultados son enviados al cliente el cual autoriza su elaboración.

- 6.2.3 ***Diseño de la Matriz.-*** Con los resultados obtenidos del diseño del producto se inicia la creación de la matriz en la cual se hará el uso de software de CAD para realizar el plano de las diferentes piezas de la matriz, en ella se define las partes de la misma de acuerdo al producto. Esta parte de las matrices se trataron en el capítulo 2 del presente informe. Los documentos de salida para esta actividad son los planos donde se especifica el material ha ser usado en las partes, las tolerancias en las dimensiones y el acabado superficial.
- 6.2.4 ***Lista de Componentes.-*** Esta información se encuentra en los planos que el área de diseño emite, esta información se procesa y se procede a la cotización respectiva de los componentes. Luego se realiza una evaluación económica de todas las cotizaciones para poder realizar la adquisición de los materiales e iniciar la fabricación. Es importante aclarar que la adquisición de los materiales puede ser realizada durante la fabricación de la matriz ya que todos los materiales no son empleados a la vez.
- 6.2.5 ***Proceso de Fabricación.-*** Para realizar esta actividad se requiere los planos emitidos por el área de diseño y además de los materiales que el área de logística se encarga de conseguir. Dentro del proceso de fabricación tenemos más actividades como son: Planificación de la

fabricación, que se encarga de direccionar que piezas son las primeras en maquinar, esto de acuerdo a un análisis previo del ensamble de la matriz y de acuerdo a la predisposición de los componentes. Esencialmente entra a trabajar el taller resaltando el trabajo del centro de mecanizado con el uso del software de CAM y posteriormente el uso de las maquinas convencionales. Con las máquinas convencionales se realizan la elaboración de trabajos como fabricación de guías y bocinas, sistemas de refrigeración, etc. El servicio de terceros, es programado en función a las necesidades, esencialmente estos servicios se tratan de erosionado, rectificado de placas, tratamientos térmicos y soldaduras. Es importante tener un plan de contingencia para resultados equivocados en el mecanizado o en el servicio de terceros, para lo cual se tienen que realizar las actualizaciones de información correspondientes a tiempo.

6.2.6 *Ensamble de la Matriz.*-Para este proceso se utiliza las piezas mecanizadas en el proceso de fabricación y materiales como pernos, niples, prisioneros, orrines, sellos, etc. Es en esta etapa que se realiza trabajos de asentado de piezas, ajustes y verificación de espesores del producto.

6.2.7 *Acabado Superficial.*- Luego de que se concluye el trabajo de ensamble se empieza al acabado superficial de la zona moldante, este trabajo consiste esencialmente en el pulido esta zona, de este trabajo depende mucho el acabado de la superficie del producto, también influye en los resultados del tratamiento térmico posterior.

6.2.8 Tratamiento Térmico.- Luego del pulido recibido en la zona moldante se procede al tratamiento térmico de la misma. Algunas veces se realiza un tratamiento de nitrurado para endurecer la zona moldante y darle mayor resistencia a la corrosión, o también se puede realizar un cromado. Estos procesos están en función de la cantidad de producción a realizar.

En el Anexo 4 mostramos el diagrama de Gantt con fechas y el diagrama de red, estos diagramas son la representación de un proyecto se una figura compleja que mostró en la aplicación del ArtCam, algunos detalles de de esta matriz son mostradas en el Anexo 5.

6.3 Costos del Proyecto

6.3.1 Planificación de los recursos.- Es indispensable tener definido los planos de la matriz para iniciar la planificación de los recursos (materiales, equipos y personal), el diseño de la matriz y del producto se delega al diseñador. En el diseño de la matriz se encuentra la lista de componentes que se requieren para la fabricación de la matriz. Para el ejemplo que se encuentra en el anexo 5 desglosamos la siguiente lista de materiales. Además para realizar una adecuada planificación de los recursos requerimos del cuadro de actividades necesarias desarrolladas en la Gerencia de Tiempos del Proyecto, en esta sección se toma en cuenta el tiempo empleado de cada equipo y del recurso humano que es necesario para la ejecución del proyecto.

Cotización de Materiales

Cant.	Tipo	Medidas	Material	Descripción	Precio por Kilo	Kilos	Total (S/)
1	Plancha	135x135x30	Starmold	Postizo de placa móvil	10,47	4,30	45,00
1	Plancha	135x135x30	Starmold	Postizo de placa móvil	10,47	4,30	45,00
1	Plancha	135x135x20	Starmold	Postizo de placa fija	10,47	2,86	30,00
1	Plancha	135x135x20	Starmold	Postizo de placa fija	10,47	2,86	30,00
1	Plancha	360x210x25	Fierro	Placa de amarre fija	2,85	14,86	42,34
1	Plancha	360x210x25	Fierro	Placa de amarre móvil	2,85	14,86	42,34
1	Plancha	60x50x210	Acero H	Paralela vertical cámara caliente	7,60	4,95	37,63
1	Plancha	60x50x210	Acero H	Paralela vertical cámara caliente	7,60	4,95	37,63
1	Plancha	60x45x260	Acero H	Paralela horizontal cámara caliente	7,60	5,52	41,93
1	Plancha	60x45x260	Acero H	Paralela horizontal cámara caliente	7,60	5,52	41,93
1	Plancha	50x80x241	Acero H	Manifor	7,60	7,58	57,59
1	Barra	50Dx120	Starmold	Postizo de cámara caliente	10,47	7,41	77,58
1	Barra	35Dx500	VCN	Guías y Bocinas	9,80	15,12	148,22
1	Plancha	40x215x360	Acero H	Porta postizos de la placa fija	7,60	24,33	184,94
1	Plancha	40x215x360	Acero H	Porta postizos de la placa móvil	7,60	24,33	184,94
1	Plancha	30x40x210	Fierro	Paralela de placa móvil	2,85	1,98	5,65
1	Plancha	30x40x210	Fierro	Paralela de placa móvil	2,85	1,98	5,65
1	Plancha	290x15x135	Chronit	Placa botadora superior	12,35	4,62	57,00
1	Plancha	290x15x135	Chronit	Placa botadora inferior	12,35	4,62	57,00
1	Barra	40Dx80	Fierro	Tacos de apoyo de placa botadora	2,85	3,16	9,01
1	Disco	140Dx20	Acero H	Anillo centrador	7,60	9,68	73,57
1	Barra	40Dx40	Amutic	Bebødero	16,15	1,58	25,52
Sub-total							1280,48

Tabla N° 6.1 Lista de Materiales

6.3.2 Estimación de Costos.- Para llevar acabo la estimación de costos nos remitimos a cotizaciones que se envía a las diferentes empresas proveedoras. También se incluye el costo de la mano de obra que se encarga de realizar el trabajo esta estimación lo mostramos en la tabla N° 6.5. Para la llegar al costo final de la fabricación de la matriz se ha calculado, de acuerdo al criterio del experto, las horas máquina

empleadas para cada actividad y se ha generado la tabla N° 6.2 de costos de equipos usados.

Estimación de Costos de Equipos Usados

Actividades del proyecto		Recursos Maquinas					
Nombre	Tiempo Horas	Horas Usadas en el Centro Mecanizado	Horas Usadas en el Fresa Convencional	Horas Usadas en el Torno Horizontal	Horas Usadas en el Taladro	Horas Usadas en el Computadora de diseño	Horas Usadas en el Banco de matriceria
Proyecto De Fabricación De Matriz							
Planeamiento y gestión							
Desarrollo del plan de trabajo	20						
Idea del Producto							
Especificaciones del cliente	20						
Recomendaciones del diseñador	20					10,00	
Diseño del producto							
Elaboración de prototipos	7	4,00					
Prueba de funcionabilidad	10						
Ajuste del prototipo final	10						
Elaboración de planos	10					10,00	
Planos							
Diseño de la matriz							
Aplicación del software ArtCam	10					10,00	
Aplicación del CAD	20					20,00	
Generación del plano de la matriz	30						
Juego de planos							
Lista de componentes							
Cotización a los proveedores	50						
Evaluación económica	20						
Adquisición de materiales	100						
Proceso de fabricación							
Cuadrado de placas	20	20,00		20,00	1,00		
Servicio de Rectificado de placas	20						
Mecanizado de postizos	6,25	6,25					
Mecanizado de placas porta postizos	6,25	6,25			2,00		
Mecanizado de placas porta postizos y postizos ensamblados	6,25	6,25			2,00		4,00
Mecanizado de zona moldante	18,7	18,70	10,00				
Servicio de erosionado	30						

Mecanizado de elementos centradores	5	5,00					
Mecanizado de canales de refrigeración	18,75				18,75		
Mecanizado de placas de soporte	15	15,00					
Mecanizado (torneado) de guías y bocinas	22,5			22,50			
Mecanizado de elementos extractores	20	10,00	20,00				5,00
Mecanizado de canales de inyección y cámara temperada (si es necesario)	20	20,00					
Fin de Mecanizado							
Ensamble de molde							
Ajuste de elementos centradores	38,7						38,70
Montaje de de placas	15						15,00
Prueba de sistema de refrigeración	17,5						17,50
Asentado de superficies de cierre	15						15,00
Prueba de sistema de extracción	10						10,00
Matriz Ensamblada							
Acabado superficial y Tratamiento Térmico	20						
Tratamiento térmico de guías y bocinas	20						
Pulido de zona moldante primario	20						20,00
Pruebas de la Matriz	20						
Tratamiento térmico de la zona moldante	20						
Pulido de zona moldante final	20						20,00
Fin del proyecto							
Total de horas usadas		111,45	30,00	42,50	23,75	50,00	145,20
Costo de la hora por máquina		49,5	1,65	16,5	11,55	3,3	16,5
Sub total		5516,775	49,5	701,25	274,31	165	2395,8

Total S/	9102,6375
-----------------	------------------

Tabla N° 6.2 Estimación de costos de equipos usados.

La lista de materiales que se genera del diseño de la matriz, contiene recursos que son de mucha importancia para iniciar el proceso de fabricación, no obstante se requieren de accesorios y servicios de terceros los mismos que lo mostramos en la siguiente tabla 6.4

Accesorios	Detalle de uso	Precio (S/)
Botadores	Pines botadores normalizados	120,00
Kits de Pernos	Amarre de placas, manifor y postizos	135,00
Barra cobre	Tapones de refrigeración	50,00
Resistencias	Cámara temperada	350,00
Accesorios de armado y mecanizado	Orrines, insertos, cuchillas HSS, etc.	450,00
Sub-total		1105,00

Tabla N° 6.3 Estimación de costo de accesorios

Servicio de terceros requeridos	Precio (S/)
Erosionado cavidades	1300,00
Rectificado de planchas	800,00
Tratamiento térmico guías, bocinas y zona moldante	1450,00
Sub-total	3550,00

Tabla N° 6.4 Estimación de costo de servicios

Es importante resaltar que dentro del proyecto se requiere de el recurso humano que se define por los siguientes integrantes: Gerente del proyecto, diseñador, programador CNC, matricero, tronero y ayudante pulidor. Estas personas son las que conforman el equipo de trabajo pues con ellas se lleva acabo la fabricación de la matriz. En la siguiente tabla podemos ver la influencia que tiene cada persona en cada actividad del proyecto. También en función a un salario se podrá estimar el costo de la mano de obra de cada uno de los miembros del proyecto. Por último en la tabla de resumen de costos del proyecto podemos visualizar el costo total del proyecto sin aplicarla la utilidad.

Estimación de Costos del Personal

Actividades del proyecto		Personal						Sub-Total (\$/)
Nombre	Tiempo Horas	Gerente de proyecto	Diseñador	Programador CNC	Matricero	Turnero	Ayudante pulidor	
Proyecto De Fabricación De Matriz								
Planeamiento y gestión								
Desarrollo del plan de trabajo	20	50,00%	50,00%	30,00%	30,00%	0,00%	0,00%	462
Idea del Producto								
Especificaciones del cliente	20	100,00%						400
Recomendaciones del diseñador	20		100,00%					260
Diseño del producto								
Elaboración de prototipos	7		100,00%					91
Prueba de funcionalidad	10	10,00%	100,00%					150
Ajuste del prototipo final	10		70,00%	30,00%				127
Elaboración de planos	10		100,00%					130
Planos								
Diseño de la matriz								
Aplicación del software ArtCam	10		50,00%	100,00%				185
Aplicación del CAD	20		100,00%					260
Generación del plano de la matriz	30		100,00%					390
Juego de planos								
Lista de componentes								
Cotización a los proveedores	50	50,00%						500
Evaluación económica	20	75,00%						300
Adquisición de materiales	100	50,00%			50,00%			1500
Proceso de fabricación								
Cuadrado de placas	20			100,00%	10,00%		10,00%	268
Servicio de Rectificado de placas	20				20,00%			40
Mecanizado de postizos	6,25			100,00%			5,00%	76,25
Mecanizado de placas porta postizos	6,25			100,00%			5,00%	76,25
Mecanizado de placas porta postizos y postizos ensamblados	6,25			100,00%	100,00%		5,00%	138,75
Mecanizado de zona moldante	18,7			100,00%			5,00%	228,14
Servicio de electroerosionado	30				25,00%			75
Mecanizado de elementos centradores	5			100,00%				60
Mecanizado de canales de refrigeración	1875				20,00%		100,00%	11250
Mecanizado de placas de soporte	15			100,00%			10,00%	186
Mecanizado (torneado) de guías y bocinas	22,5					100,00%		157,5
Mecanizado de elementos extractores	20					100,00%		140
Mecanizado de canales de inyección y cámara temperada (si es necesario)	20				75,00%	75,00%		255
Fin de Mecanizado								
Ensamble de molde								
Ajuste de elementos centradores	38,7					100,00%		270,9
Montaje de de placas	15				100,00%		100,00%	210
Prueba de sistema de refrigeración	17,5				50,00%		100,00%	157,5
Acentado de superficies de cierre	15				100,00%			150

Prueba de sistema de extracción	10			25,00%	75,00%	75,00%	107,5
Matriz ensamblada							
Acabado superficial y Tratamiento Térmico	20						
Tratamiento térmico de guías y bocinas	20	15,00%		50,00%			160
Pulido de zona moldante primario	20			50,00%		100,00%	180
Pruebas de la matriz	20	15,00%		100,00%			260
Tratamiento térmico de la zona moldante	20	15,00%		50,00%			160
Pulido de zona moldante final	20					100,00%	80
Fin del proyecto							
Total S/.							19441,79

Tabla N° 6.5 Estimación de costo del personal

Como parte final de la estimación de costos realizamos un cuadro resumen, en el cual se muestra el costo aplicando una utilidad del 15% como podemos observar, el 15% de utilidades esta asociado a la política de la empresa.

Resumen de la Estimación de Costos (S/.)	
Estimación de Costos del Personal	19441,79
Estimación del Costo de Materiales y Servicios	5935,48
Estimación de Costos de Equipos Usados	5935,48
Sub-Total	31312,76
Utilidad (15%)	4696,91
Total S/	36009,67

Tabla N° 6.6 Resumen de estimación de costos.

En resumen la estimación del costo realizando la conversión a dólares para su mejor comparación queda expresado en \$ 11079,90 +/- \$ 1000.00

6.4 Gerencia de la Calidad del Proyecto

6.4.1 **Planificación de la Calidad.-** Durante el desarrollo del proyecto se ven implicados estándares de calidad, los más resaltantes se mencionan continuación: Grado de ajuste para las diferentes piezas a fabricar, para lo cual nos referimos a la siguiente tabla N° 6.7, se trabaja en función a esta tabla. Cada grado de ajuste se remite a otra tabla la misma que se muestra en el anexo 5.

Grado de ajuste	Calidades superficiales involucradas	
<u>PRECISION</u>		
<u>FINO</u>		
<u>ESMERADO</u>		
<u>POCO ESMERADO</u>		

Tabla N° 6.7 Grado de ajuste

La **utilización** de un Manual de Calidad donde se encuentre de detallado los procedimientos generales para los procesos de fabricación de la matriz. Este documento es de conocimiento de todos los integrantes del equipo de proyecto y además aplicados en todos los procesos. En el Manual de Calidad se encuentra la visión, la misión, los valores que la empresa imparte a sus trabajadores.

Es importante para el equipo de proyecto practicar el ciclo Deming PDCA, Con este ciclo se nos permite conseguir cosas

eficientemente ya que constantemente estamos revisando, y evaluando los resultados de los procesos y tomando las medidas correctivas del caso.

Ciclo PDCA de Deming

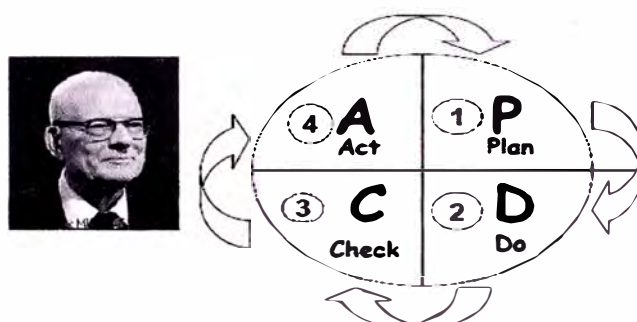


Figura 6.2 Ciclo de Deming

6.4.2 Control de Calidad.- para asegurar que el producto final contenga las características deseadas se implementa un control de calidad. Este presente control de calidad consta en una revisión constante de las mediciones de las piezas que entran a un proceso y salen del mismo, de esta manera se evita fallas mayores. Es importante conocer la precisión de las máquinas con la que cuenta, de esta manera se conoce los errores aceptables para cada proceso. Como el equipo de trabajo es pequeño cada integrante tiene la función de realizar el control de las medidas antes y después del proceso que le corresponde realizar. De la misma forma se implementa una actividad de control de calidad de los materiales que ingresan al taller. El objetivo de la calidad es impartir una culta de la medición fuerte entre los miembros del equipo del proyecto.

6.5 Gerencia de Gestión de RRHH

6.5.1 Asignación de Roles.-Para que nuestro equipo de proyecto trabaje en forma ordenada y disciplinada describiremos los roles y responsabilidades de cada uno:

El gerente de proyecto: se encarga de la gestión administrativa del proyecto, de negociar con el cliente y de evaluar el desempeño del proyecto a lo largo de la ejecución. El gerente tiene la responsabilidad de hacer cumplir los entregables del proyecto en el tiempo pronosticado para lo cual se le hace responsable de la programación de actividades del proyecto, así como también de evaluar el desempeño de cada integrante del equipo de trabajo.

El diseñador: se encarga específicamente del diseño del producto y del diseño de la matriz. El diseñador se hace responsable de la entrega de los planos en los tiempos proyectados así como su actualización en caso de alguna modificación.

Programador CNC: Se encarga de la elaboración de los programas de control numérico. El programador CNC se hace responsable de entregar las piezas mecanizadas con las tolerancias indicadas.

Matricero: Se encarga de realizar trabajos de ajuste en el banco de matriceria, del ensamble de la matriz, del manejo de las

máquinas convencionales a su carga esta el tornero y el ayudante pulidor.

Tornero: Se encarga de la operación del torno convencional en coordinación con el matricero quien delegará las operaciones de mecanizado que se ejecutan en el torno. El Tornero se hace responsable de entregar las piezas mecanizadas con las tolerancias indicadas.

Ayudante Pulidor: Se encarga del pulido de la zona moldante como de ayudar en trabajos de banco. Se hace responsable del acabado superficial de la zona moldante.

6.5.2 **Organigrama.-** En nuestro equipo de trabajo es de vital importancia la implementación de un organigrama para poder hacer entender a los miembros del equipo las responsabilidades jerárquicas.

ORGANIGRAMA

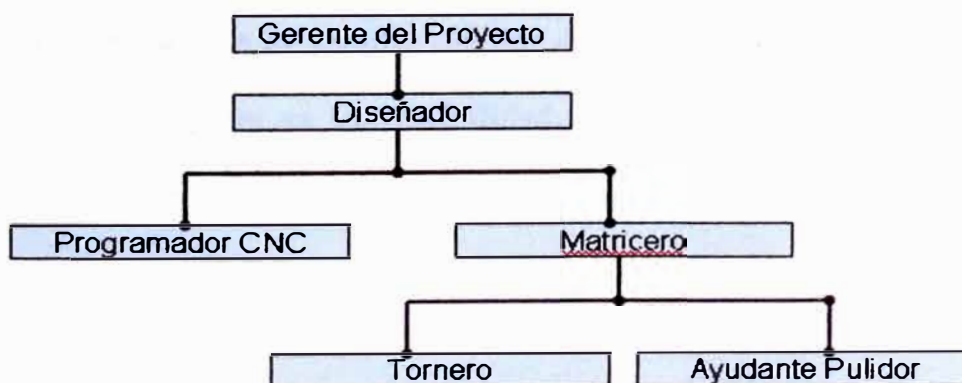


Figura N° 6.3 Organigrama

6.6 Resultados

1. La aplicación del PMBOK .nos permite tener una vista general de las actividades del proyecto como también permite identificar la ruta crítica, deslindar roles, funciones y trabajar bajo estándares de calidad.
2. Como resultado de la aplicación de la tecnología CNC en la fabricación de matrices es que se logro una mayor precisión en la fabricación de las partes de las piezas
3. Se mejora el acabado de las superficies reduciendo notablemente el tiempo de pulido, como también la deformación de la zona moldante por acción del pulido
4. Reduce el tiempo de ajuste de piezas debido a la precisión de maquinado, en elementos centradores como conos de ajustes, superficies de cierre en varios planos, en alojamientos de bocinas y guías.
5. Usando el CAM artístico se pueden desarrollar figuras complejas en tiempos cortos de diseño y de mecanizado, por tal motivo que se incrementa la productividad.
6. Un detalle importante de resaltar del uso del CAD-CAM para la fabricación de matrices de inyección es su flexibilidad, las matrices se pueden modificar, realizar ajustes de manera rápida y con precisión.

CONCLUSIONES

1. La aplicación del CAM en la fabricación de matrices de inyección de plástico se aplica para poder tener resultados óptimos en comparación con los métodos tradicionales de fabricación con maquinas convencionales. Debido a que se tiene mayor flexibilidad en la fabricación, Obtenemos mayor precisión y mayor rapidez para la fabricación de matrices, estas ventajas originan que las empresas sean más competitivas.
2. La aplicación de nuevos softwares para obtener superficies artísticas es una nueva tendencia del CAM, nos permite obtener figuras complejas partiendo de imágenes en 2 dimensiones. En el presente informe se demostró el uso del ArtCam.
3. Las empresas que estén involucradas en la fabricación de productos plásticos como es el caso de procesos de inyección, soplado o termoformado es una gran ventaja competitiva para estas empresas implementar un taller con la tecnología del control numérico computarizado acompañado de un área de diseño adecuadamente implementado, ya que esto les proporciona innovar

sus productos y atender nuevos clientes en función a sus necesidades ya que estarían en la capacidad realizar sus propias matrices. Esto incrementaría su volumen de venta y atraen la atención de nuevos clientes.

4. La aplicación de la metodología del PMBOK para el presente proyecto nos muestra una solución integral para las necesidades del gerente del proyecto debido a que logra organizar de manera eficiente las etapas del proyecto, como también sirve para identificar las rutas críticas del proyecto.
5. Se debe tener especial cuidado con las tolerancias dimensionales, porque podrían generarse errores en las dimensiones de las demás piezas y en su ubicación, que fácilmente podrían ser no permisibles, es decir, se tendría una matriz mal mecanizada.
6. Es recomendable tener un software de CAM muy aparte del CAM artístico para poder realizar mecanizados con mayores ventajas, es decir estos nos proporcionan mejores estrategias de mecanizado para superficies y mecanizados en 2 ejes y medio.
7. El buen desempeño de una matriz esta estrechamente relacionado con su diseño, un adecuado diseño de la matriz nos garantiza una matriz rentable, es decir que su producción es elevada.

BIBLIOGRAFIA

2. Moldes y Máquinas de Inyección Para la Transformación de Plástico Segunda Edición, Gianni Bodini & Franco Carchi Pesan, México 1993
3. El Plástico en la Industria Tratado Práctico, G. Mengues & G Mohren, México 1990
4. PMBOK Guide Una Guía Para los Fundamentos De La Dirección De Proyectos ANSI/PMI 99-001 2000
5. Inyección de Polipropileno Una Guía Para El Usuario De Petroquim
6. VII Programa de Titulación Profesional, apuntes del curso Gerencia de Proyectos. Ing. Eduardo Morales C. Nov 2005.
7. VII Programa de Titulación Profesional, apuntes del curso Gestión Integral de la Calidad. Ing. Jorge Cuadros Blas Nov. 2005

INTERNET

<http://www.artcam.com/artcam/artcam.htm>

<http://www.mastercam.com>

<http://www.mastercam.com/Products/Art/ArtX.pdf>


<http://www.infomecanica.com/>

<http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/index.html>

<http://www.chi.itesm.mx/~cim/tutor/tutor.htm>

ANEXOS

Anexo 1 Tabla de Designación de Aceros según Böhler Perú

Azul – Amarillo – Azul		<u>S 600</u> <u>SUPER RAPID</u>	ACERO RAPIDO FRESAS, MACHOS
Amarillo- Rojo		<u>W 302</u> <u>US LTRA</u>	TRABAJO EN CALIENTE EXTRUSION
Naranja- Plateado		<u>W 320</u> <u>WMD</u>	TRABAJO EN CALIENTE FORJA
Amarillo - Blanco		<u>K100</u> <u>ESPECIAL K</u>	TRABAJO EN FRIO MATRICES
Rojo - Azul		<u>K460</u> <u>AMUTIT S</u>	TRABAJO EN FRIO MATRICES
Amarillo- Lila		<u>K 340</u> <u>IMPACT EXTRA</u>	TRABAJO EN FRIO IMPACTO
Lila - Blanco		<u>K455</u> <u>MY EXTRA</u>	IMPACTO CUÑOS
Rojo - Verde		<u>K630</u> <u>V6N</u>	TRABAJO EN FRIO CUÑOS
Verde - Azul - Rojo		<u>M238</u> <u>ECOPLUS</u> <u>STARMOLD</u>	MOLDES PLASTICOS POLIPROPILENO, ETC
Plateado - Rojo - Verde		<u>M 300</u> <u>MOLDINOX</u>	MOLDES PLASTICOS PVC
Azul		<u>E 230</u> <u>ECN</u>	CEMENTACION Cr - Ni- Mo
Azul - Blanco		<u>E115</u> <u>ECL</u>	CEMENTACION 8620

Blanco		<u>E920</u> <u>TRANSMISION</u>	CEMENTACION BAJO CARBONO
Verde		<u>V 155</u> <u>VCN</u>	BONIFICADO ALTA TORSION
Verde - Blanco		<u>V 320</u> <u>VCL</u>	BONIFICADO ALTA TRACCION
Rojo - Blanco - Rojo		<u>V 945</u> <u>H</u>	MEDIANO CARBONO
Azul		<u>BP 280</u> <u>BARRA</u> <u>PERFORADA</u>	CEMENTACION Si-Mn
Amarillo - Verde		<u>K 700</u> <u>CHRONOS</u>	PLANCHAS ANTIABRASIVO FUERTE IMPACTO
Verde - Azul		<u>CHRONIT</u> <u>T-1</u> <u>400/500 HB</u>	PLACHAS ANTIABRASIVO IMPACTO
Blanco		<u>CORTEN B</u>	PLACHAS ESTRUCTURALES
Negro - Naranja - Verde		<u>N350</u> <u>ANTINIT KWB</u>	INOXIDABLE TEMPLABLE
Blanco - Negro		<u>A 604</u> <u>ANTINIT 304 L</u>	INOXIDABLE 18/8
Negro		<u>A 200</u> <u>ANTINIT 316 L</u>	INOXIDABLE 18/12
Rojo - Negro		<u>H 525</u> <u>ANTITHERM</u> <u>FFB</u>	ANTITERMICO REFRACTARIO
Verde - Amarillo- Azul		<u>CHRONIT</u> <u>T1 - 400</u>	REVENIDO PORTA-MATRICES
Amarillo - Rojo - Verde		<u>CHRONIT</u> <u>T1 - 500</u>	REVENIDO

Anexo 2 Código G Usados en Centros Mecanizados

G00.- Avance lineal del cortador a velocidad alta, para posición o sin aplicar corte.

G01.- Avance lineal del cortador a velocidad programada, para aplicar corte.

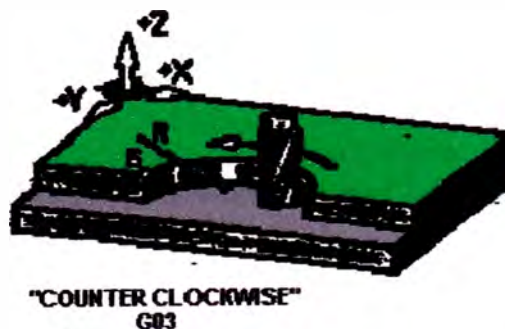
G02.- Avance circular del cortador en el sentido de las manecillas del reloj, a velocidad programada.



DONDE : R = RADIO DEL CIRCULO E = COORDENADAS DEL PUNTO FINAL

NOTA : SI EL CIRCULO ES MAYOR DE 180° SE DEBE UTILIZAR EL FORMATO I,J PARA INDICAR LAS COORDENADAS (RELATIVAS) DEL CENTRO DEL CIRCULO

G03.- Avance circular del cortador, en sentido opuesto a las manecillas del reloj, a velocidad programada.



DONDE : R = RADIO DEL CIRCULO E = COORDENADAS DEL PUNTO FINAL

NOTA : SI EL CIRCULO ES MAYOR DE 180° SE DEBE UTILIZAR EL FORMATO I,J PARA INDICAR LAS COORDENADAS (RELATIVAS) DEL CENTRO DEL CIRCULO

G04.- Pausa, acompañada de una letra X, se detiene la máquina un determinado tiempo; ej G04 X4, la pausa durará 4 segundos.

G17.- Selección del plano XY

G18.- Selección del plano ZX

G19.- Selección del plano YZ.

G20.- Entrada de valores en pulgadas

G21.- Entrada de valores en milímetros.

G28.- Regreso al punto cero de la máquina, HOME.

G41.- Compensación izquierda del cortador.

G42.- Compensación derecha del cortador.

G43.- Compensación longitudinal.



G40.- Cancela compensación radial del cortador.

G49.- Cancela compensación longitudinal del cortador.

G81.- Ciclo de taladrado para perforación de agujero pasante. El agujero atraviesa la pieza en un solo movimiento a una velocidad determinada de avance.

G82.- Ciclo de taladrado para perforación de agujero ciego. El agujero no atraviesa la pieza, en su punto final de taladrado debe tener una pausa para remover el material sobrante y se determina con la letra "P" con un número de tiempo en segundos multiplicado por 1000.}

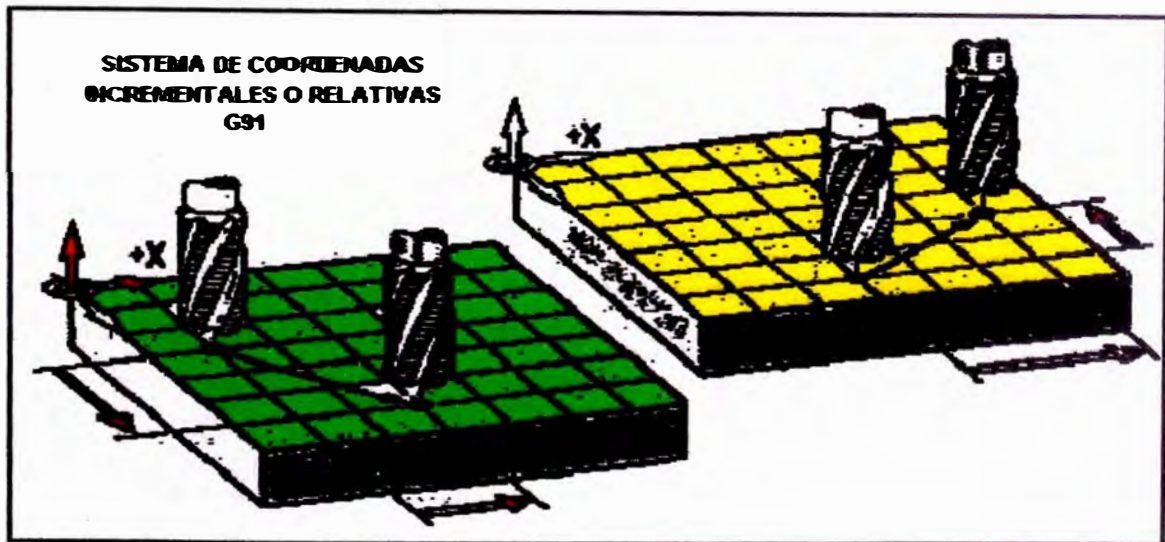
G83.- Ciclo de taladrado para perforación de agujero profundo. En este agujero por ser para una perforación de toda una pieza de más espesor; se debe llevar a cabo por incrementos y estos incrementos se determinan con la letra "Q" que con un valor determinado, avanzará el cortador en ese valor hasta perforar toda la pieza.

G80.- Cancelar los ciclos predeterminados}

G90.- Comando para hacer uso de coordenadas absolutas



G91.- Comando para hacer uso de coordenadas relativas.



G92.- Programación del punto cero absoluto, o cero de pieza.

G94.- Avance contemplado sobre la unidad de tiempo, (mm/min. y pulg/min)

G95.- Avance contemplado sobre la velocidad radial.(mm/rev y pulg/rev)

G98.- Retorno a un punto inicial correspondiente a un ciclo predeterminado.

G99.- Retorno al punto de retroceso de un ciclo predeterminado.

Anexo 5 Tablas de grado de ajuste

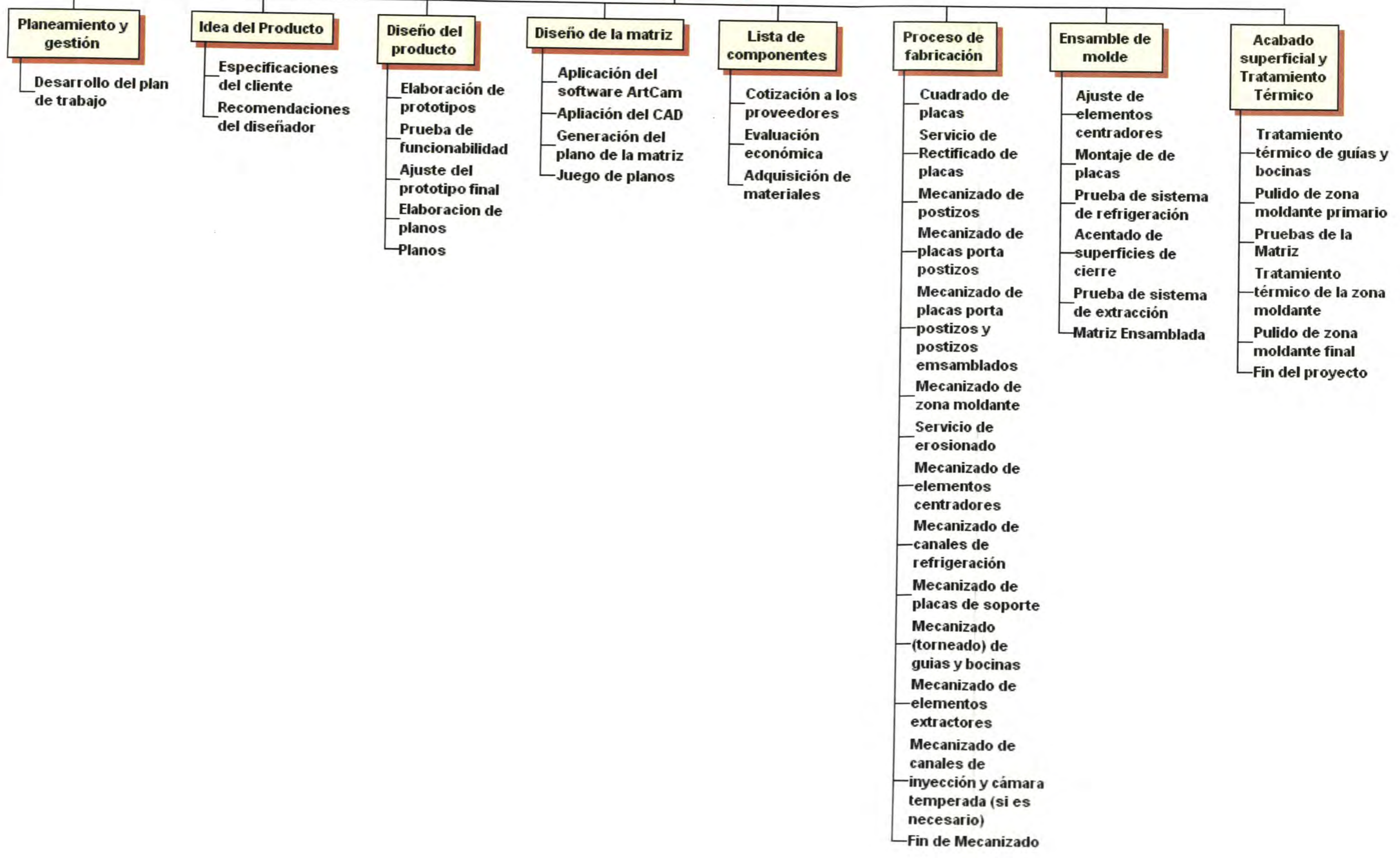
Grado de ajuste	Calidades superficiales	SISTEMA				ASIENTO	
		Agujero único		Eje único		Clase	Características
		Agujero	Eje	Eje	Agujero		
PRECISION		H 6	p 5	h 5	P 6	Forzado muy duro	Piezas montadas por dilatación o contracción; no necesitan seguro contra giro.
			n 5		N 6	Forzado duro	Piezas montadas o desmontadas a presión; necesitan seguro contra giro.
			k 5		K 6	Forzado medio	Piezas que han de montarse o desmontarse con gran esfuerzo; seguro para giro y deslizamiento.
	i 5		J 6		Forzado ligero	Montaje y desmontaje sin gran esfuerzo; necesita seguro contra giro y deslizamiento.	
	h 5		H 6		Deslizante	Piezas lubricadas que se montan y desmontan sin gran trabajo, a mano.	
	g 5		G 6		Giratorio	En piezas lubricadas el giro y deslizamiento puede efectuarse a mano	

Grado de ajuste	Calidades superficiales	SISTEMA				ASIENTO	
		Agujero único		Eje único		Clase	Características
		Agujero	Eje	Eje	Agujero		
ESMERADO		H 8	i 9	h 9	J 8	Forzado ligero	Piezas que se han de montar y desmontar con facilidad.
			h 9		H 8	Deslizante	Piezas que deben montarse sin esfuerzo y que deben desplazarse en su funcionamiento.
			e 9		E 8	Giratorio	Piezas móviles con juego desde perceptible a amplio.
			d 9		D 8	Holgado	Piezas móviles con juego muy amplio.

Grado de ajuste	Calidades superficiales	SISTEMA				ASIENTO	
		Agujero único		Eje único		Clase	Características
		Agujero	Eje	Eje	Agujero		
POCO ESMERADO		H 11	h 11	h 11	H 11	Deslizante	Montaje fácil de gran tolerancia y con pequeño juego.
			d 11		E 11	Giratorio	Piezas móviles con gran tolerancia y juego no excesivo.
	c 11		C 11		Holgado	Piezas móviles con gran tolerancia y juego.	
	a 11		A 11		Muy holgado	Piezas móviles con gran tolerancia y mucho juego.	

Anexo3 Diagrama de WBS

**Proyecto De
Fabricación De
Matriz**



Planeamiento y gestión

Desarrollo del plan de trabajo

Idea del Producto

Especificaciones del cliente
Recomendaciones del diseñador

Diseño del producto

Elaboración de prototipos
Prueba de funcionabilidad
Ajuste del prototipo final
Elaboración de planos
Planos

Diseño de la matriz

Aplicación del software ArtCam
Aplicación del CAD
Generación del plano de la matriz
Juego de planos

Lista de componentes

Cotización a los proveedores
Evaluación económica
Adquisición de materiales

Proceso de fabricación

Cuadrado de placas
Servicio de Rectificado de placas
Mecanizado de postizos
Mecanizado de placas porta postizos
Mecanizado de placas porta postizos y postizos ensamblados
Mecanizado de zona moldante
Servicio de erosionado
Mecanizado de elementos centradores
Mecanizado de canales de refrigeración
Mecanizado de placas de soporte
Mecanizado (torneado) de guías y bocinas
Mecanizado de elementos extractores
Mecanizado de canales de inyección y cámara temperada (si es necesario)
Fin de Mecanizado

Ensamble de molde

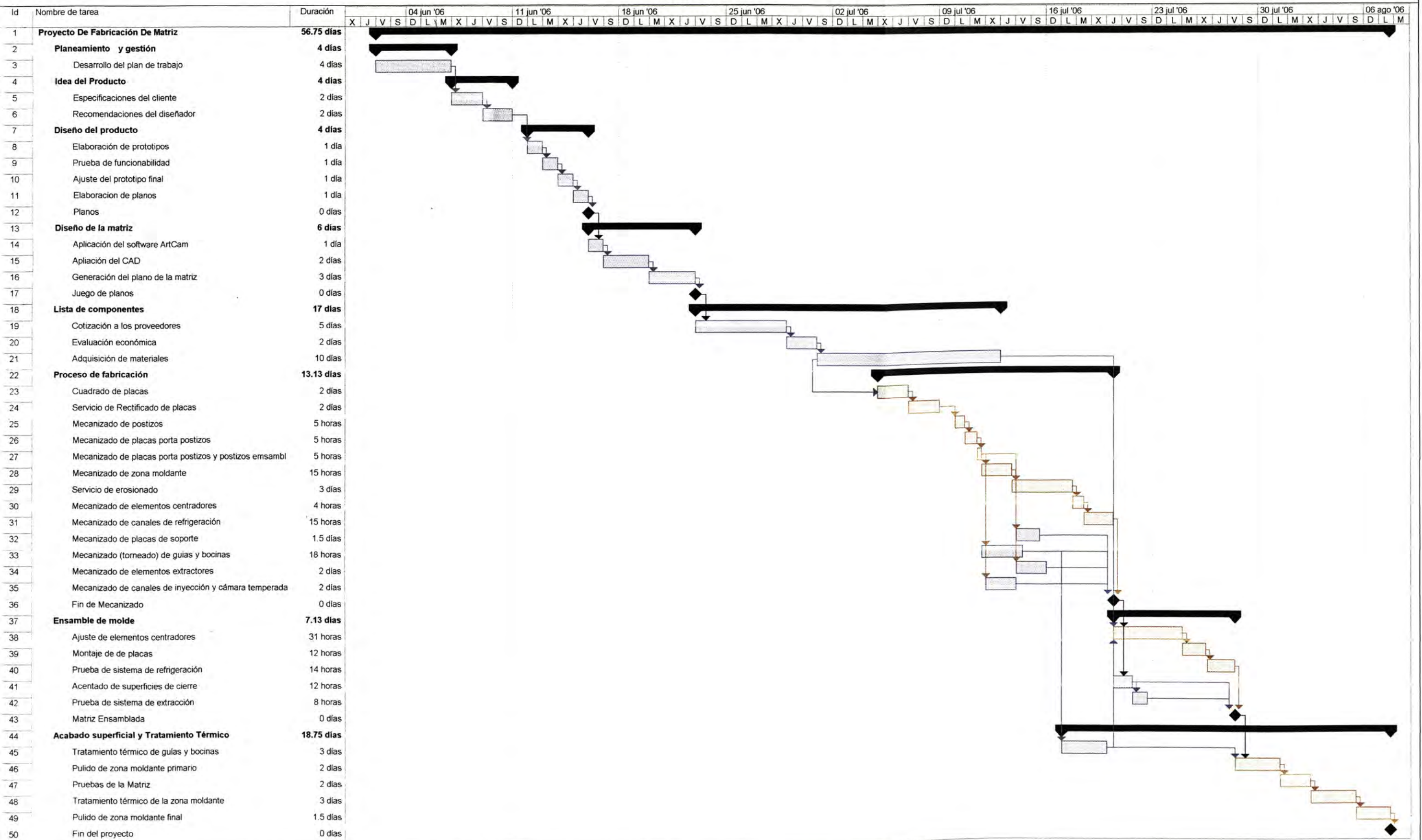
Ajuste de elementos centradores
Montaje de de placas
Prueba de sistema de refrigeración
Acentado de superficies de cierre
Prueba de sistema de extracción
Matriz Ensamblada

Acabado superficial y Tratamiento Térmico

Tratamiento térmico de guías y bocinas
Pulido de zona moldante primario
Pruebas de la Matriz
Tratamiento térmico de la zona moldante
Pulido de zona moldante final
Fin del proyecto

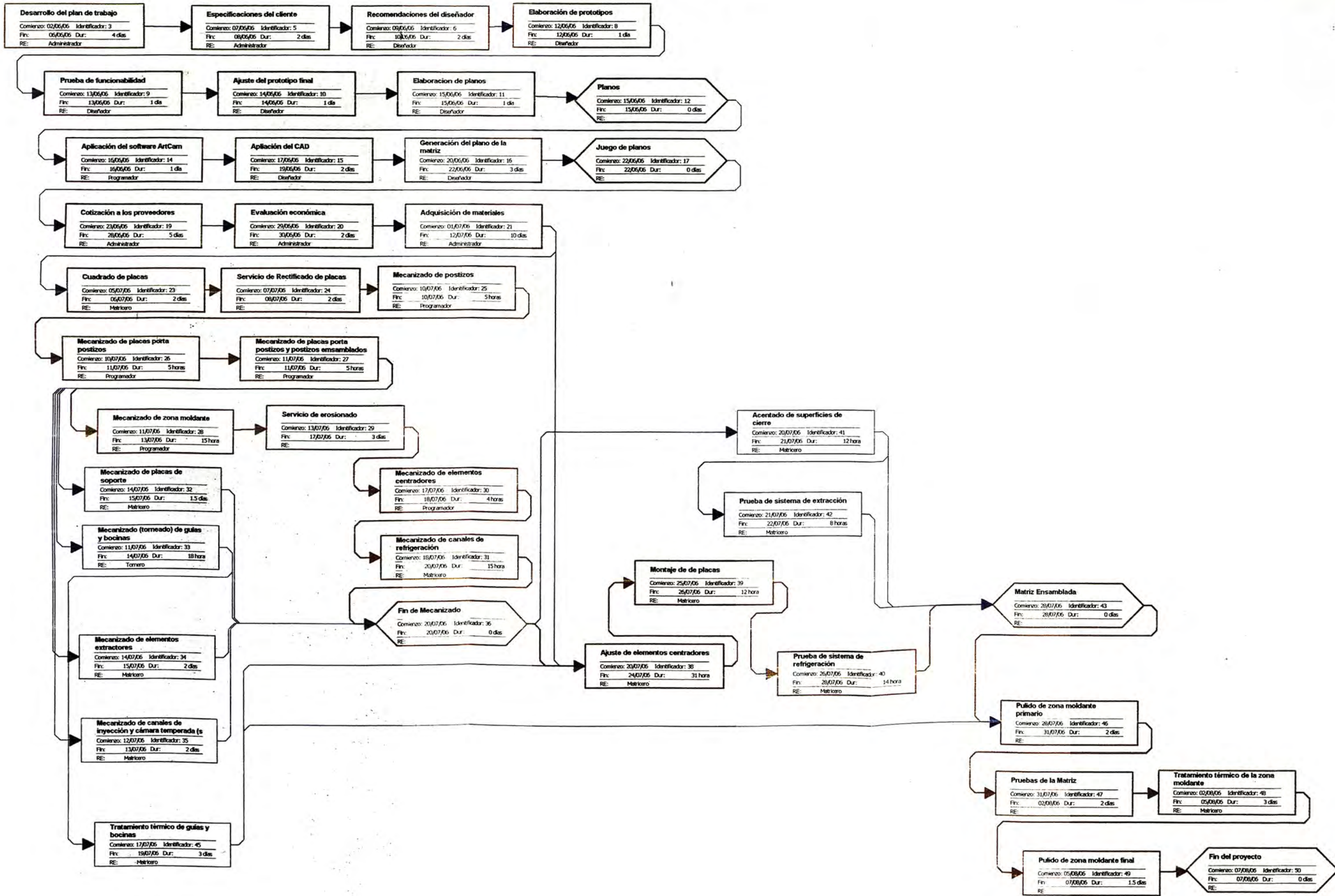
Anexo 4 Diagrama de Gantt y de Red

**PROYECTO PARA LA FABRICACION DE MATRICES DE SUPERFICIES COMPLEJAS
DIAGRAMA GANTT**



Tarea	[Bar]	Progreso	[Bar]	Resumen	[Bar]	Tarea crítica resumida	[Bar]	Progreso resumido	[Bar]	Tareas externas	[Bar]	Agrupar por síntesis	[Bar]
Tarea crítica	[Bar]	Hito	[Bar]	Tarea resumida	[Bar]	Hito resumido	[Bar]	División	[Bar]	Resumen del proyecto	[Bar]	Fecha limite	[Bar]

PROYECTO PARA LA FABRICACION DE MATRICES DE SUPERFICIES COMPLEJAS
DIAGRAMA PERT



Tareas críticas Hito crítico
 Tareas no críticas Hito
 Tareas de resumen críticas Tareas críticas insertadas
 Tareas de resumen Tareas insertadas
 Tareas críticas y marcadas Tareas críticas y marcadas
 Tareas marcadas Elementos
 Resumen del proyecto Tareas críticas resaltadas
 Tareas no críticas resaltadas

Tolerancias de medida		ZONAS DE TOLERANCIA RECOMENDADAS AGUJERO UNICO									
DESVIACIONES DEL EJE EN MICRAS											
Tolerancia		Diámetros nominales en mm									
Serie	Consignación	De 1 a 3	Más de 3 a 6	Más de 6 a 10	Más de 10 a 18	Más de 18 a 30	Más de 30 a 50	Más de 50 a 80	Más de 80 a 120	Más de 120 a 180	Más de 180 a 250
IT - 8	d 8	-20 -34	-30 -48	-40 -62	-50 -77	-65 -98	-80 -119	-100 -146	-120 -174	-145 -208	-170 -242
	e 8	-14 -28	-20 -38	-25 -47	-32 -59	-40 -73	-50 -89	-60 -106	-72 -126	-85 -148	-100 -172
	f 8	-7 -21	-10 -28	-13 -35	-16 -43	-20 -53	-25 -54	-30 -76	-36 -90	-43 -106	-50 -122
	h 8	0 -14	0 -18	0 -22	0 -27	0 -33	0 -39	0 -48	0 -54	0 -63	0 -72
	j 8	+7 -7	+9 -9	+11 -11	+14 -13	+17 -16	+20 -19	+23 -23	+27 -27	+32 -31	+36 -36
	k 8	+14 0	+18 0	+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+54 0	+63 0	+72 0
IT - 9	d 9	-20 -45	-30 -60	-40 -75	-50 -93	-65 -117	-80 -142	-100 -174	-120 -207	-145 -243	-170 -285
	e 9	-14 -39	-20 -50	-25 -61	-32 -75	-40 -92	-50 -112	-60 -134	-72 -159	-85 -185	-100 -215
	h 9	0 -25	0 -30	0 -36	0 -43	0 -52	0 -62	0 -74	0 -87	0 -100	0 -115
	j 9	+13 -12	+15 -15	+18 -18	+22 -21	+26 -26	+31 -31	+37 -37	+44 -43	+50 -50	+58 -57
	k 9	+25 0	+30 0	+36 0	+43 0	+52 0	+62 0	+74 0	+87 0	+100 0	+115 0
IT - 10	d 10	-20 -60	-30 -78	-40 -98	-50 -120	-65 -149	-80 -180	-100 -220	-120 -260	-145 -305	-170 -355
	h 10	0 -40	0 -48	0 -58	0 -70	0 -84	0 -100	0 -120	0 -140	0 -160	0 -185
	j 10	+20 -20	+24 -24	+29 -29	+35 -35	+42 -42	+50 -50	+60 -60	+70 -70	+80 -80	+93 -92
	k 10	+40 0	+48 0	+58 0	+70 0	+84 0	+100 0	+120 0	+140 0	+160 0	+185 0
IT - 11	d 11	-20 -80	-30 -105	-40 -130	-50 -160	-65 -185	-80 -240	-100 -290	-120 -340	-145 -395	-170 -460
	h 11	0 -60	0 -75	0 -90	0 -110	0 -130	0 -160	0 -190	0 -220	0 -250	0 -290
	i 11	+30	+38	+45	+55	+65	+80	+95	+110	+125	+145

	-30	-37	-45	-55	-65	-80	-95	-110	-125	-145
k 11	+60 0	+75 0	+90 0	+110 0	+130 0	+160 0	+190 0	+220 0	+250 0	+290 0

Tolerancias de medida		ZONAS DE TOLERANCIA RECOMENDADAS AGUJERO UNICO									
DESVIACIONES DEL EJE EN MICRAS											
Tolerancia		Diámetros nominales en mm									
Serie	Consig-nación	De 1 a 3	Más de 3 a 6	Más de 6 a 10	Más de 10 a 18	Más de 18 a 30	Más de 30 a 50	Más de 50 a 80	Más de 80 a 120	Más de 120 a 180	Más de 180 a 250
IT - 5	g 5	-3 -8	-4 -9	-5 -11	-6 -14	-7 -16	-9 -20	-10 -23	-12 -27	-14 -32	-15 -35
	h 5	0 -5	0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20
	j 5	+4 -1	+4 -1	+4 -2	+5 -3	+5 -4	+6 -5	+6 -7	+6 -9	+7 -11	+7 -13
	k 5			+7 +1	+9 +1	+11 +2	+13 +2	+15 +2	+18 +3	+21 +3	+24 +4
	m 5	+7 +2	+9 +4	+12 +6	+15 +7	+17 +8	+20 +9	+24 +11	+28 +13	+33 +15	+37 +17
	n 5	+11 +6	+13 +8	+16 +10	+20 +12	+24 +15	+28 +17	+33 +20	+38 +23	+45 +27	+51 +31
IT - 6	g 6	-3 -10	-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-10 -29	-12 -34	-14 -39	-15 -44
	h 6	0 -7	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -29
	j 6	+6 -1	+7 -1	+7 -2	+8 -3	+9 -4	+11 -5	+12 -7	+13 -9	+14 -11	+16 -13
	k 6			+10 +1	+12 +1	+15 +2	+18 +2	+21 +2	+25 +3	+28 +3	+33 +4
	m 6	+9 +2	+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9	+30 +11	+35 +13	+40 +15	+46 +17
	n 6	+13 +6	+16 +8	+19 +10	+23 +12	+28 +15	+33 +17	+39 +20	+45 +23	+52 +27	+60 +31
p 6	+16 +9	+20 +12	+24 +15	+29 +18	+35 +22	+42 +26	+51 +32	+59 +37	+68 +43	+79 +50	
IT - 7	e 7	-14 -23	-20 -32	-25 -40	-32 -50	-40 -61	-50 -75	-60 -90	-72 -107	-85 -125	-100 -146
	f 7	-7 +16	-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-36 -71	-43 -83	-50 -96
	h 7	0 -9	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46
	j 7	+7 -2	+9 -3	+10 -5	+12 -6	+13 -8	+15 -10	+18 -12	+20 -15	+22 -18	+25 -21
	k 7			+16 +1	+19 +1	+23 +2	+27 +2	+32 +2	+38 +3	+43 +3	+50 +4
	m 7			+21 +6	+25 +7	+29 +8	+34 +9	+41 +11	+48 +13	+55 +15	+63 +17
n 7	+15 +6	+20 +8	+25 +10	+30 +12	+36 +15	+42 +17	+50 +20	+58 +23	+67 +27	+77 +31	

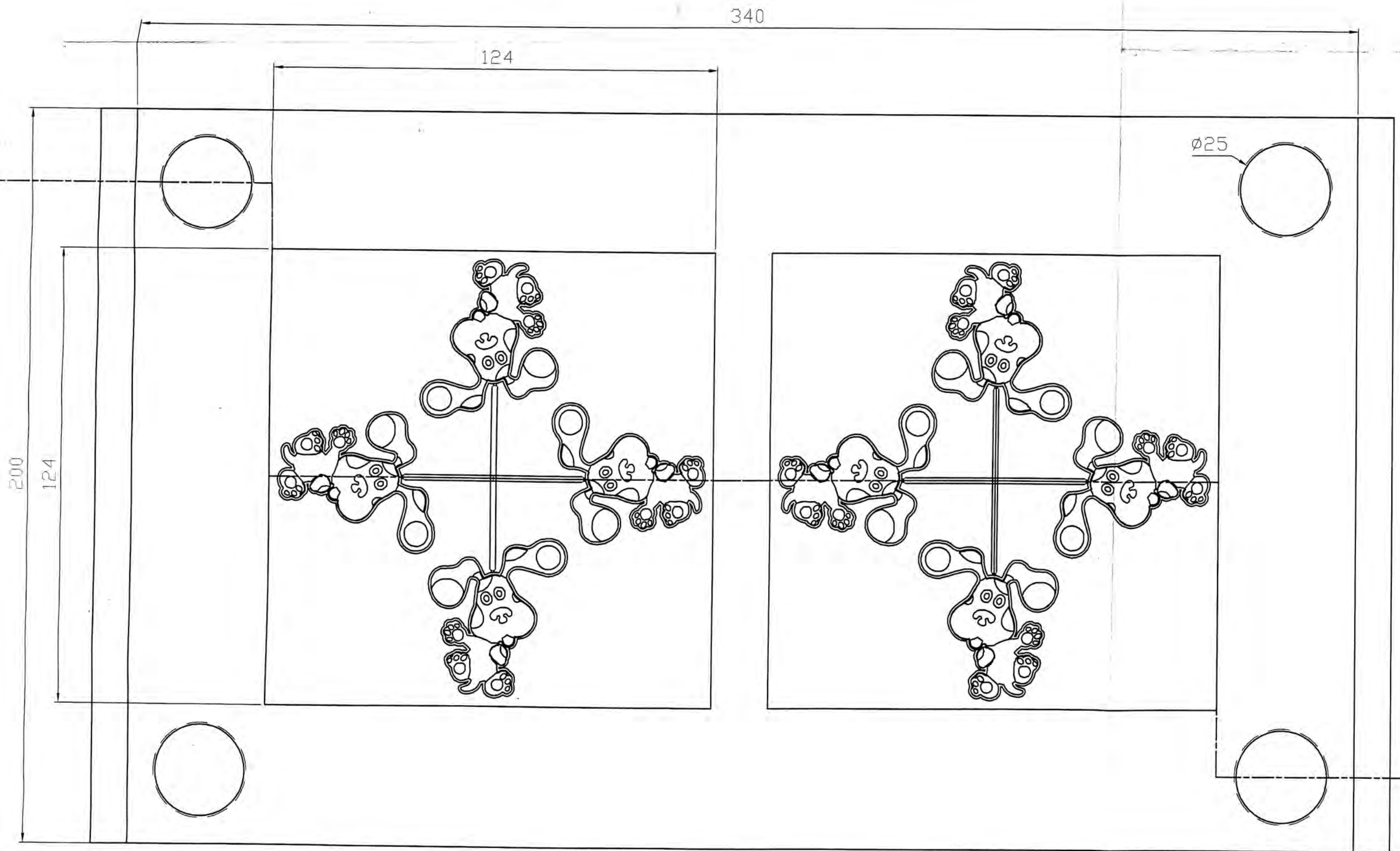
Tolerancias de medida		ZONAS DE TOLERANCIA RECOMENDADAS AGUJERO UNICO									
DESVIACIONES DEL AGUJERO EN MICRAS											
Tolerancia		Diámetros nominales en mm									
Serie	Consig-nación	De 1 a 3	Más de 3 a 6	Más de 6 a 10	Más de 10 a 18	Más de 18 a 30	Más de 30 a 50	Más de 50 a 80	Más de 80 a 120	Más de 120 a 180	Más de 180 a 250
IT - 8	D 8	+20 +34	+30 +48	+40 +62	+50 +77	+65 +98	+80 +119	+100 +146	+120 +174	+145 +208	+170 +242
	E 8	+14 +28	+20 +38	+25 +47	+32 +59	+40 +73	+50 +89	+60 +106	+72 +126	+85 +148	+100 +172
	F 8	+7 +21	+10 +28	+13 +35	+16 +43	+20 +53	+25 +64	+30 +76	+36 +90	+43 +106	+50 +122
	H 8	0 +14	0 +18	0 +22	0 +27	0 +33	0 +39	0 +46	0 +54	0 +63	0 +72
	J 8	-7 +7	-9 +9	-10 +12	-12 +15	-13 +20	-15 +24	-18 +28	-20 +34	-22 +41	-25 +47
	K 8			-16 +6	-19 +8	-23 +10	-27 +12	-32 +14	-38 +16	-43 +20	-50 +22
	M 8			-21 +1	-25 +2	-29 +4	-34 +5	-41 +5	-48 +6	-55 +8	-63 +9
	N 8	-15 -1	-20 -2	-25 -3	-30 -3	-36 -3	-42 -3	-50 -4	-58 -4	-67 -4	-77 -5
IT - 9	D 9	+20 +45	+30 +60	+40 +76	+50 +93	+65 +117	+80 +142	+100 +174	+120 +207	+145 +245	+170 +285
	E 9	+14 +39	+20 +50	+25 +61	+32 +75	+40 +92	+50 +112	+60 +134	+72 +159	+85 +185	+100 +215
	H 9	0 +25	0 +30	0 +36	0 +43	0 +52	0 +62	0 +74	0 +87	0 +100	0 +115
	J 9	-13 +12	-15 +15	-18 +18	-21 +22	-26 +26	-31 +31	-37 +37	-44 +43	-50 +50	-58 +57
IT - 10	D 10	+20 +60	+30 +78	+40 +98	+50 +120	+65 +149	+80 +180	+100 +220	+120 +260	+145 +305	+170 +355
	H 10	0 +40	0 +48	0 +58	0 +70	0 +84	0 +100	0 +120	0 +140	0 +160	0 +185
	J 10	-20 +20	-24 +24	-29 +29	-35 +35	-42 +42	-50 +50	-60 +60	-70 +70	-80 +80	-93 +92
IT - 11	D 11	+20 +80	+30 +100	+40 +130	+50 +160	+65 +195	+80 +240	+100 +290	+120 +340	+145 +395	+170 +460
	H 11	0 +60	0 +75	0 +90	0 +110	0 +130	0 +160	0 +190	0 +220	0 +250	0 +290
	J 11	-30 +30	-38 +37	-45 +45	-55 +55	-65 +65	-80 +80	-95 +95	-110 +110	-125 +125	-145 +145


Tolerancias de medida	ZONAS DE TOLERANCIA RECOMENDADAS AGUJERO UNICO
------------------------------	---

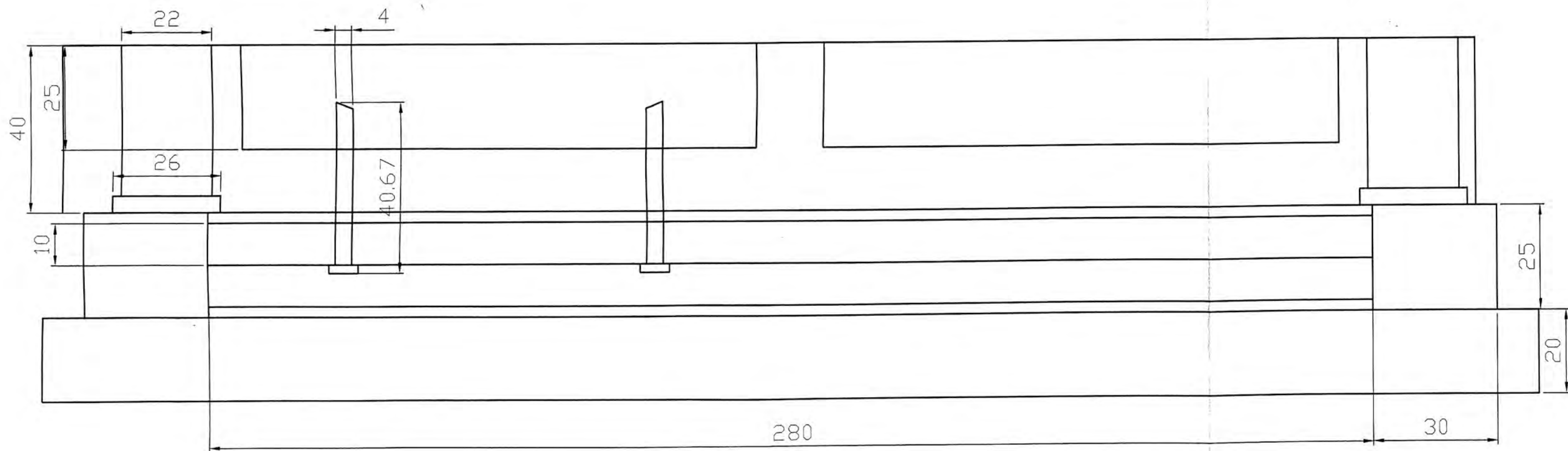
DESVIACIONES DEL AGUJERO EN MICRAS

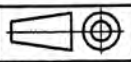
Tolerancia		Diámetros nominales en mm									
Serie	Consig-nación	De 1 a 3	Más de 3 a 6	Más de 6 a 10	Más de 10 a 18	Más de 18 a 30	Más de 30 a 50	Más de 50 a 80	Más de 80 a 120	Más de 120 a 180	Más de 180 a 250
IT - 6	G 6	+3 +10	+4 +12	+5 +14	+6 +17	+7 +20	+9 +25	+10 +29	+12 +34	+14 +39	+15 +44
	H 6	0 +7	0 +8	0 +9	0 +11	0 +13	0 +16	0 +19	0 +22	0 +25	0 +29
	J 6	-4 +3	-4 +4	-4 +5	-5 +6	-5 +8	-6 +10	-6 +13	-6 +16	-6 +18	-7 +22
	K 6			-7 +2	-9 +2	-11 +2	-13 +3	-15 +4	-18 +4	-21 +4	-24 +5
	M 6	-7 0	-9 -1	-12 -3	-15 -4	-17 -4	-20 -4	-24 -5	-28 -6	-33 -8	-37 -8
	N 6	-11 -4	-13 -5	-16 -7	-20 -9	-24 -11	-28 -12	-33 -14	-38 -16	-45 -20	-51 -22
IT - 7	E 7	+14 +23	+20 +32	+25 +40	+32 +50	+40 +61	+50 +75	+60 +80	+72 +107	+85 +125	+100 +146
	F 7	+7 +16	+10 +22	+13 +28	+16 +34	+20 +41	+25 +50	+30 +60	+36 +71	+43 +83	+50 +96
	G 7	+3 +12	+4 +16	+5 +20	+6 +24	+7 +28	+9 +34	+10 +40	+12 +47	+14 +54	+15 +61
	H 7	0 +9	0 +12	0 +15	0 +18	0 +21	0 +25	0 +30	0 +35	0 +40	0 +46
	J 7	-6 +3	-7 +5	-7 +8	-8 +10	-9 +12	-11 +14	-12 +18	-13 +22	-14 +26	-16 +30
	K 7			-10 +5	-12 +6	-15 +6	-18 +7	-21 +9	-25 +10	-28 +12	-33 +13
	M 7	-9 0	-12 0	-15 0	-18 0	-21 0	-25 0	-30 0	-35 0	-40 0	-46 0
	N 7	-13 -4	-16 -4	-19 -4	-23 -5	-28 -7	-33 -8	-39 -9	-45 -10	-52 -12	-60 -14
P 7	-16 -7	-20 -8	-24 -9	-29 -11	-35 -14	-42 -17	-51 -21	-59 -24	-68 -28	-79 -33	

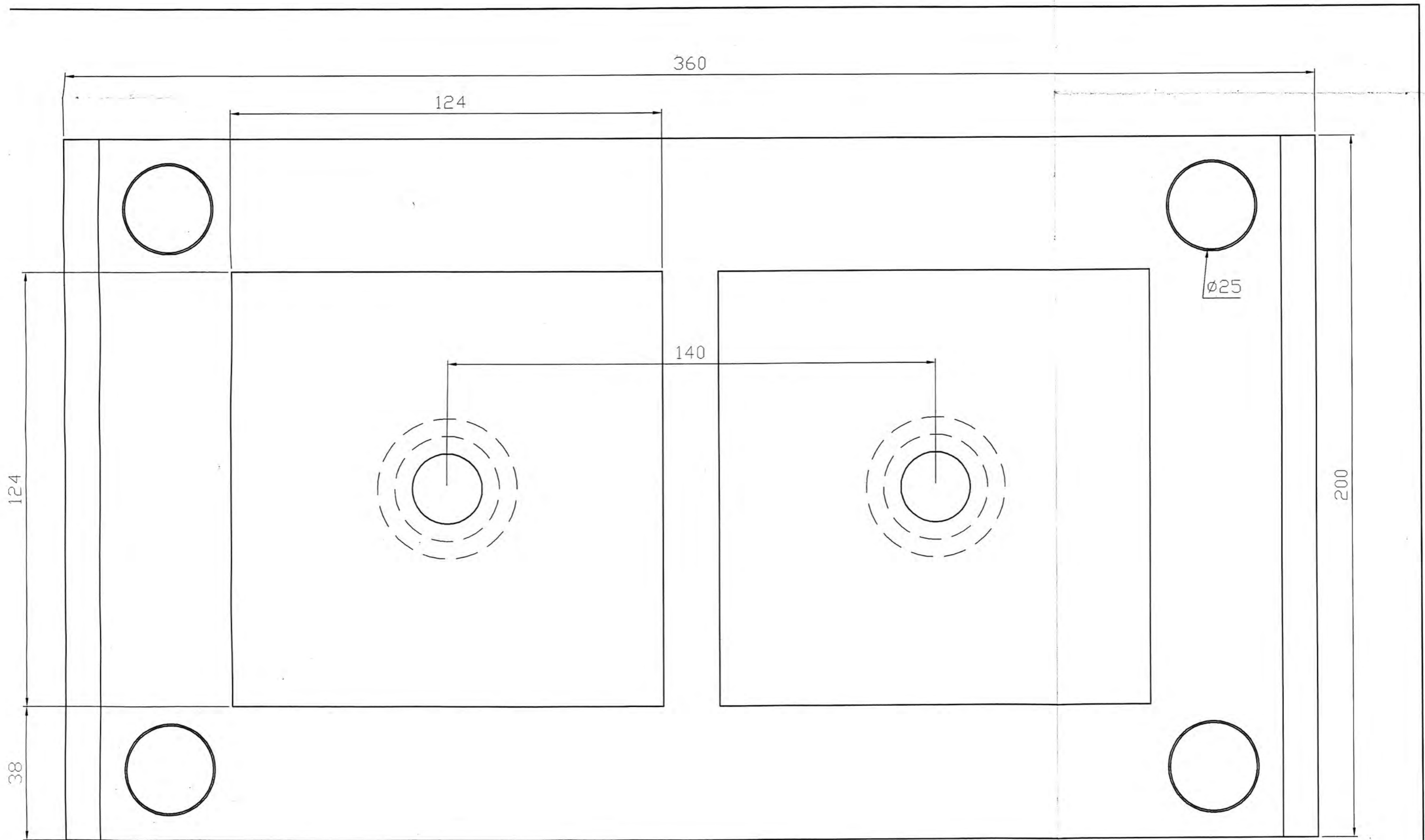
Anexo5 Planos



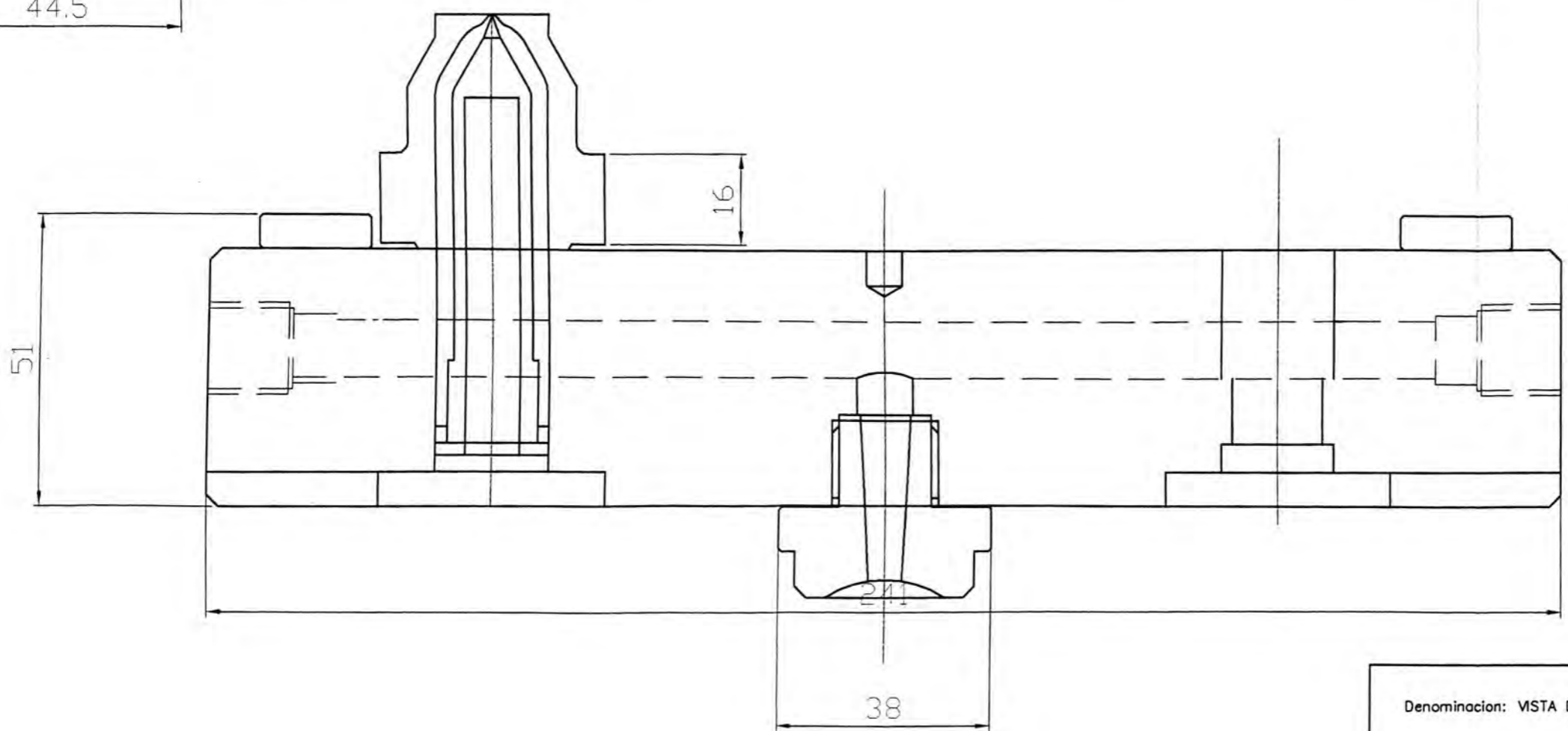
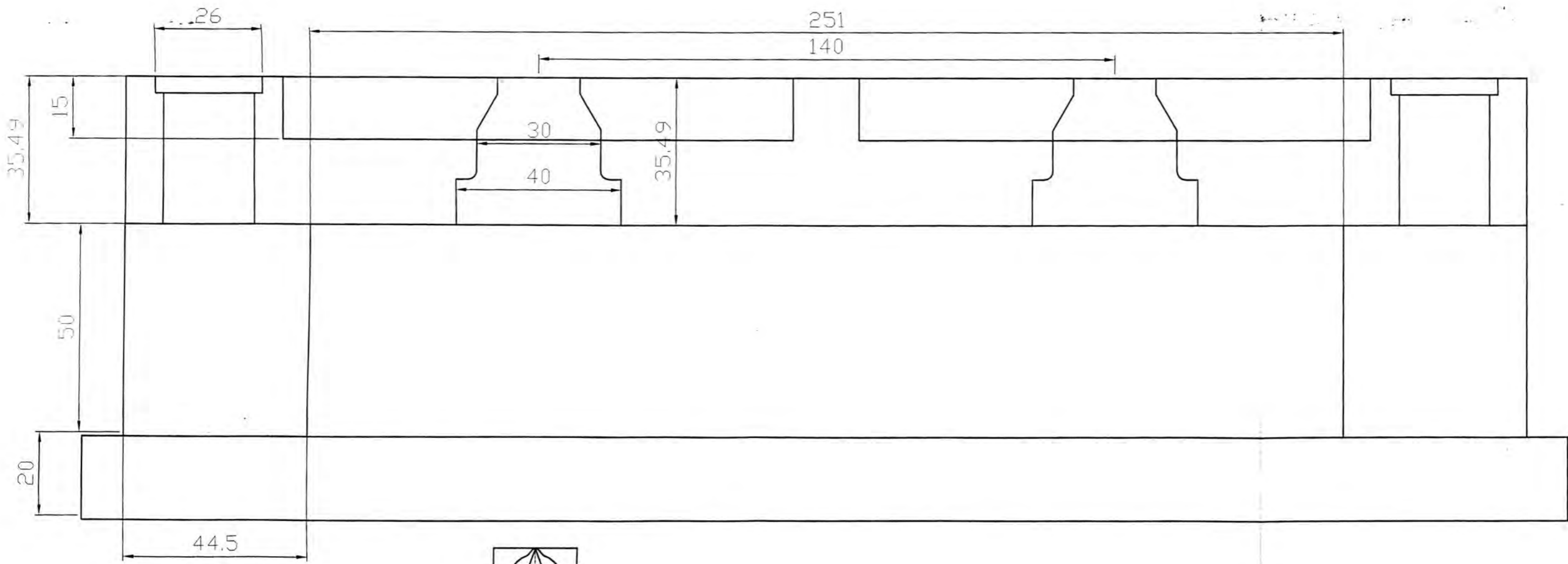
Denominación: VISTA DE EXTRACION SUPERIOR		Molde de Inyección	
MATERIAL:	POLIPROPILENO	Diseñado: Jesus Peralta	 Escala: 1:1
CODIGO:	PRB2511	Dibujado: Jesus Peralta	
PROCESO:	INYECCION	Revisado:	Edición: 01
		Aprovado:	



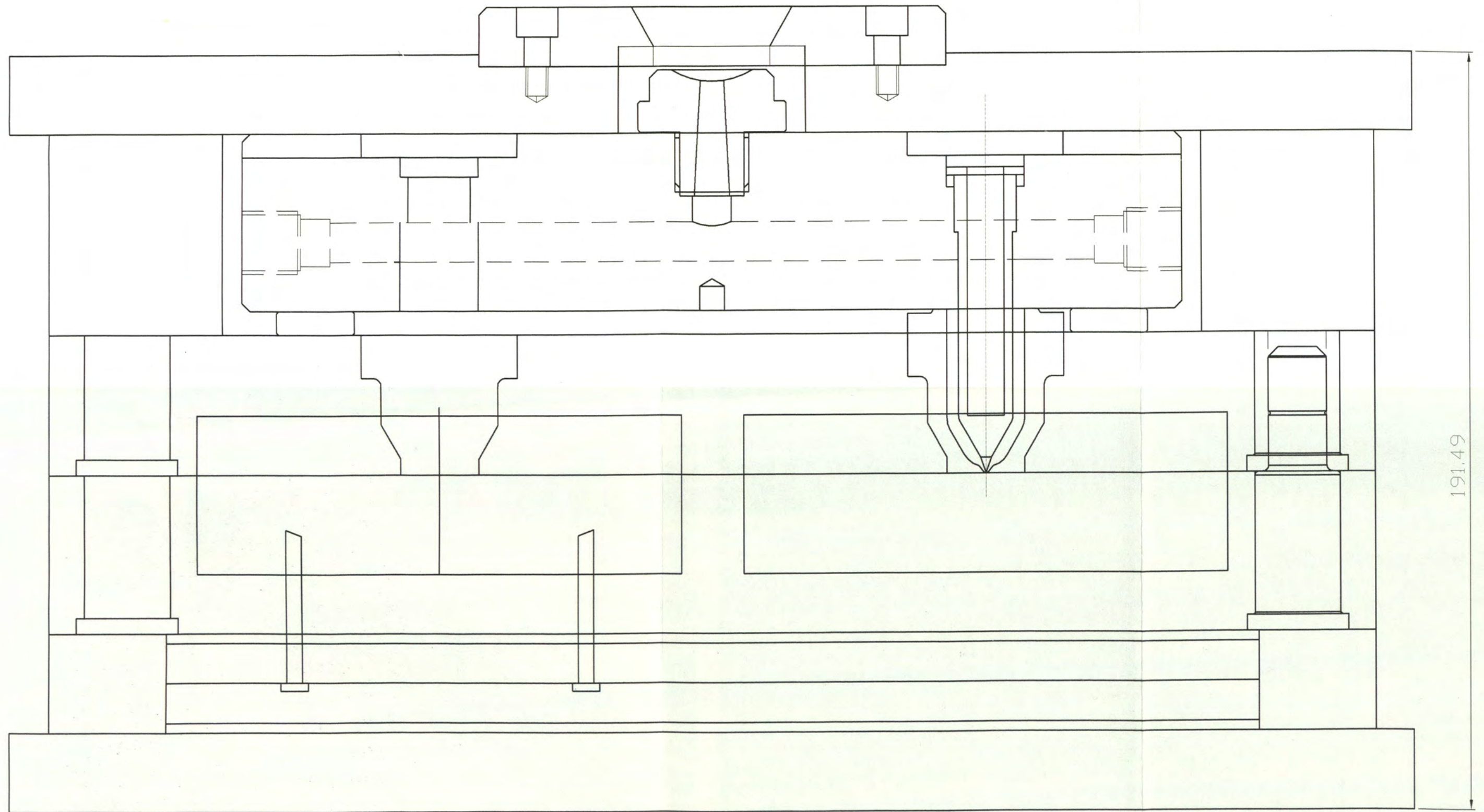
Denominación: VISTA DE EXTRACION FRONTAL		Molde de Inyección	
MATERIAL:	POLIPROPILENO	Diseñado: Jesus Peralta	
CODIGO:	PRB2511	Dibujado: Jesus Peralta	
PROCESO:	INYECCION	Revisado:	Edición: 01
		Aprovado:	




Molde de Inyección		
MATERIAL:	POLIPROPILENO	Diseñado: Jesus Peralta
CODIGO:	PRB2511	Dibujado: Jesus Peralta
PROCESO:	INYECCION	Revisado:
		Aprovado:
		Escala: 1:1
		Edición: 01



Denominación: VISTA DE INYECCIÓN FRONTAL		Molde de Inyección	
MATERIAL:	POLIPROPILENO	Diseñado:	Jesus Peralta
CODIGO:	PRB2511	Dibujado:	Jesus Peralta
PROCESO:	INYECCION	Revisado:	
		Aprobado:	
		Edición:	01



Boceto Preliminar

Denominación: BOCETO PRELIMINAR EN ENSAMBLE		Molde de Inyección	
MATERIAL:	POLIPROPILENO	Diseñado: Jesus Peralta	 Escala: 1:1
CODIGO:	PRB2511	Dibujado: Jesus Peralta	
PROCESO:	INYECCION	Revisado: .	Edición: 01
		Aprobado:	