



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA.**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO.**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MESA CON  
MOVIMIENTO PLANIMÉTRICO CON APRECIACIÓN DE  
0.01 mm. APLICANDO SOFTWARE DE MODELAMIENTO  
A LOS PROCESOS DE MANUFACTURA PARA EL  
POSICIONAMIENTO EXACTO DE LA PIEZA A SER  
MEDIDA EN EL PROYECTOR DE PERFILES CARL ZEISS  
JENA, MODELO MP320 DEL LABORATORIO DE  
METROLOGÍA DEL DECEM**

**AUTOR: LARREÁTEGUI CASTILLO, STALIN TELMO**

**DIRECTOR: ING.DIAZ, JUAN**

**SANGOLQUÍ**

**2017**

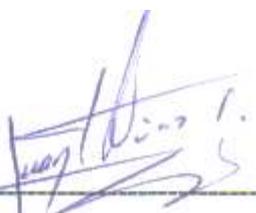


## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MESA CON MOVIMIENTO PLANIMÉTRICO CON APRECIACIÓN DE 0.01 mm. APLICANDO SOFTWARE DE MODELAMIENTO A LOS PROCESOS DE MANUFACTURA PARA EL POSICIONAMIENTO EXACTO DE LA PIEZA A SER MEDIDA EN EL PROYECTOR DE PERFILES CARL ZEISS JENA, MODELO MP320 DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA DEL DECEM**” realizado por el señor **LARREÁTEGUI CASTILLO STALIN TELMO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto, me permito acreditarlo y autorizar al señor **LARREÁTEGUI CASTILLO STALIN TELMO**, para que lo sustente públicamente.



ING. JUAN DÍAZ TOCACHI  
DIRECTOR

Sangolquí, 21 de febrero del 2017



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **LARREÁTEGUI CASTILLO STALIN TELMO**, con cédula de identidad N° 1714536594, declaro que este trabajo de titulación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MESA CON MOVIMIENTO PLANIMÉTRICO CON APRECIACIÓN DE 0.01 mm. APLICANDO SOFTWARE DE MODELAMIENTO A LOS PROCESOS DE MANUFACTURA PARA EL POSICIONAMIENTO EXACTO DE LA PIEZA A SER MEDIDA EN EL PROYECTOR DE PERFILES CARL ZEISS JENA, MODELO MP320 DEL LABORATARIO DE METROLOGÍA DEL DECEM” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Sangolquí 21 de febrero del 2017.**

STALIN TELMO LARREÁTEGUI CASTILLO

C.C.:1714536594



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

#### AUTORIZACIÓN

Yo, **LARREÁTEGUI CASTILLO STALIN TELMO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MESA CON MOVIMIENTO PLANIMÉTRICO CON APRECIACIÓN DE 0.01 mm. APLICANDO SOFTWARE DE MODELAMIENTO A LOS PROCESOS DE MANUFACTURA PARA EL POSICIONAMIENTO EXACTO DE LA PIEZA A SER MEDIDA EN EL PROYECTOR DE PERFILES CARL ZEISS JENA, MODELO MP320 DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA DEL DECEM**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí 21 de febrero del 2017

STALIN TELMO LARREÁTEGUI CASTILLO

C.C.:1714536594

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS.**

Por haberme permitido llegar hasta este momento muy significativo en mi vida y por darme otra oportunidad y el milagro de estar vivo.

### **A mis padres**

Vitelio L. y Graciela C. que sin su apoyo incondicional sobre todo en los momentos difíciles de mi vida no hubiese logrado culminar el presente trabajo

### **A ti mi Princesa**

Rocío G. de Larreátegui, por tu gran amor incondicional e infinito que todos los días me motiva y por acompañarme en todos los momentos incluso los turbulentos, has sabido oportunamente motivarme. Te amo y te admiro mucho y también a Donatello nuestra hija.

Stalin Larreátegui C.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a Dios por colmarme de bendiciones cada día, a mis padres Vitelio L. y Graciela por su amor valioso e inagotable.

A mi tutor, Ing. Juan Díaz por su paciencia y valiosa guía para culminar de forma exitosa el presente proyecto.

Al Lic. Edwin Tayupanta, Metrólogo del Laboratorio de Metrología, por su gran apoyo en la elaboración de este proyecto. Y a todos los que de forma directa o indirecta me han apoyado.

Stalin Larreátegui C.

## ÍNDICE

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	18
CAPÍTULO 1 GENERALIDADES.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Definición del problema.....	2
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Alcance del proyecto.....	5
1.5 Justificación e importancia del proyecto.....	6
CAPÍTULO 2 MARCO TEORICO.....	7
2.1 Proyector de perfiles.....	7
2.2 Proyector de perfiles CARL ZEISS JENA, modelo MP 320.....	8
2.2.1 Partes principales.....	8
2.2.2 Ventajas Particulares.....	9
2.2.3 APLICACIONES DEL PROYECTOR MP 320.....	10
2.3 Tornillo Micrométrico.....	10

2.3.1	Apreciación. ....	11
2.3.2	Cabezas micrométricas.....	12
2.4	Tolerancias de Manufactura.....	12
2.4.1	Tolerancias dimensionales.....	12
2.4.2	Tolerancias Geométricas. ....	15
2.4.3	Tolerancias de montaje.....	16
2.5	Sistemas de ajustes.....	18
2.6	Acabados superficiales.....	20
2.7	Máquinas herramientas. ....	21
2.7.1	Máquinas CNC.....	22
2.7.2	Ventajas e inconvenientes de las máquinas CNC. ....	22
2.8	Tratamientos térmicos y tratamientos superficiales. ....	23
2.9	Acero .....	24
2.10	Investigación metrológica aplicada. ....	24
2.10.1	Cabezas micrométricas.....	24
2.10.2	Sistemas de desplazamiento lineal.....	26
2.10.3	Tipos de guías de desplazamiento lineal. ....	26
2.10.4	Mesas de medición con movimiento XY. ....	28
2.10.5	Tipos de mesas de medición. ....	28
CAPÍTULO 3 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES .....		31
4.1	Definición de parámetros mecánicos de la mesa.....	31
4.1.1	Parámetros iniciales de la mesa. ....	32
4.1.2	Selección del tipo de mesa. ....	33
4.1.3	Funciones del accesorio. ....	35
4.1.4	Peso de la mesa. ....	35
4.2	Selección de las guías lineales para los ejes.....	37

4.2.1 Carga máxima admisible y vida nominal.....	38
4.2.2 Factor de seguridad estático.....	40
4.3 Parámetros de selección de las cabezas micrométricas. ....	43
4.4 Selección de cabezas micrométricas.....	47
4.4.1 Cabeza micrométrica convencional. ....	48
4.4.2 Cabeza micrométrica digital.....	49
4.4.3 Métodos de sujeción de la cabeza micrométrica. ....	51
4.4.4 Capacidad máxima de carga en las cabezas micrométricas. ....	51
CAPÍTULO 4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MESA .....	53
4.1 Diseño de la mesa en un software de modelamiento. ....	53
4.2 Aplicación norma ISO 9001-2008. ....	55
4.3 Elaboración de planos de taller.....	57
4.3.1 Criterio de acabado de superficie para las guías lineales.....	57
4.4 Plano Acople cónico. ....	57
4.5 Plano de la placa base.....	59
4.6 Plano placa móvil.....	59
4.7 Plano placa superior. ....	59
4.8 Planos soportes cabezas micrométricas.....	59
4.9 Elaboración de diagramas de operaciones para sus componentes. ....	60
4.10 Mecanizado del acople cónico .....	65
4.11 Mecanizado de la base inferior .....	74
4.12 Diagrama de proceso para la construcción de las piezas de soportes. ....	81
CAPÍTULO 5 MONTAJE, PUESTA A PUNTO Y VALIDACIÓN.....	83
5.1 Diagrama de ensamblaje. ....	83
5.2 Ajustes y Tolerancias de acuerdo a las normas ISO.....	85
5.2.1 Ajuste entre Acople Cónico y placa base.....	85

5.2.2 Ajuste entre placa superior y placa transparente. ....	89
5.3. Montajes y comprobaciones. ....	91
5.3.1 Verificación de precisión en el eje “X” y “Y”. ....	95
5.3.2 Verificación de paralelismo en el eje “X” y “Y”. ....	97
5.3.3 Verificación de rectitud en el eje “X” e “Y”. ....	99
5.4 Toma de resultados y validación.....	100
5.4.1 Precisión. ....	100
5.4.3 Rectitud.....	104
5.5. Informe de puesta a punto. ....	105
CAPÍTULO 6 ANALISIS ECONÓMICO FINANCIERO .....	106
6.1 Análisis Económico.....	106
6.1.1 Costos directos e indirectos.....	106
6.2 Análisis Financiero.....	107
6.2.1 Financiamiento.....	107
6.2.2 Depreciación de la mesa planimétrica. ....	108
CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
7.1 Conclusiones. ....	111
7.2 Recomendaciones. ....	113
ANEXOS.....	116

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura del laboratorio de Metrología .....	1
Figura 2 Proyector de Perfiles CARL ZEISS JENA Modelo MP320.....	2
Figura 3 Localización del problema en el proyector de perfiles .....	4
Figura 4 Proyector de perfiles de eje vertical.....	7
Figura 5 Clasificación de los Proyectores de Perfil.....	8
Figura 6 Partes Proyector de Perfiles Carl Seis MP320. ....	8
Figura 7 Descripción de Partes Proyector de Perfiles Carl Seis MP320.....	9
Figura 8 Cabezas micrométricas y su aplicación.....	12
Figura 9 Designación de Eje y agujero con tolerancias.....	14
Figura 10 Posiciones diferentes de las tolerancias.....	14
Figura 11 Posiciones de las tolerancias para Agujero y Ejes según ISO.....	15
Figura 12 Representación de ensamble por holgura o juego.....	17
Figura 13 Representación de ensamble por transición.....	17
Figura 14 Representación de ensamble por apriete.....	18
Figura 15 Esquema Sistema Agujero Único.....	19
Figura 16 Esquema Sistema Eje Único.....	19
Figura 17 Clasificación de las Máquinas Herramientas.....	22
Figura 18 Clasificación de los sistemas CNC .....	23
Figura 19 Clasificación de los Tratamientos Térmicos y Superficiales.....	24
Figura 20 Mesa de desplazamiento XY para máquinas CNC.....	29
Figura 21 Mesas para Microscopio de taller y proyector de perfiles .....	29
Figura 22 Dimensiones para mesa de desplazamiento.....	30
Figura 23 Mesa de desplazamiento para impresión 3D.....	30
Figura 24 Tipos de mesas para el proyecto.....	34
Figura 25 Descripción de las dimensiones de las guías seleccionadas.....	38
Figura 26 Ubicación de las cargas en las guías lineales.....	39
Figura 27 Vástagos de cabezas micrométricas.....	44
Figura 28 Tipos de refrenado en vástagos de cabezas micrométricas.....	44
Figura 29 Mecanismos anti giratorios en el husillo.....	45

Figura 30 Desplazamiento (carrera) del cabezal micrométrico.....	46
Figura 31 Vista de dos tipos de Tambor .....	46
Figura 32 Vista de tipos de estilos de graduaciones.....	47
Figura 33 Cabeza Micrométrica convencional. ....	48
Figura 34 Cabeza Micrométrica Digital.....	49
Figura 35 Métodos de Sujeción de la cabeza micrométrica.....	51
Figura 36 Ensamblaje General de la Mesa de Desplazamiento. ....	54
Figura 37 Vistas principales y Sujeción de las cabezas micrométricas. ....	55
Figura 38 Sistema de gestión de calidad (Norma ISO 9001-2008).....	56
Figura 39 Base original del proyector de perfiles, eje cónico.....	58
Figura 40 Base original del proyector de perfiles, agujero cónico.....	58
Figura 41 Esquema general mediante sistema CAD-CAM.....	61
Figura 42 Diagrama de flujo para un elemento mediante CAM. ....	62
Figura 43 Aplicación para el cálculo de parámetros de mecanizado. ....	63
Figura 44 Selección de la operación a calcular.....	64
Figura 45 Definición de parámetros de la operación.....	64
Figura 46 Cálculo de parámetros de mecanizado.....	65
Figura 47 Acople cónico a mecanizar .....	66
Figura 48 Refrentado del eje cónico .....	68
Figura 49 Selección de la cadena de mecanizado.....	69
Figura 50 Parámetros de corte .....	69
Figura 51 Cilindrado del eje cónico.....	70
Figura 52 Perforado de centros .....	71
Figura 53 Perforado con broca 20mm .....	71
Figura 54 Cilindrado interior.....	72
Figura 55 Tronzado o corte del elemento .....	72
Figura 56 Código G para el mecanizado del acople cónico.....	73
Figura 57 Perforación con broca de centro. ....	74
Figura 58 Perforación con broca 5mm para machuelado .....	75
Figura 59 Desbaste con herramienta de insertos de carburo de tungsteno..	76
Figura 60 Parámetros de desbaste en software CAM .....	77
Figura 61 Acabado con fresa plana de 4 filos de corte .....	77

Figura 62 Parámetros de acabado en software CAM .....	78
Figura 63 Acabado con fresa plana de 4 filos de corte .....	78
Figura 64 Parámetros de perfilado y acabado en software CAM.....	79
Figura 65 Mecanizado de cajera interior .....	80
Figura 66 Parámetros de pocket y acabado en software CAM.....	80
Figura 67 Diagrama de procesos general .....	81
Figura 68 Mecanizado de los componentes de la mesa .....	82
Figura 69 Galvanizado de los componentes de la mesa .....	82
Figura 70 Diagrama de ensamble.....	83
Figura 71 Despiece y conjunto de la mesa .....	84
Figura 72 Tolerancias de ajuste para el acople cónico y placa base .....	85
Figura 73 Tolerancias de ajuste, placa superior y placa transparente .....	89
Figura 74 Desmontaje del accesorio anterior .....	92
Figura 75 Ensamblaje de la mesa.....	92
Figura 76 Comprobación alcances, cada eje de desplazamiento .....	93
Figura 77 Comprobación de la proyección de la luz .....	93
Figura 78 Set de patrones de caras paralelas .....	94
Figura 79 Set de patrones de caras paralelas. ....	95
Figura 80 Ubicación de patrones sobre la mesa de desplazamiento.....	95
Figura 81 Esquemas de verificación en los ejes “X” e “Y” .....	96
Figura 82 Gráfica de precisión para el eje “X” con un patrón.....	97
Figura 83 Ubicación escuadra, paralelismo en el eje “X” e “Y” .....	98
Figura 84 Esquema de ubicación para la escuadra .....	98
Figura 85 Esquema de verificación de rectitud para el eje “X” e “Y” .....	99
Figura 86 Medida nominal tomada de la escuadra de prueba .....	103
Figura 87 Diagrama de la depreciación del método de la línea recta .....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características del Proyector de Perfiles MP320.....	3
Tabla 2 Análisis del problema, variables de entrada.....	4
Tabla 3 Análisis del problema, Variables de Salida. ....	5
Tabla 4 Partes principales de un micrómetro.....	11
Tabla 5 Tolerancias Geométricas según ISO 8015. ....	16
Tabla 6 Tipos de Rugosidades comunes después del maquinado. ....	20
Tabla 7 Selección según el alcance de medición. ....	25
Tabla 8 Guías lineales elemento rodante y carga.....	27
Tabla 9 Parámetros iniciales de diseño de la mesa.....	32
Tabla 10 Matriz de decisión para selección del tipo de mesa a utilizarse....	34
Tabla 11 Valores de referencia de factor de seguridad estático. ....	41
Tabla 12 Características técnicas de la cabeza Micrométrica 152-402. ....	48
Tabla 13 Características técnicas de la cabeza Micrométrica 164-163. ....	50
Tabla 14 Matriz de decisión para selección de la cabeza micrométrica. ....	50
Tabla 15 Límite de Carga Máxima Recomendado.....	52
Tabla 16 Componentes principales.....	59
Tabla 17 Velocidades de corte y avances de trabajo.....	66
Tabla 18 Sistema AGUJERO BASE aplicaciones y tipos de superficies. ....	86
Tabla 19 Sistema EJE BASE aplicaciones y tipos de superficies.....	86
Tabla 20 SAU para el ajuste entre placa base y acople cónico .....	88
Tabla 21 Valores de ajuste para la placa base y acople cónico .....	88
Tabla 22 SAU para el ajuste entre placa base y acople cónico .....	90
Tabla 23 Valores de ajuste para la placa base y acople cónico. ....	90
Tabla 24 Características técnicas de los patrones de caras paralelas .....	94
Tabla 25 Características técnicas de la escuadra de filo a 90° .....	94
Tabla 26 Medidas obtenidas para un patrón de 2,500mm.....	96
Tabla 27 Medidas obtenidas para un patrón de 5,100mm.....	96
Tabla 28 Medidas obtenidas verificación de paralelismo para el eje “X” .....	98
Tabla 29 Medidas para verificación de paralelismo para el eje “Y” .....	98
Tabla 30 Medidas verificación de para rectitud para el eje “X” .....	100

Tabla 31 Medidas verificación de para rectitud para el eje “Y” .....	100
Tabla 32 Validación de resultados con respecto a la precisión.....	102
Tabla 33 Tolerancias geométricas con respecto al paralelismo.....	103
Tabla 34 Valores de Amplitud de zonas de Tolerancias .....	104
Tabla 35 Validación de valores de paralelismo.....	104
Tabla 36 Tolerancia de forma .....	105
Tabla 37 Validación de valores de rectitud .....	105
Tabla 38 Desglose de los costos directos e indirectos .....	106
Tabla 39 Desglose de los costos directos e indirectos (Continua).....	107
Tabla 40 Financiamiento.....	108
Tabla 41 Cuota de depreciación .....	109
Tabla 42 Depreciación en línea recta .....	109

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Apreciación .....	11
Ecuación 2 Densidad de un material .....	36
Ecuación 3 Volumen .....	36
Ecuación 4 Capacidad de carga dinámica básica.....	39
Ecuación 5 Capacidad de carga dinámica horizontal .....	39
Ecuación 6 Capacidad de carga estática vertical.....	40
Ecuación 7 Factor de Seguridad estático .....	41
Ecuación 8 Vida nominal en Kilómetros.....	42
Ecuación 9 Vida nominal en horas.....	43
Ecuación 10 Velocidad de corte.....	62
Ecuación 11 Velocidad en Revoluciones Por Minuto .....	63
Ecuación 12 Apriete máximo .....	89
Ecuación 13 Apriete mínimo .....	89
Ecuación 14 Juego máximo .....	91
Ecuación 15 Juego mínimo.....	91
Ecuación 17 Desviación Normal .....	101
Ecuación 18 Desviación máxima con respecto a la Apreciación .....	101
Ecuación 19 Error relativo.....	101
Ecuación 20 Error porcentual.....	102
Ecuación 21 Depreciación .....	108

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como propósito diseñar, construir y poner a punto un accesorio adecuado para el proyector de perfiles CARL ZEISS JENA, Modelo MP320 ubicado en el Laboratorio de Metrología del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armada-ESPE, para repotenciar las bondades de este equipo a fin de lograr un adecuado posicionamiento y mediciones exactas con una apreciación de 0.01 mm. Para este trabajo se realizó una investigación metrológica de todos los recursos disponibles para el efecto, estos son cabezas micrométricas y guías lineales, así como una selección de materiales para la construcción de la mesa. En el diseño de la mesa se determinó todos los parámetros requeridos para este accesorio, así como las cargas durante el movimiento Planimétrico, estas cargas y su cálculo son recomendadas por el fabricante previo a su uso. Con el software CAD de modelamiento se determinó un esquema 3D muy próximo a la realidad para su fabricación. Paralelamente se calculó todos los parámetros de corte y generación de códigos máquina, para la fabricación de cada componente en un centro de mecanizado. Con la ayuda de planos, diagramas y hojas de procesos se planificó de forma adecuada los recursos disponibles. Al culminar los montajes, ajustes y verificaciones, el resultado fue un equipo funcional y operativo que se encuentra montado en el proyector de perfiles.

### **PALABRAS CLAVE:**

**CÁBEZA MICROMÉTRICA.**

**CAD.**

**ACOPLE CONICO.**

**PRECISIÓN.**

**PARALELISMO.**

## **ABSTRACT**

This research project aims to design, build and develop an appropriate accessory for the profile projector CARL ZEISS JENA, model MP320 located in the Metrology Laboratory of the Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, to enhance the benefits of this equipment in order to achieve proper positioning and accurate measurements with an appreciation of 0.01 mm. For this work a metrological investigation of all the available resources for the effect was realized, these are micrometric heads and linear guides, as well as a materials selection for the table construction. In the table design was determined all the parameters required for this accessory, as well as the loads during the planimetric movement, these loads and their calculation were recommended by the manufacturer prior to its use. With the CAD modeling software, a 3D schematic very close to the reality for its manufacture was determined. In parallel way, all cutting parameters and machine code generation were calculated for the manufacturing of each component in a machining center. With the aid of drawings diagrams and process sheets, the available resources were adequately performed. At the end of the assembly, adjustments and verifications, the result was a functional and operational equipment that is mounted on the profile projector.

### **KEYS WORDS:**

**MICROMETRIC HEAD.**

**CAD.**

**CONICAL COUPLING.**

**PRECISION.**

**PARALLELISM.**

## CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes.

El laboratorio de Metrología del DECEM en la actualidad aplica conocimientos y normas Nacionales e Internacionales para la toma de mediciones y verificaciones dimensionales de elementos mecánicos. Estas actividades están dirigidas a tres campos del quehacer académico:

1. Destinado a las prácticas del laboratorio en la asignatura de Metrología que se imparte a la Carrera de Ingeniería Mecánica.
2. A la realización de mediciones y verificaciones con fines de investigación.
3. A la prestación de servicios profesionales y tecnológicos con los instrumentos de medición de la industria local, razón por la cual se considera, mejorar la utilidad de sus equipos y accesorios.

El laboratorio cuenta a la fecha con 36 años de servicio, constituido con las siguientes secciones:

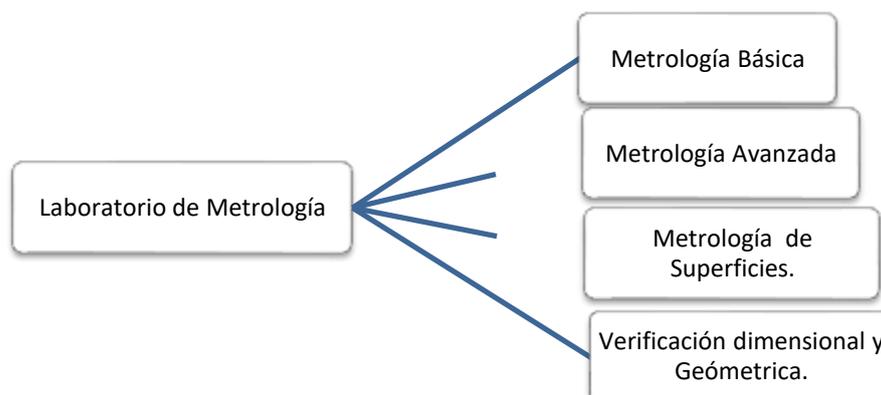


Figura 1 Estructura del laboratorio de Metrología

Entre los principales equipos y accesorios, el laboratorio dispone de:

- Pies de rey y Micrómetros.
- Comparadores de Reloj.
- Patrones de calibración de caras paralelas, angulares, cilíndricas e interiores.
- Microscopio de Herramientas.
- Durómetro de lectura digital.
- Autocolimador.
- Rugosímetro.
- Proyector de Perfiles 10x y 50x.
- Calibrador de Comparadores de Reloj.
- Fuente de luz monocromática.
- Rugosímetro portátil de 0.3  $\mu\text{m}$ .
- Durómetros Tipo Rockwell escalas B y C.
- Accesorios, varios, etc.

Dentro de la sección de Metrología Avanzada se localiza el PROYECTOR DE PERFILES CARL ZEISS JENA, MODELO MP320, al cual se va implementar este de proyecto.

### 1.2 Definición del problema.



Figura 2 Proyector de Perfiles CARL ZEISS JENA Modelo MP320

Tabla 1

## Características del Proyector de Perfiles MP320

Marca:	<b>CARL ZEISS JENA.</b>
Procedencia:	Alemania.
Serie:	MP320.
Aumentos:	10x, 20x, 50x, 100x.
Distorsión de los objetos:	<0.3%
Distorsión del Aparato:	<0.5 %
Diámetro de la Superficie de Proyección:	320 mm.
Margen de Medición del cristal mate giratorio:	0°-360°
Margen de desplazamiento vertical	60 mm.

Fuente: (Zeiss, 2007)

El proyector de perfiles CARL ZEISS JENA, MODELO MP320, no cuenta entre sus accesorios, un mecanismo similar al mencionado anteriormente que facilite el posicionamiento exacto de las piezas a ser verificadas, puesto que es una tecnología alrededor de 30 años atrás, y por ende no dispone de un accesorio tan versátil, como el anterior. Al no contar con este tipo de accesorio, presenta las siguientes dificultades:

- No existen reglas de desplazamiento para los ejes x-y, que ayuden a la ubicación adecuada del plano focal. No tiene guías paralelas en x-y, que facilite la ubicación con los ejes de la pantalla de proyección, lo que conlleva a errores de paralaje.
- Ausencia de sistemas de fijación de piezas para fijar las piezas para evitar el movimiento accidental de la pieza durante la ejecución de la medición.



Figura 3 Localización del problema en el proyector de perfiles.

Tabla 2

Análisis del problema, variables de entrada

Variables de Entrada	Limitaciones de Entada
Tamaño de objetos a ser medidos	No mayor a un diámetro de 40 mm.
Geometría de las piezas	Ninguna
Materiales	Resistentes al desgaste y de fácil maquinabilidad.
Peso	No mayor a un peso de 5 Kg.
Ubicación	Ejes paralelos respecto a los de referencia de la pantalla de proyección.
Desplazamiento	Plan métrico x-y
Tamaño máximo	Aproximadamente de 200 x 300mm.
Tipo de Acople	Junta Cónica.

Tabla 3

Análisis del problema, Variables de Salida.

Variables de Salida	Limitaciones de Salida
Desplazamiento	Planimétrico en x-y de 150x150 mm.
Ubicación	Ejes paralelos y perpendiculares al movimiento de mediante guías.
Apreciación	0,01 mm.

### 1.3. Objetivos.

#### 1.3.1 Objetivo general.

Diseñar, seleccionar, manufacturar y poner a punto una mesa de desplazamiento x-y, sobre el proyector de perfiles CARL ZEISS JENA, MODELO MP320, a fin de que el posicionamiento de la pieza a ser medida, sea exacto.

#### 1.3.2 Objetivos específicos.

- Realizar la investigación metrológica aplicada
- Diseñar y construir la mesa y sus componentes.
- Construir los componentes aplicando Normas Internacionales
- Realizar el montaje, ajustaje, puesta a punto de la mesa de desplazamiento "X-Y" y validación de resultados.
- Realizar el análisis Económico Financiero.

### 1.4 Alcance del proyecto.

El proyecto prevé el montaje, ajustaje, verificación y validación de funcionalidad de una mesa con movimientos x-y sobre el proyector de perfiles, CARL ZEISS JENA, MODELO MP320 con 0,01 mm aplicando software de Modelamiento.

### 1.5 Justificación e importancia del proyecto.

- **Viabilidad Técnica:** la mesa es completamente manual, con una apreciación de 0,01 mm, con ejes ortogonales deslizantes en el plano x-y aproximadamente de una longitud de 200 x 150 mm., cuyos componentes son de acero.
- **Viabilidad Económica:** El costo aproximado del diseño y la fabricación de la mesa es de USD 4100, los cuales serán sufragados en su totalidad por el estudiante responsable del proyecto de investigación. No requerirá de considerables gastos posteriores por conceptos de operación y mantenimiento.
- **Viabilidad de Seguridad:** los componentes son totalmente mecánicos, de dimensiones pequeñas, con un peso aproximado de 5kg que irán ensamblados sobre la base del lector óptico, por lo que no existe el riesgo de caída. Además, no utiliza energía eléctrica por ende no existirán riesgos eléctricos.
- **Viabilidad Legal:** El proyecto cuenta con la aceptación del jefe del laboratorio de Metrología y del Sr. Metrólogo y no ocasionara daños al medio ambiente.

## CAPÍTULO 2 MARCO TEORICO.

### 2.1 Proyector de perfiles.

Este es el equipo de medición, probablemente el más utilizado en la industria, dado que ofrece una forma de medir piezas pequeñas por medio de la visualización de una imagen ampliada de la pieza sobre una pantalla translúcida.

“Un proyector de perfiles (“optical projector”, en inglés) es un equipo diseñado para medir dimensiones e inspeccionar formas, por ampliación óptica, que permite la realización de mediciones indirectas o con desplazamiento, sobre una pantalla de proyección”. (Fernández, 2011)



Figura 4 Proyector de perfiles de eje vertical.

El proyector de perfiles, es una herramienta de inspección segura y versátil, se postuló rápidamente como una buena alternativa para multitud de aplicaciones; de hecho, en la actualidad, estos aparatos son indispensables en el equipamiento estándar para muchos de los campos de producción de alta calidad.

### 2.1.1 Tipo y clasificación.

Existen numerosos modelos y tipos de construcciones para los proyectores de perfiles atendiendo a los siguientes criterios:

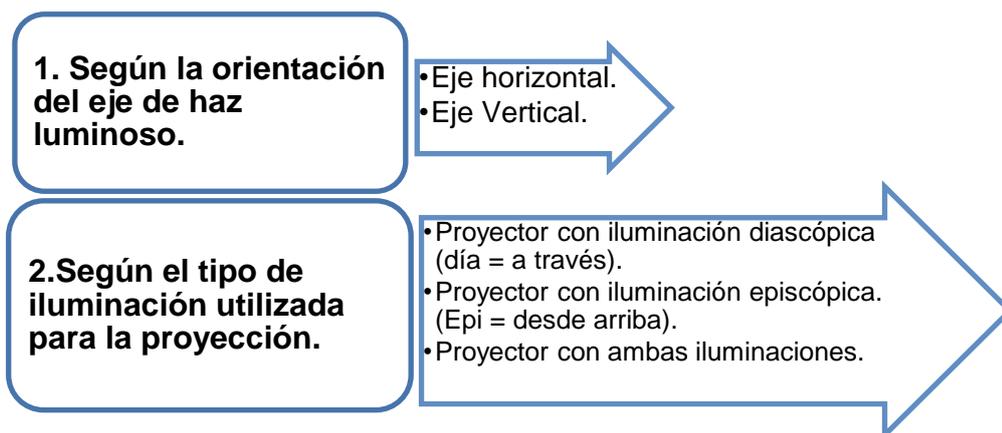


Figura 5 Clasificación de los Proyectores de Perfil.

## 2.2 Proyector de perfiles CARL ZEISS JENA, modelo MP 320.

### 2.2.1 Partes principales.



Figura 6 Partes Proyector de Perfiles Carl Seis MP320.

El proyector se compone de tres partes principales:

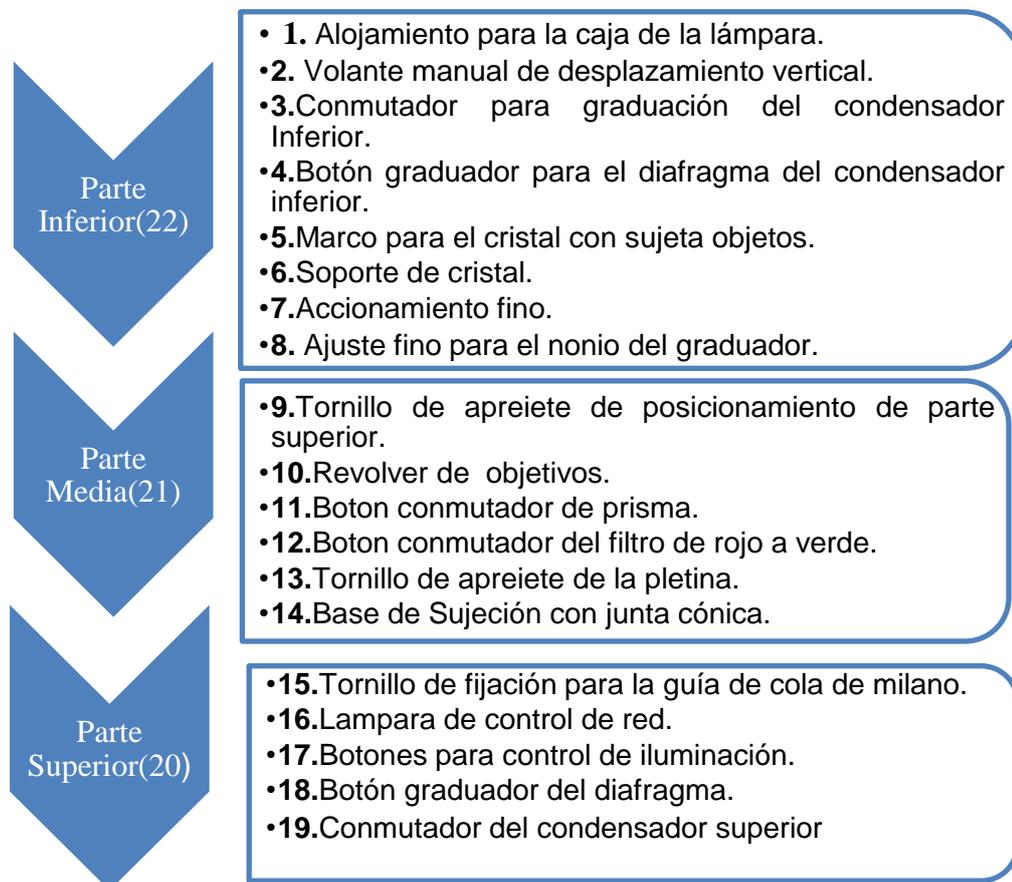


Figura 7 Descripción de Partes Proyector de Perfiles Carl Seis MP320.

### 2.2.2 Ventajas Particulares.

- Proyección vertical y horizontal están reunidas en un solo aparato.
- Proyección a trasluz y con luz incidente puede utilizarse tanto por separado como también conjuntamente.
- El revólver de objetivos permite el cambio rápido y cómodo del aumento, en lo cual no hace falta reenfocar.
- Prisma de doble imagen coincidente incorporado con filtro rojo-verde intercambiable permite la aplicación alternativa de doble imagen coincidente en blanco y negro o rojo-verde para la solución rápida y exacta

de muchos problemas de medición (p. ej. comprobaciones de simetría y de forma rectilínea. Para visualizar centros de taladros y cantos de cuerpos).

- El equipo óptico de calidad especial garantiza imágenes prácticamente libres de distorsión y nítidas hasta el borde.

### 2.2.3 APLICACIONES DEL PROYECTOR MP 320.

Para la medición y comprobación sobre el proyector medidor MP 320 sirven las piezas a comprobar más diversas.

- **Herramientas de forma:** Cuchillas de forma, fresas de forma, herramientas de embutir perfiles, etc.
- **Roscas:** Calibres para roscas, machos de roscar, fresas de roscar y peines para roscar, tornillos sin fin.
- **Ruedas dentadas:** Fresas helicoidales, herramientas para mortajar, ruedas cortantes, herramientas de corte y de estampar.
- **Piezas de forma** de la industria mecánica de precisión, piezas de construcción para máquinas calculadoras, de escribir, coser, relojes, etc.
- **Piezas de construcción** de la electrónica y microelectrónica. Placas conductoras, plaquitas aislantes, cátodos, rejillas de válvulas, elementos constructivos de semiconductores, plantillas fotográficas y crómicas.
- Con ayuda de la proyección es posible copiar piezas de forma dibujándolas, compararlas muy bien con dibujos ampliados.

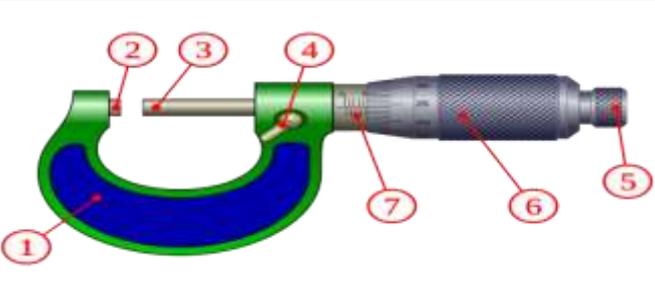
### 2.3 Tornillo Micrométrico.

El micrómetro de tornillo, también llamado palmer por el nombre de su creador, permite la medición de longitudes con mayor precisión que el pie de

rey. Una vuelta completa del tambor es igual al paso (P) y es la menor división en la escala del manguito.

Tabla 4

Partes principales de un micrómetro.



El diagrama muestra un micrómetro con sus partes principales numeradas del 1 al 7. El cuerpo (1) es la base U-shaped. El tope (2) es un pequeño bloque en la punta. La espiga (3) es el eje central. La palanca de fijación (4) es un botón que bloquea la espiga. El tambor móvil (6) es el cilindro que gira y tiene una escala móvil. El tambor fijo (7) es el cilindro que tiene una escala fija. El trinquete (5) es un mecanismo de freno al final del tambor móvil.

1	Cuerpo: constituye el armazón del micrómetro.
2	Tope: determina el punto cero de la medida; suele ser de material duro para evitar el desgaste.
3	Espiga: elemento móvil que determina la lectura del micrómetro; la punta suele también tener la superficie en metal duro para evitar desgaste.
4	Palanca de fijación: que permite bloquear el desplazamiento de la espiga.
5	Trinquete: limita la fuerza ejercida al realizar la medición
6	Tambor móvil, solidario a la espiga, en la que está grabada la escala móvil de 50 divisiones
7	Tambor fijo: solidario al cuerpo, donde está grabada la escala fija de 0 a 25 mm.

### 2.3.1 Apreciación.

La aproximación de un micrómetro viene dada por el desplazamiento axial del tornillo cuando el tambor gira una graduación. Si P es el paso del tornillo, y N el número de divisiones existentes en el tambor, a un giro completo de este corresponderá al tornillo un desplazamiento axial igual a su paso, y por lo tanto al giro de una división.

$$A = \frac{P}{N}$$

Ecuación 1 Apreciación

Dónde:

A: Apreciación del instrumento.

P: Paso del Tornillo.

N: número de divisiones del tambor.

Ejemplo: Si el paso del tornillo es  $P = 0.50\text{mm}$ . y el manguito graduado está dividido en 50 partes iguales, tendremos una apreciación de:

$$A = \frac{0,50\text{ mm.}}{50} = 0,01\text{ mm.}$$

### 2.3.2 Cabezas micrométricas.

Este accesorio es una variante de un micrómetro común, con la particularidad de que se omite el armazón y el tope fijo, como se muestra en la figura 8 que permite determinar desplazamientos de forma precisa, con respecto a una referencia determinada. Para el presente proyecto se requiere una apreciación de  $0,01\text{mm}$ .

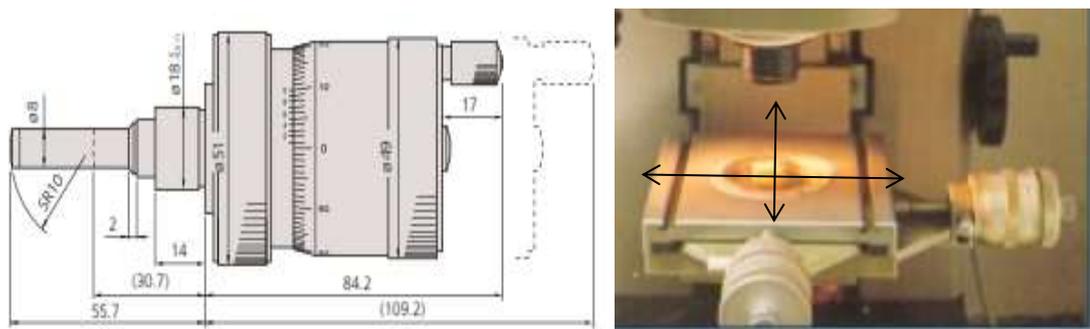


Figura 8 Cabezas micrométricas y su aplicación.

## 2.4 Tolerancias de Manufactura.

### 2.4.1 Tolerancias dimensionales.

En la mecanización de una pieza no se puede acoger exactamente a la medida indicada en el plano. Por lo tanto, ha de admitirse cierta desviación

denominada Tolerancia. Este desvío admisible está delimitada por una cota máxima y una cota mínima. La medida real o efectiva debe ubicarse dentro de estas cotas.

Con el fin de no indicar en un dibujo las dos cotas límites, la tolerancia o margen vienen indicados por diferencias de medida respecto a la cota nominal. Con respecto a la figura 10, se indica las partes principales del eje y el agujero y se describen a continuación:

*Cota Nominal N*: Medida indicada en el plano, y con la que puede designar la pieza.

*Cota máxima G*: Medida máxima Admisible, no debe sobre pasar la medida real de la pieza.

*Cota mínima K*: Medida mínima admisible, la medida real no se debe ubicar por debajo de esta cota.

*Cota Límite*: Conformadas por las cotas máxima y mínima.

*Diferencia Superior A*: Es la diferencia entre la medida nominal y la máxima.

*Diferencia Inferior Au*: Es la diferencia entre la medida nominal y la mínima.

*Cota Real I*: Es la medida determinada por la medición realizada en la pieza. Debe estar entre las cotas límites.

*Tolerancia T*: Diferencia entre cotas límite.

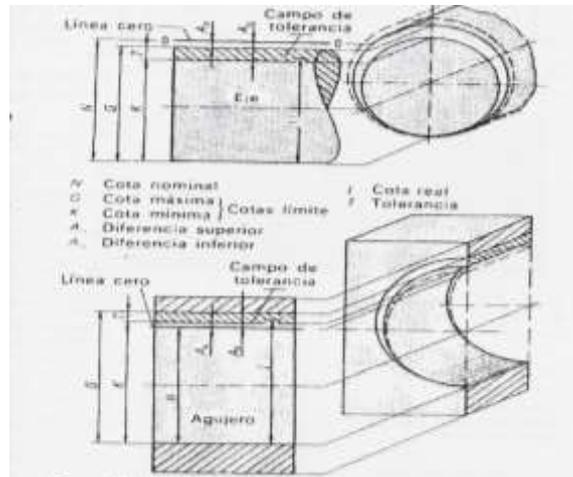


Figura 9 Designación de Eje y agujero con tolerancias.

El campo de tolerancia adopta básicamente cinco posiciones diferentes con respecto a la línea cero. (Figura 11)

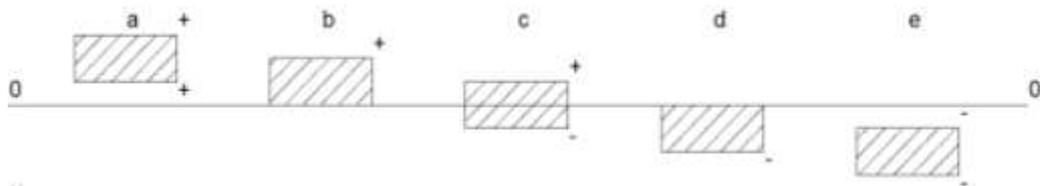


Figura 10 Posiciones diferentes de las tolerancias.

- El campo de tolerancia se ubica encima de la línea cero, la cota real es por tanto mayor que la nominal.
- El campo de tolerancia toca la línea cero por encima, la cota real puede ser mayor que la cota nominal, como en máximo el valor de la tolerancia.
- El campo de la tolerancia se encuentra en los dos lados de la línea cero, la cota real se halla por lo tanto próxima a la cota nominal.
- El campo de tolerancia toca por debajo la línea cero, la cota real puede ser más pequeña que la cota nominal, como máximo el valor de la tolerancia.

- e. El campo de tolerancia se halla por debajo de la línea cero, a cota real es menor que la cota nominal.

Las cinco posiciones anteriores no son suficientes en la práctica, para el efecto se han fijado 28 posiciones que se designan por letras del abecedario (Figura 12), para evitar confusiones se excluyen ciertas letras y se añaden ciertas combinaciones.

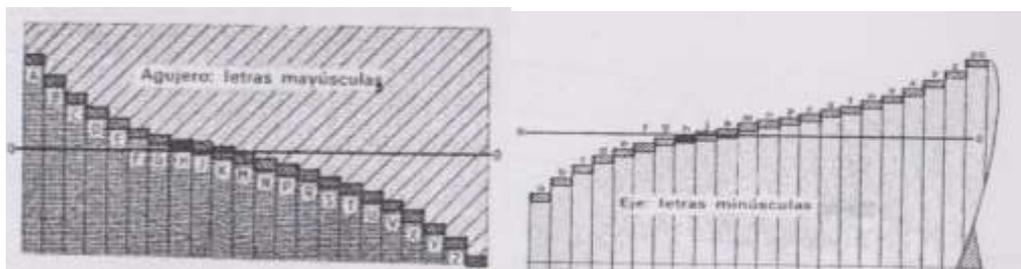


Figura 11 Posiciones de las tolerancias para Agujero y Ejes según ISO.

En la figura 12 se representan los valores de las tolerancias para el campo de cotas nominales de 10 a 18 mm. Se designan mediante cifras de calidad ISO 1 a 18. Según la normalización, la serie va precedida además de las dos cifras de calidad 0,1 y 18 de tal forma que pueden elegirse 20 calidades.

#### 2.4.2 Tolerancias Geométricas.

Se llaman geométricas y se refieren a la forma de líneas y superficies o a la posición que estas han de tener con respecto a otras consideradas como referencias. Y es precisamente en relación con los errores admitidos en la forma y la posición de un elemento de una pieza mecánica que se tienen las tolerancias de forma y posición.

Tabla 5  
Tolerancias Geométricas según ISO 8015.

	CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO
Forma de elementos geométricos individuales	Rectitud	
	Planitud	
	Circularidad	
	Cilindricidad	
	Perfil de una línea cualquiera	
	Perfil de una superficie cualquiera	
Orientación de elementos geométricos relacionados	Paralelismo	
	Perpendicularidad	
	Angularidad	
Posición de elementos geométricos relacionados	Posición	
	Concentricidad y coaxialidad	
	Simetría	
Alineación (run-out)		

Fuente: (INEN, 2010)

### 2.4.3 Tolerancias de montaje.

El Ajuste es la relación entre las medidas de las piezas (eje y agujero) antes de ser acopladas.

*Ajuste Cilíndrico:* las piezas tienen superficies de ajuste cilíndricas y se denominan eje y agujero.

*Ajuste Plano:* las superficies de ajuste de las piezas son planas, los elementos a ser acoplados reciben el nombre de parte exterior y parte interior.

De acuerdo al aspecto funcional se distinguen tres tipos de ajuste:

*Ajuste Holgado o móvil:* La tolerancia del eje y el agujero se selecciona de tal forma que, en cualquier caso, las posibles medidas reales estén dentro de las medidas límite para que existan una holgura entre el eje y el agujero. Las medidas del agujero son mayores a las del eje. El valor de dicho juego depende de las posiciones del campo de tolerancia y de los valores de tolerancia que se elijan.

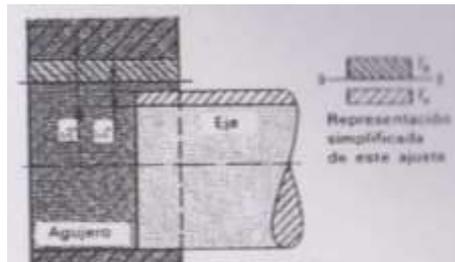


Figura 12 Representación de ensamble por holgura o juego.

*Ajuste Indeterminado o de transición:* los campos de tolerancia han de interferirse de tal forma que se produzca un juego o un apriete.

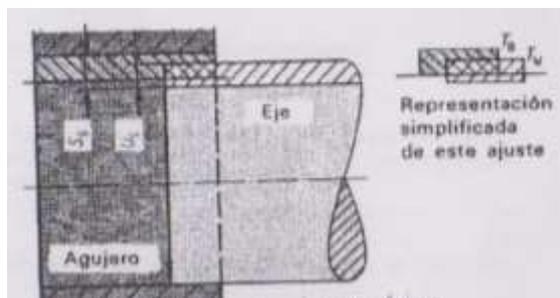


Figura 13 Representación de ensamble por transición.

*Ajuste a presión:* La tolerancia está situada de tal manera que, se produzca un apriete en cualquiera de las ubicaciones que pueden situarse las

medidas reales. Las medidas del eje son mayores que las del agujero. (Appold, 2005)

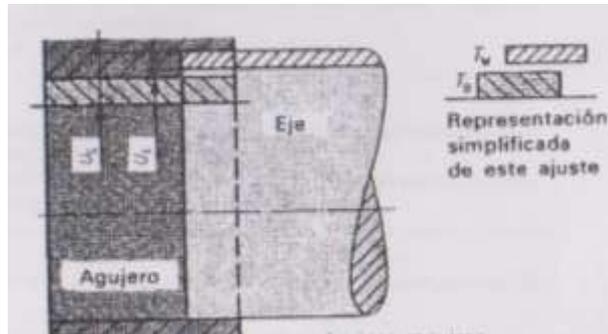


Figura 14 Representación de ensamble por apriete.

## 2.5 Sistemas de ajustes.

Para formar una serie sistemática de acoplamientos se toma como referencia uno de los dos elementos, agujero o eje, con posición de tolerancia fija, seleccionando oportunamente la posición de tolerancia del otro. Se conseguirá el tipo de acoplamiento deseado, móvil, fijo o indeterminado.

### 2.5.1 Sistema agujero único.

Este sistema se toma para los agujeros las tolerancias en la posición H, es decir, que la cota nominal, coincide con la cota inferior del agujero. Los diversos ajustes se obtienen dando a las tolerancias del eje diversas posiciones:

- Los ejes desde e hasta h, dan acoplamientos móviles.
- Los ejes desde j hasta n, dan acoplamientos indeterminados.
- Los ejes desde p hasta zc, dan acoplamientos fijos.

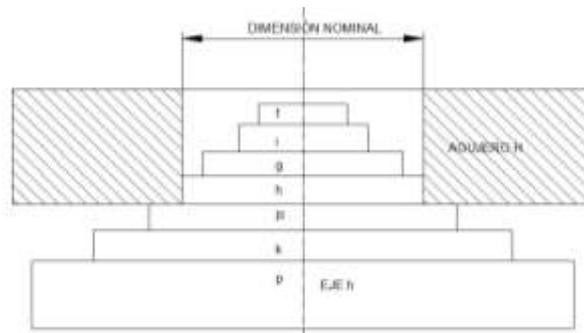


Figura 15 Esquema Sistema Agujero Único.

En este sistema se adopta para las tolerancias de los ejes la posición  $h$ , es decir que el diámetro superior de los ejes es el nominal. Los ajustes se obtienen variando la posición de las tolerancias de los agujeros. Este sistema es menos empleado que el anterior y se utiliza, por ejemplo, para los ajustes de ejes calibrados o cuando hay que ajustar varias piezas sobre el mismo eje. Se aplica también al montaje de las piezas exteriores de los rodamientos a bolas y rodillos.

- Los agujeros desde A hasta H, son acoplamientos móviles.
- Los agujeros desde J hasta N, son acoplamientos indeterminados.
- Los agujeros desde P hasta ZC dan acoplamientos fijos.

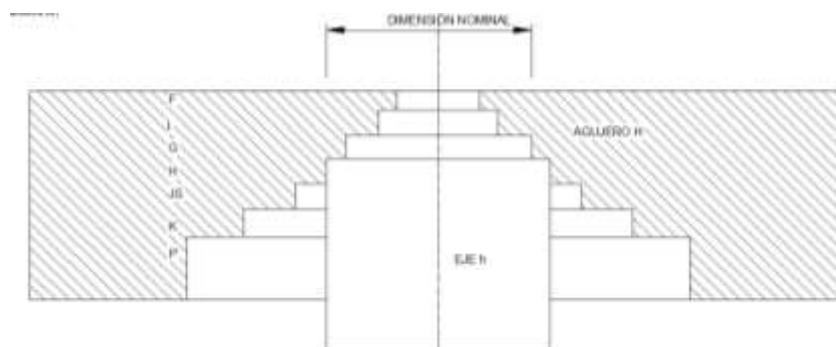


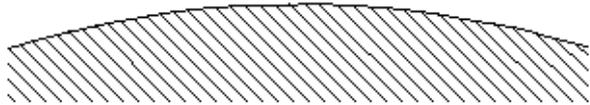
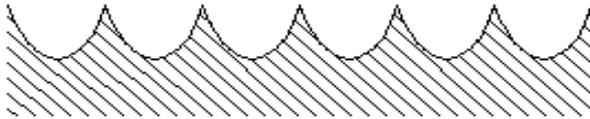
Figura 16 Esquema Sistema Eje Único.

## 2.6 Acabados superficiales.

El tiempo que duran en el curso de la utilización de las piezas ajustadas los juegos o aprietes determinados por los datos de tolerancia dependen en gran parte de la configuración geométrica de la superficie de ajuste. La superficie real de una pieza presenta siempre discrepancias más o menos bastas o finas con la configuración geométrica ideal de la superficie. En el caso de piezas en el que se da especial importancia a la exactitud se dan también tolerancias para las discrepancias de configuración (tolerancias de forma y de posición).

Tabla 6

Tipos de Rugosidades comunes después del maquinado.

Tipo de rugosidad	Forma
Discrepancias falta de planitud	
Ondulación	
Aspereza Acanaladuras	
Aspereza	

## 2.7 Máquinas herramientas.

“Una máquina herramienta es una máquina accionada mecánicamente, capaz de sujetar la pieza de trabajo y la herramienta, y simultáneamente dirigir y guiar la herramienta de corte o la pieza de trabajo, o ambas, con el fin de realizar diversas operaciones de corte de metales para dar diferentes formas y dimensiones.” (Bawa, 2007).

No a todas las máquinas que manufacturan metal se denominan máquinas herramientas por el simple hecho de remover viruta. Los martillos de forja, los troqueles de embutido, extrusoras, máquinas de rolado, etc., no son máquinas herramientas.

Las funciones fundamentales de estas máquinas son:

- Sujetar y sostener la pieza de trabajo para maquinarla.
- Sujetar y sostener la herramienta de corte.
- Proporcionar el movimiento requerido a la pieza de trabajo, a la herramienta, o a ambas.
- Regular la velocidad de corte y de avance de la herramienta y de la pieza de trabajo.
- Sujetar diversos accesorios para llevar a cabo diferentes operaciones.

Por lo general en un taller de mecanizado se dispone de dos tipos de máquinas herramientas:

- a. Desbaste para llegar a formas deseadas.
- b. Acabado de superficies.
- c. Especiales.

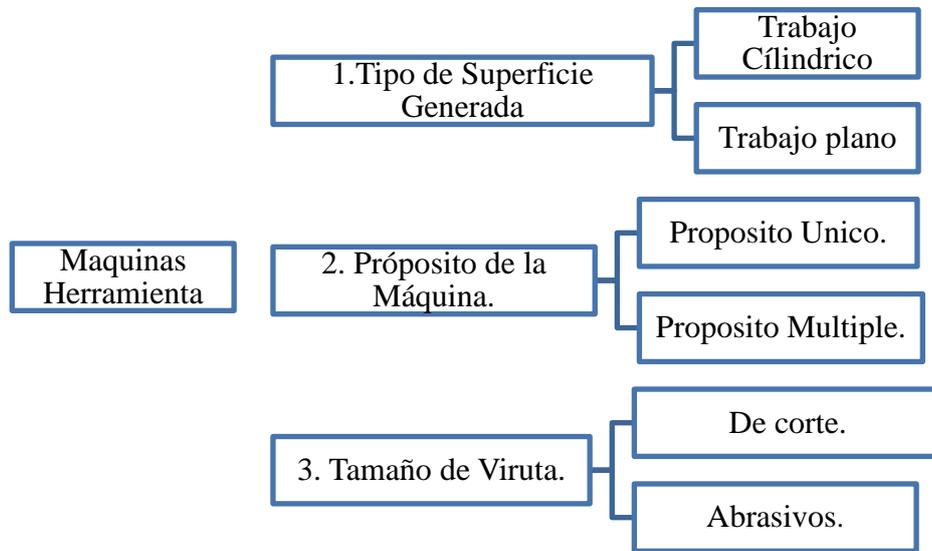


Figura 17 Clasificación de las Máquinas Herramientas.

### 2.7.1 Máquinas CNC.

Son básicamente similares a las máquinas herramientas convencionales, pero con la diferencia que todos sus movimientos son controlados automáticamente, así como sus parámetros de corte.

### 2.7.2 Ventajas e inconvenientes de las máquinas CNC.

#### Ventajas.

- Mecanización de piezas de geometría complejas que en una máquina herramienta convencional no se podrá lograr.
- Fabricación de productos con gran precisión.
- Ahorro de herramientas y utillaje.
- Reducción de tiempo en la verificación.
- Aumento de productividad debido a la reducción de tiempo de mecanizado y reducción de fatiga del operario.
- Flexibilidad de procesos de mecanizado.

### Desventajas.

- Elevada inversión inicial.
- Escaso personal capacitado para la programación y manejo de este tipo de máquinas.

#### a. Clasificación de los sistemas CNC.

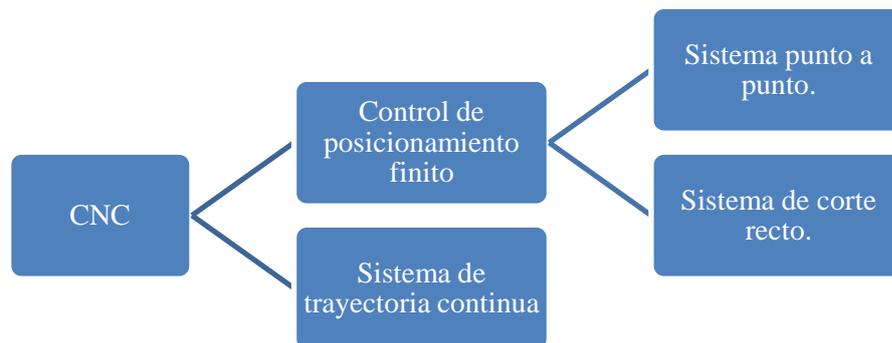


Figura 18 Clasificación de los sistemas CNC

## 2.8 Tratamientos térmicos y tratamientos superficiales.

“Son procesos a que se someten los metales y aleaciones para modificar su estructura, bien sea por cambio de forma y tamaño de granos, o por modificación de sus componentes”. (Espinoza, 1999)

El Objetivo principal de este tipo de tratamientos es, mejorar ciertas propiedades de los componentes mecánicos, de tal forma que se adapten a los requerimientos que se requiere. Entre las principales propiedades a modificar se tiene:

- Resistencia Mecánica.
- Maquinabilidad.
- Resistencia a la fricción y desgaste.
- Resistencia a la Oxidación y Corrosión.

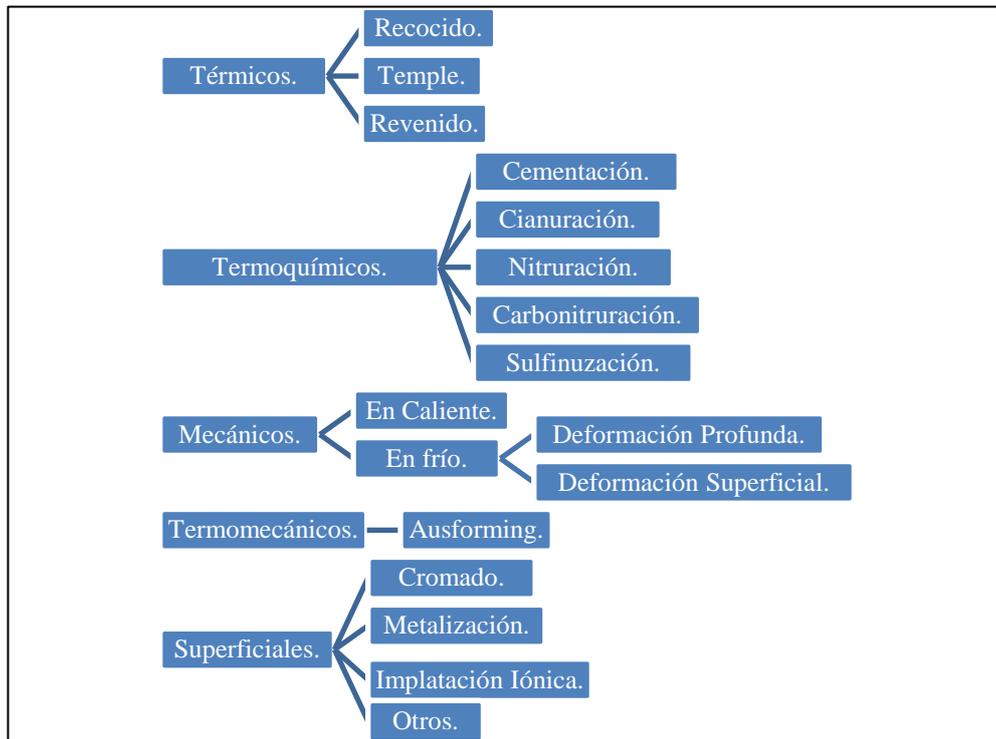


Figura 19 Clasificación de los Tratamientos Térmicos y Superficiales.

## 2.9 Acero

El acero es uno de los materiales más usados en este tipo de aplicaciones, entre sus propiedades están, la alta resistencia y la ductilidad, con respecto al presente proyecto se necesitará que tenga las siguientes características:

- Resistencia al desgaste
- Estabilidad dimensional
- Resistencia a la corrosión.

Entre los aceros disponibles en el mercado local y que se acercan a estas características (Ver anexo 3).

## 2.10 Investigación metrológica aplicada.

### 2.10.1 Cabezas micrométricas.

Se tomará como referencia, a uno de los principales fabricantes de instrumentos de medición MITUTOYO, para la selección adecuada de cabeza micrométrica. La tabla 7 proporciona un perfil de las cabezas micrométricas, para que se pueda localizar adecuadamente y seleccionar la cabeza micrométrica más apropiada para la aplicación específica se consideran los siguientes puntos:

- Dimensiones.
- Graduación/resolución y exactitud.
- Con o sin seguro de husillo.
- Con o sin tuerca de sujeción.
- Lectura normal o inversa.
- Con o sin trinquete.

Tabla 7

Selección según el alcance de medición.

Intervalo	Serie	Observaciones
0 - 1mm	110	Tipo tornillo diferencial (avance extra fino)
0 - 2.5mm	110	Tipo tornillo diferencial (avance extra fino)
0 - 5mm	148	Tipo ultra pequeño
0 - 6.5mm	148	Avance fino del husillo de 0.1mm/rev.
	148	Avance fino del husillo de 0.25mm/rev.
	148	Tipo pequeño
	148	Tambor de diámetro grande para fácil lectura
0 - 10mm	152	Tipo avance fino
0 - 13mm	148	Tipo común en tamaño pequeño
	148	Avance del husillo de 0.25mm/rev.
	148	Tipo Tambor ajustable a cero
	148	Tambor de diámetro grande para fácil lectura
0 - 15mm	110	Tipo tornillo diferencial (avance extra fino)
	149	Tipo husillo con punta de carburo
	153	Tipo husillo sin giro
	152	Avance rápido del husillo de 1mm/rev.
	227	Con dispositivo de carga fina constante y ajustable
0 - 25mm	164	Tipo digital
	350	Tipo digital compacto
	150	Tipo común en tamaño mediano
	153	Tipo husillo sin giro
	153	Tipo graduación fina
	151	Tipo trabajo duro (husillo de ø8mm)
	152	Avance rápido del husillo de 1mm/rev.
	152	Tipo avance fino
	152	Para platina XY
	164	Tipo alta resolución y alta exactitud
250	Tipo contador digital	
0 - 50mm	164	Tipo digital
	151	Tipo trabajo duro (husillo de ø8mm)
	152	Avance rápido del husillo de 1mm/rev.
	152	Tipo avance fino
	197	Husillo sin rotación y tambor grande

Fuente: (MITUTOYO, 2015)

### **2.10.2 Sistemas de desplazamiento lineal.**

Los aparatos de medición que utilizan sistemas de desplazamiento lineal, buscan tener de forma importante la precisión y la rigidez en sus componentes. Para encontrar la guía lineal adecuada para cada tarea es importante, además de que existe una amplia gama de productos y un asesoramiento detallado.

Las guías lineales son apoyos fijos, listos para el montaje, para carreras generalmente ilimitadas. Los sistemas de guiado con jaulas planas y sets de guías lineales se utilizan, con pocas excepciones, para carreras limitadas, debido a la cinemática de la jaula. Estas guías absorben fuerzas desde todas las direcciones, excepto en la dirección del movimiento, y momentos alrededor de todos los ejes. Los sistemas de guiado por eje con casquillos lineales a bolas son adecuados para cargas en dos sentidos y compensan los errores de alineación estáticos del eje. Para la elevada rigidez y precisión necesarias muchas veces durante el funcionamiento, la mayoría de las unidades se precarga de fábrica o se puede precargar durante el montaje. Debido a diferentes clases de precisión y de precarga, se pueden realizar sin problema aplicaciones con elevados requisitos de guiado y posicionado.

### **2.10.3 Tipos de guías de desplazamiento lineal.**

Cuando se ejecuta los movimientos relativos de la mesa se utilizará dos tipos de guías:

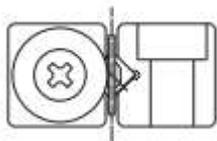
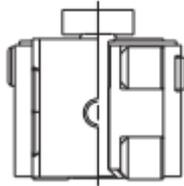
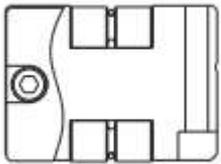
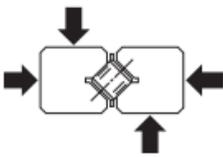
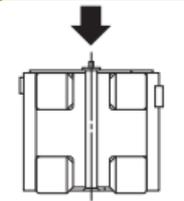
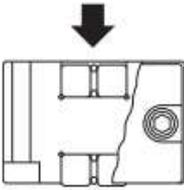
- a) Guías de fricción rodante.
- b) Guías de fricción deslizante.

Dependiendo del tipo de aplicación, en el mercado se puede encontrar diferentes tipos de guías. La selección adecuada de guías, depende de algunos factores tales como:

- a) Magnitud y disponibilidad de espacio.
- b) Características y ajustes de desgaste.
- c) Posición de transmisión de movimiento.
- d) Facilidad de ensamble.
- e) Eficacia de lubricación.

En la siguiente tabla se muestra los tipos de guías más comunes:

Tabla 8  
Guías lineales elemento rodante y carga.

Producto	Guías de Rodillos Cruzados	Paquete de Rodillos	Rodamientos Lineales
Apariencia			
Esquema			
Elemento Rodante	Rodillo	Rodillo	Rodillo
Distribución de Carga			

Rigidez	Media	Alta	Alta
Fricción	Normal	Normal	Normal
Facilidad de Montaje	Buena	Buena	Buena
Aplicaciones Generales	-Etapas de precisión -El equipo de medición -El equipo de pruebas -Montaje de circuitos impresos máquinas	-Las grandes máquinas herramientas -Sistema de transporte de objetos pesados (formas de guía para cargas pesadas)	-Las grandes máquinas-herramienta -Sistema de transporte de objetos pesados (formas de guía para cargas pesadas)

Fuente: (Machine, 2015)

#### 2.10.4 Mesas de medición con movimiento XY.

Los instrumentos de medición utilizan los movimientos de lineales o rotatorios, dependiendo el caso, de sus ejes de funcionamiento; con desplazamiento constante si se acoplan motores o desplazadores lineales con ayuda de micrómetros, también su avance dependerá del valor de precisión que se va a dar a la máquina para mejorar así su rendimiento al usarla durante aplicaciones para los que están diseñadas dando mediciones de excelente calidad.

#### 2.10.5 Tipos de mesas de medición.

Estos tipos de mesas que pondremos de ejemplos son aplicaciones específicas en las que se utilizan, además se indican dimensiones de las mesas que servirán de una guía apropiada para este proyecto.

##### a. Máquinas CNC.

Existe en el mercado una gran demanda máquinas CNC que no ameritan la compra de maquinaria grande y una inversión grande, sin embargo, tienen que ser precisas y compactas, por lo general se tiene tres ejes de trabajo donde la mesa XY es aplicada con éxito.



Figura 20 Mesa de desplazamiento XY para máquinas CNC.

*b. Instrumentos de medición.*

Para este tipo de aplicación destacan la utilización de las mesas de desplazamiento en microscopios de medición y en proyectores de perfiles los mismos que mejoran su efectividad, estas mesas pueden o no estar acopladas a motores de corriente continua para darles cierto grado de automatización si se diera el caso.

Como vemos en la figura 22 y 23, se muestra la ubicación de las mesas de desplazamiento en microscopios de medición y proyector de perfiles, las dimensiones de una mesa que se puede usar para mediciones respectivamente.

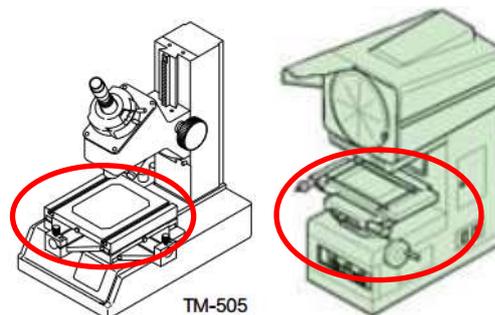


Figura 21 Mesas para Microscopio de taller y proyector de perfiles

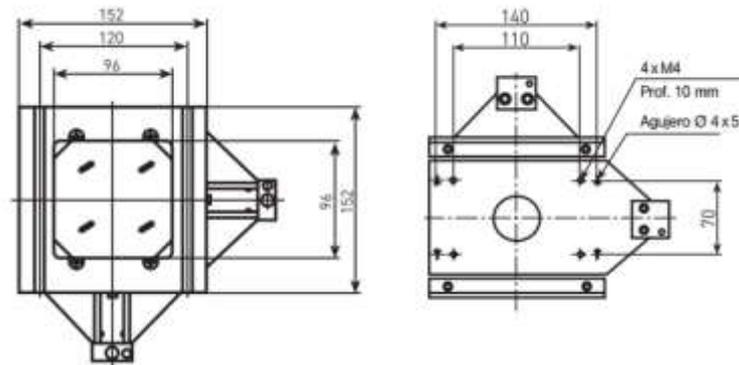


Figura 22 Dimensiones para mesa de desplazamiento.

### c. Impresoras 3d.

El avance de la tecnología hace que se desarrollen muchas aplicaciones prácticas e innovadoras como las impresoras 3D que pueden tener varias formas de impresión debido a su variedad, esto se refiere a tener o no una mesa con movimiento en dos ejes y a su vez tener ejes adicionales capaces de mejorar la capacidad en formas y tamaños del resultado final.

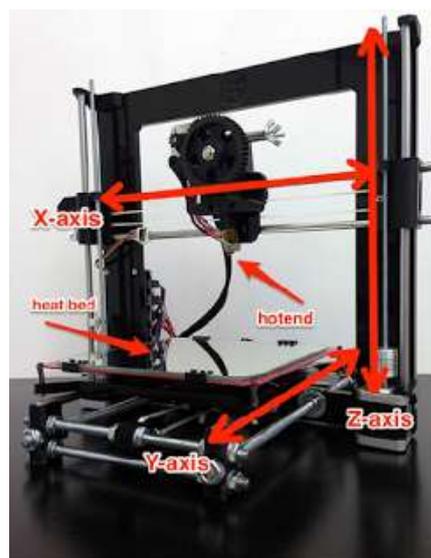


Figura 23 Mesa de desplazamiento para impresión 3D.

## CAPÍTULO 3 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES

### 4.1 Definición de parámetros mecánicos de la mesa.

Al iniciar el diseño de un elemento o conjunto de elementos mecánicos para maquinaria de laboratorio, se iniciará definiendo todos los requerimientos y parámetros básicos, que se citan a continuación:

- **Rigidez.** - Es uno de los elementos que determinan la capacidad de fabricación, así como la fiabilidad del elemento y su resistencia mecánica. La ausencia de la rigidez distorsiona la interacción de los elementos conectados entre sí, por ende, genera mayor rozamiento y desgaste en la parte móvil.
- **Precisión.** - al tratarse de un accesorio que formara parte de un equipo de medición, este debe tener una precisión alta, en especial en su desplazamiento, cuyas tolerancias deben ser muy estrechas, evitando al mínimo la interferencia en las juntas de deslizamiento.
- **Costo.** - La mesa debe tener un costo accesible, este costo debe cubrir al menos los gastos de materiales, mano de obra, equipos y las horas empleadas en el estudio de Ingeniería.

- **Mantenimiento.** - Su mantenimiento debe ser el mínimo, solo requerirá de limpieza y lubricación de partes móviles, además en lo posible no debe tener piezas que en futuro se deban cambiar.
- **Operatividad.** - La mesa debe ser de fácil uso, evitando errores en las mediciones por el operador.
- **Ergonomía.** - el accesorio debe adaptarse correctamente al proyector de perfiles, así como para el propósito que sea diseñada, que no presente dificultades para ser utilizada y mucho menos presente esfuerzos al operador, que su versatilidad responda satisfactoriamente al proceso esperado.
- **Tamaño.** - debe tener medidas adecuadas para que ocupe el espacio disponible en la base del proyector, además que su peso no sea excesivo para que pueda ser trasladado con facilidad.

#### 4.1.1 Parámetros iniciales de la mesa.

Además de cumplir con todos los parámetros mecánicos básicos la mesa de medición está diseñada a partir de los siguientes datos.

Tabla 9

Parámetros iniciales de diseño de la mesa.

Número de Ejes	2
Precisión	0,01 mm.
Peso	6 Kg.
Dimensiones	B = 150 mm
	L= 150mm
	A = 50mm
	X= 19 mm

Desplazamiento Máximo	Y= 19 mm
Cabezas Micrométricas	Manual o Digital
Velocidad de Avance	Depende del paso del Micrómetro

#### 4.1.2 Selección del tipo de mesa.

Para tener una idea clara sobre el producto final de este proyecto se indican solo dos tipos de mesas para la aplicación en desarrollo. El primer tipo mesa está compuesta de una estructura que se desliza mediante una junta en cola de milano a 60° y la segunda funciona con guías deslizantes de las que existen varios modelos, en ambos casos se debe acoplar a cada uno de los ejes deslizantes una cabeza micrométrica ya sea manual o digital.

Alternativa 1

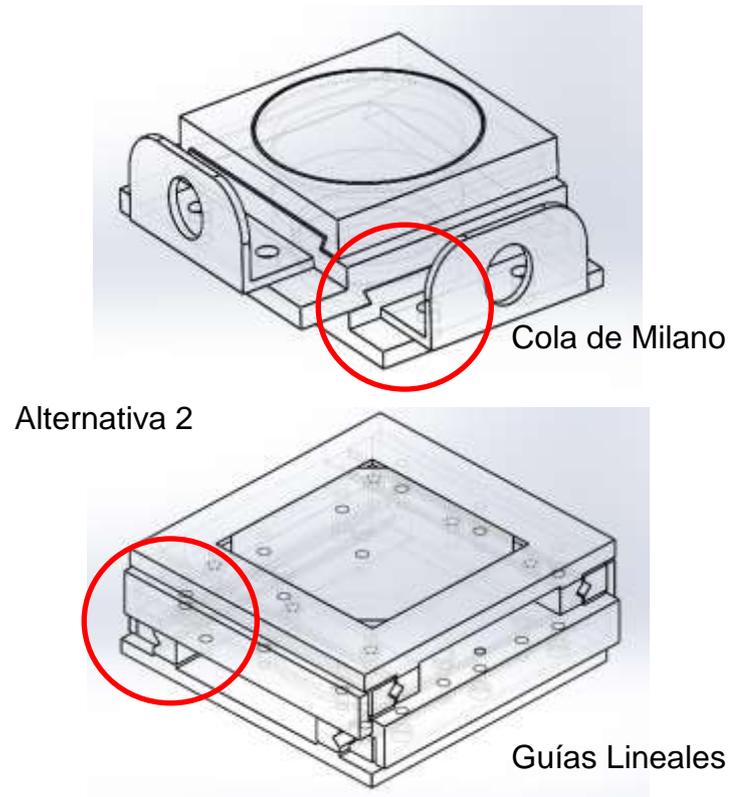


Figura 24 Tipos de mesas para el proyecto.

Una vez que se tiene las dos alternativas para el diseño de la mesa se debe hacer una comparación mediante una matriz de decisión que permite analizar los parámetros principales de diseño, además será la mejor forma para seleccionar la mesa a utilizarse.

Tabla 10

Matriz de decisión para selección del tipo de mesa a utilizarse.

Parámetros de Evaluación	WF	Alternativa 1		Alternativa2	
		RF1	P1	RF2	P2
<b>1 Precisión</b>	0,19	9	1,71	9	1,71
<b>2 Confiabilidad</b>	0,19	8	1,52	9	1,71

<b>3 Uso de Partes Estándares</b>	0,16	7	1,12	5	0,8
<b>4 Facilidad de Operación</b>	0,14	6	0,84	8	1,12
<b>5 Mantenibilidad</b>	0,12	6	0,72	8	0,96
<b>6 Apariencia</b>	0,1	7	0,7	5	0,5
<b>7 Costo</b>	0,1	5	0,5	8	0,8
<b>SUMA</b>	<b>1</b>		<b>7,11</b>		<b>7,60</b>

Las guías lineales ayudarán mucho al movimiento de cada eje durante avance con el giro de las cabezas micrométricas que se van a acoplar, entonces es la mejor opción durante el diseño de la mesa como nos indica también la matriz de decisión realizada.

#### **4.1.3 Funciones del accesorio.**

Un correcto diseño debe cumplir requisitos funcionales, es decir, la mesa de desplazamiento x-y para el proyector de perfiles satisfaga los siguientes requerimientos:

- Desplazamiento paralelo a los ejes x-y del elemento a ser medidos en el proyector deben ser de 19 mm.
- Desplazamiento con una apreciación de 0.01 mm.
- Facilidad de proyección de la luz durante el movimiento de la mesa
- Durante el proceso de medición, la mesa no debe presentar interferencias.

#### **4.1.4 Peso de la mesa.**

Para determinar el peso del conjunto, se determinará el peso parcial de sus componentes, considerando previamente la densidad del acero XX de  $\delta = 7800 \text{ kg/m}^3$  como material principal.

Partiendo de la ecuación de la densidad de materiales se tiene que:

$$\delta = \frac{m}{V}$$

Ecuación 2 Densidad de un material

Dónde:  $\delta$  = densidad del material [ $\text{kg/m}^3$ ]

$m$  = masa del material [kg]

$V$  = volumen total (calculo mediante parámetros iniciales) [ $\text{m}^3$ ]

$$V = B \times L \times A$$

Ecuación 3 Volumen

$$V = (0,15 \times 0,15 \times 0,05) \text{m}^3$$

$$V = 1,125 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Una vez obtenido el volumen y con el valor de la densidad del material reemplazamos en la ecuación 4.1 y se encuentra el valor de masa que va a tener que utilizarse en la elaboración de la mesa.

$$m = 7800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 1,125 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$m = 8,77 \text{ Kg}$$

Este valor se reduce debido a los maquinados en las piezas, entonces más adelante una vez finalizadas las piezas simuladas en software y las

reales, debemos comparar los valores mediante una tabla adicionando los datos de los demás componentes.

#### **4.2 Selección de las guías lineales para los ejes.**

La selección guías parte de la búsqueda de un proveedor que diseñe y elabore guías lineales de precisión como es THK (Toho Seiko Co.) pioneros en el desarrollo de estos dispositivos, es de origen japonés, posee una amplia gama de servicios en donde se encontró la guía adecuada para este proyecto.

Los parámetros que fueron de importancia son: el desplazamiento total la holgura que se debe tener entre las placas a deslizarse y las dimensiones iniciales de mesa.

Analizando estos parámetros se seleccionó del catálogo principal la guía Modelo VR6 – 150x10Z de rodillos cruzados (Ver Anexo5), donde: VR es el código para guías con rodillo con su respectiva serie, 150 es el largo total en milímetros de la guía y 10Z representa el número de rodillos que posee, en las siguientes figuras se describen sus partes y características principales como carga total, cantidad de rodillos, etc.

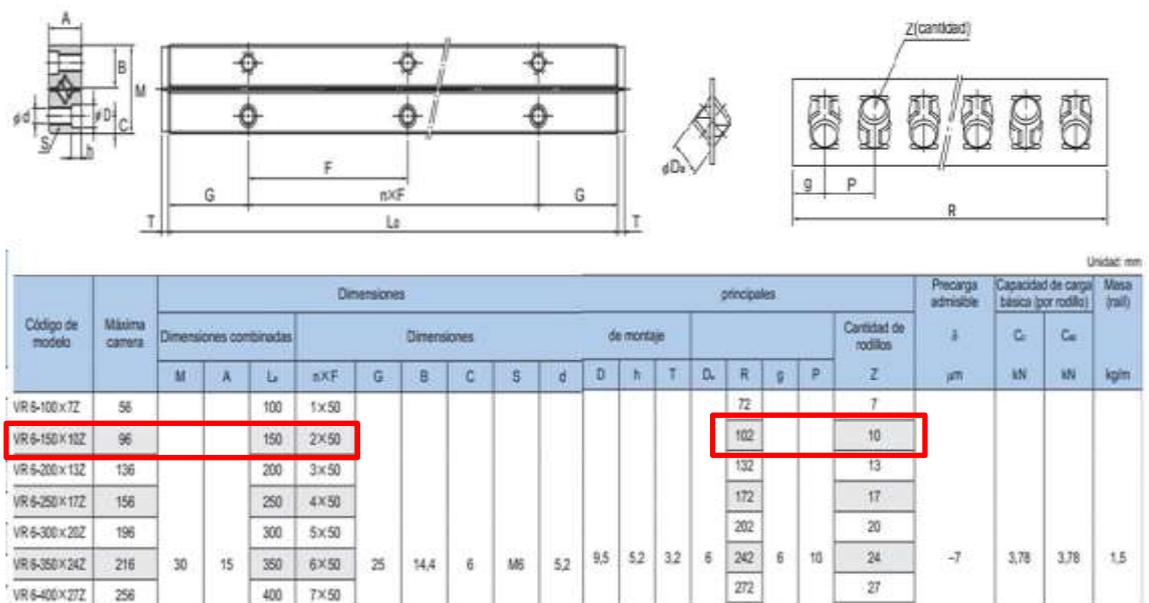


Figura 25 Descripción de las dimensiones de las guías seleccionadas.

#### 4.2.1 Carga máxima admisible y vida nominal.

Los siguientes cálculos permiten tener una visión más amplia de la capacidad de carga, factor de seguridad, vida nominal, etc. de las guías lineales seleccionada. Los datos Principales Guía de Rodillas VR6-150 x 10Z de la tabla presentada en la figura 26.

$P = 10 \text{ mm}$  Paso de Rodillo

$\delta = -7 \text{ μm}$  Precarga Admisible

$C_z = 3,78 \text{ (KN)}$  Capacidad de carga dinámica básica por elemento basculante.

$C_{0z} = 3,78 \text{ (KN)}$  Capacidad de carga estática básica por elemento basculante.

$Z = 10$  Número de Rodillos

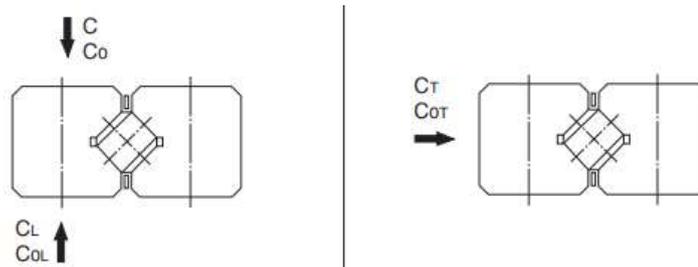


Figura 26 Ubicación de las cargas en las guías lineales.

### a. Cálculo de capacidad de carga dinámica básica $c$ (KN)

La ecuación es la recomendada por el fabricante de THK para el cálculo de la capacidad de carga dinámica básica, reemplazamos los datos de la guía seleccionada y desarrollamos la ecuación.

$$C = C_L = \left\{ \left( \frac{Z}{2} - 1 \right) \times 2P \right\}^{\frac{1}{36}} \times \left( \frac{Z}{2} \right)^{\frac{3}{4}} \times C_Z$$

Ecuación 4 Capacidad de carga dinámica básica

Dónde:  $C$  Capacidad de carga dinámica básica [KN].

$$C = C_L = \left\{ \left( \frac{10}{2} - 1 \right) \times 2(10) \right\}^{\frac{1}{36}} \times \left( \frac{10}{2} \right)^{\frac{3}{4}} \times 3,78$$

$$C = C_L = \left\{ (4 \times 20)^{\frac{1}{36}} \times (5)^{\frac{3}{4}} \right\} \times 3,78$$

$$C = C_L = 262,5 \text{ KN}$$

$$C_T = 2^{\frac{7}{9}} \times \left\{ \left( \frac{Z}{2} - 1 \right) \times 2P \right\}^{\frac{1}{36}} \times \left( \frac{Z}{2} \right)^{\frac{3}{4}} \times C_Z$$

Ecuación 5 Capacidad de carga dinámica horizontal

Dónde:  $C_T$ : Capacidad de carga dinámica horizontal.

$$C_T = 2^{\frac{7}{9}} \times \left\{ \left( \frac{10}{2} - 1 \right) \times 2(10) \right\}^{\frac{1}{36}} \times \left( \frac{10}{2} \right)^{\frac{3}{4}} \times 3,78$$

$$C_T = 2^{\frac{7}{9}} \times \left\{ (4 \times 20) \right\}^{\frac{1}{36}} \times (5)^{\frac{3}{4}} \times 3,78$$

$$C_T = 24,47 \text{ KN}$$

### b. Cálculo de la capacidad de carga estática básica.

$$C_o = C_{oL} = \frac{Z}{2} \times C_{oZ}$$

Ecuación 6 Capacidad de carga estática vertical

Dónde:  $C_{oL}$ : Capacidad de carga estática vertical

$$C_o = C_{oL} = \frac{10}{2} \times 3,78$$

$$C_o = C_{oL} = 18,9 \text{ KN}$$

$$C_{oT} = 2 \times \frac{Z}{2} \times C_{oZ}$$

Dónde:  $C_{oT}$  Capacidad de carga estática horizontal.

$$C_{oT} = 2 \times \frac{10}{2} \times 3,78$$

$$C_{oT} = 37,8 \text{ KN}$$

### 4.2.2 Factor de seguridad estático.

La mesa en diseño puede recibir una fuerza externa inesperada, al estar inmóvil o en funcionamiento, debido a la generación de una inercia provocada por vibraciones e impactos, o una puesta en marcha y una parada.

Es necesario considerar un factor de seguridad estático que brinde protección contra estas cargas de trabajo.

El factor de seguridad permite tener un cálculo aproximado de la carga total que puede soportar los sistemas lineales sin sufrir daños, la ecuación 4.5 describe la relación entre Capacidad de carga estática básica y la carga total calculada.

Para seleccionar el valor del factor de seguridad se debe analizar la tabla siguiente:

Tabla 11

Valores de referencia de factor de seguridad estático.

Máquina que utiliza sistema de guías lineales	Capacidad de carga dinámica básica	Límite más bajo de $F_s$
Maquinaria industrial general	Sin vibración ni impacto	1 a 1,3
	Con vibración o impacto	2 a 3

Fuente: (Cátalogo, 2014)

#### a. Cálculo de la carga total de la guía lineal seleccionada.

$$F_s = \frac{C_o}{P_c}$$

Ecuación 7 Factor de Seguridad estático

Dónde:  $F_s = 1,3$  Factor de Seguridad según tabla 11.

(Debido a que la mesa no tiene ni vibración ni impacto)

$C_o$  Capacidad de carga estática básica [KN].

$P_c$  Carga total calculada [KN].

Despejando  $P_c$  se calcula.

$$P_c = \frac{C_0}{F_S} = \frac{18,9}{1,3}$$

$$P_c = 14,54 \text{ KN}$$

### b. Cálculo de vida nominal de la guía lineal seleccionada.

Una vez que se calcula las capacidades de cargas dinámicas básicas se puede continuar con el cálculo de la vida nominal del modelo seleccionado.

$$L = \left( \frac{F_T}{F_W} \times \frac{C}{P_C} \right)^{\frac{10}{3}} \times 100$$

Ecuación 8 Vida nominal en Kilómetros

Dónde:

L Vida nominal [Km]

$F_T = 1$  Factor de temperatura (temperatura de trabajo < 100°C; ver Anexo 5 página A7-6 figura 1).

$F_W = 1,2$  Factor de carga (Velocidad Baja  $\leq 0,25$  m/s y Vibraciones/impacto leve; ver Anexo 5 página A7-6 figura 1).

$P_C$  Carga total calculada [KN].

C Capacidad de carga dinámica básica [KN].

$$L = \left( \frac{1}{1,2} \times \frac{262,5}{14,54} \right)^{\frac{10}{3}} \times 100$$

$$L = (15,04)^{\frac{10}{3}} \times 100$$

$$L = 840\,644,13 \text{ Km}$$

La vida nominal se puede definir como la cantidad total de revoluciones que el 90% de un grupo de unidades idénticas que funcionan

independientemente y bajo las mismas condiciones puede lograr sin sufrir descascararse.

La vida nominal se puede definir como la cantidad total de revoluciones que el 90% de un grupo de unidades idénticas que funcionan independientemente y bajo las mismas condiciones puede lograr sin sufrir desgaste.

$$L_h = \frac{Lx10^6}{2xl_sxn_1x60}$$

Ecuación 9 Vida nominal en horas

Dónde:

Lh Vida nominal [horas]

L Vida nominal [km]

ls Longitud de carrera (mm)

n1 Cantidad de vaivenes por minuto ( $\text{min}^{-1}$ )

$$L_h = \frac{8444,13x10^6}{2x48x16x60}$$

$$L_h = 9162.24 \text{ horas}$$

### 4.3 Parámetros de selección de las cabezas micrométricas.

Los factores claves al seleccionar un cabezal micrométrico son: el rango de medición, la cara del husillo, el vástago, las graduaciones, el diámetro del tambor, etc.

#### a. Vástago.

El vástago utilizado para montar un cabezal de micrométrico se clasifica como tipo liso o tipo de tuerca de fijación tal como se ilustra en la figura. El diámetro del vástago se fabrica de acuerdo con un tamaño inglés o métrico nominal con una tolerancia h6.



Figura 27 Vástagos de cabezas micrométricas.

#### b. Cara de medición.

Una cara de medición lisa se especifica menudo donde se utiliza un cabezal de micrómetro en aplicaciones de medición.



Figura 28 Tipos de refrenado en vástagos de cabezas micrométricas.

Cuando se utiliza un cabezal de micrómetro como dispositivo de avance, una cara esférica puede minimizar los errores debidos a un defecto de alineación (Figura A). Alternativamente, una cara lisa en el husillo puede soportar contra una esfera, tal como una esfera de carburo (Figura B).

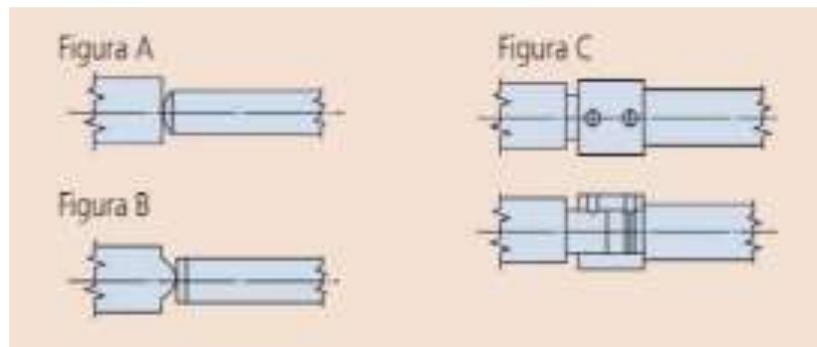


Figura 29 Mecanismos anti giratorios en el husillo.

### c. Husillo anti giratorio.

Un cabezal del tipo de husillo anti giratorio no ejerce una acción de torsión en una pieza de trabajo, lo que puede ser un factor importante en algunas aplicaciones.

### d. Paso de rosca del husillo.

El cabezal tipo estándar tiene un paso de 0,5 mm. El paso 1 mm es más rápido para fijar, que el tipo estándar y evita la posibilidad de un error de lectura de 0,5 mm. Tiene características excelentes de soporte de carga debido a una rosca de tornillo más grande, permitiendo avances o posicionamientos finos.

### e. Rango de medición (carrera).

Cuando se escoja un rango de medición para un cabezal de micrómetro, permita un margen considerable con la carrera de medición esperada. Hay seis rangos de carrera disponibles de 5 a 50 mm., para los cabezales de micrómetros estándar.

Incluso si una carrera esperada es pequeña, tal como 2 mm a 3 mm., será más rentable escoger un modelo de carrera de 25 mm mientras haya espacio suficiente para la instalación. Si se requiere una carrera larga por

encima de 50 mm, el uso simultáneo de un bloque patrón de medición puede ampliar el rango de medición efectivo. (Figura 30).

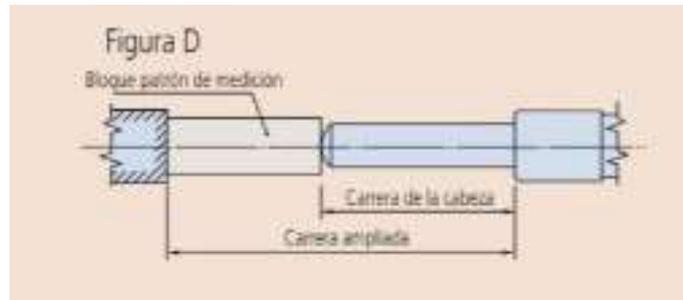


Figura 30 Desplazamiento (carrera) del cabezal micrométrico.

En esta guía, el rango (o final de carrera) del tambor se indica por medio de una línea de rayas. Para los finales de carrera, considerar el tambor como que se mueve a la posición indicada por la línea cuando diseñen la plantilla.

#### f. Diámetro del tambor.

El diámetro de un tambor afecta considerablemente a su utilización y al posicionamiento. Un tambor de diámetro pequeño permite un posicionamiento rápido mientras que un tambor de diámetro grande permite un posicionamiento fino y una lectura fácil de las graduaciones. Algunos modelos combinan las ventajas de ambas características, montando un tambor (reductor de velocidad) de avance rápido en el tambor de diámetro grande.



Figura 31 Vista de dos tipos de Tambor

### g. Estilos de graduación.

Se necesita tener cuidado cuando se tome la lectura de un cabezal de micrómetro mecánico, especialmente si el usuario no está familiarizado con el modelo.

El estilo de "graduación normal", idéntico al de un micrómetro para exteriores, es el estándar. Para este estilo, la lectura aumenta según el husillo se repliega dentro del cuerpo. Por el contrario, en el estilo "graduación inversa" la lectura aumenta según avanza el husillo fuera del cuerpo.

Mientras que el estilo "graduación bidireccional" está diseñado para facilitar la medición en cualquier dirección utilizando números en negro para la operación normal y números en rojo para la operación inversa.

Los cabezales de micrómetro con una pantalla digital electrónica o mecánica, que permitan la lectura directa de un valor de medición, también están disponibles. Estos tipos están libres de errores de lectura.

Una ventaja adicional es que el tipo de pantalla digital electrónica puede permitir el almacenamiento y procesamiento estadístico basado en ordenador de los datos de medición.



Figura 32 Vista de tipos de estilos de graduaciones.

### 4.4 Selección de cabezas micrométricas.

El desplazamiento determinado por las cabezas micrométricas hace que este proyecto sea de gran utilidad para mejorar el posicionamiento de piezas que se estudian en el laboratorio mediante el proyector antes mencionado. Una vez analizados los parámetros de selección de la sección

anterior se tiene dos alternativas válidas para que la mesa de desplazamiento funciones correctamente y se describen a continuación

#### 4.4.1 Cabeza micrométrica convencional.

Este tipo de cabezas se encuentran a disposición en el mercado en una gran cantidad de ofertas, haciendo la referencia a la marca Matutilla ubicada en Japón, que es una proveedora de cabezas micrométricas específicamente para máquinas de medición de laboratorios de metrología. Se seleccionó la cabeza micrométrica de la SERIE 152 específicamente la 152 - 402 usada en platinas de desplazamiento XY de Comparadores ópticos y Microscopios de taller que se adapta a la aplicación en desarrollo, las características técnicas se muestran en la tabla 12.

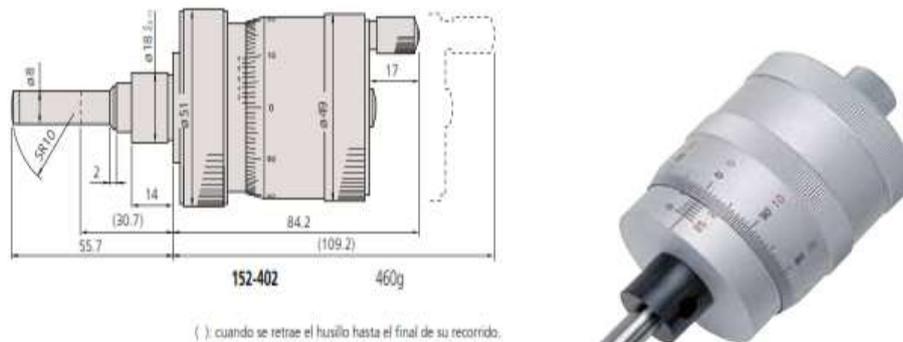


Figura 33 Cabeza Micrométrica convencional.

Tabla 12

Características técnicas de la cabeza Micrométrica 152-402.

<b>Precisión</b>	$\pm 2 \mu\text{m}$
<b>Vástago.</b>	Liso
<b>Diámetro Del Vástago</b>	18 mm.
<b>Cara De Medición.</b>	Esférica con punta metal duro
<b>Paso Del Husillo.</b>	1 mm
<b>Rango De Medición (Carrera).</b>	0-25 mm.

Continúa  
→

<b>Díámetro Del Tambor.</b>	49 mm.
<b>Estilos De Graduación.</b>	Lectura bidireccional
<b>Peso</b>	0,46 Kg.

#### 4.4.2 Cabeza micrométrica digital.

La opción de un micrómetro digital también permite un funcionamiento óptimo, aunque mejorando la precisión de ubicación durante el movimiento de la mesa, se tomó en cuenta esta opción como adicional debido a la accesibilidad económica del este cabeza micrométrica. El proveedor consultado es el mismo que de los micrómetros de la sección anterior, la serie es la 164 – 163 con aplicaciones similares a los micrómetros antes mencionados.

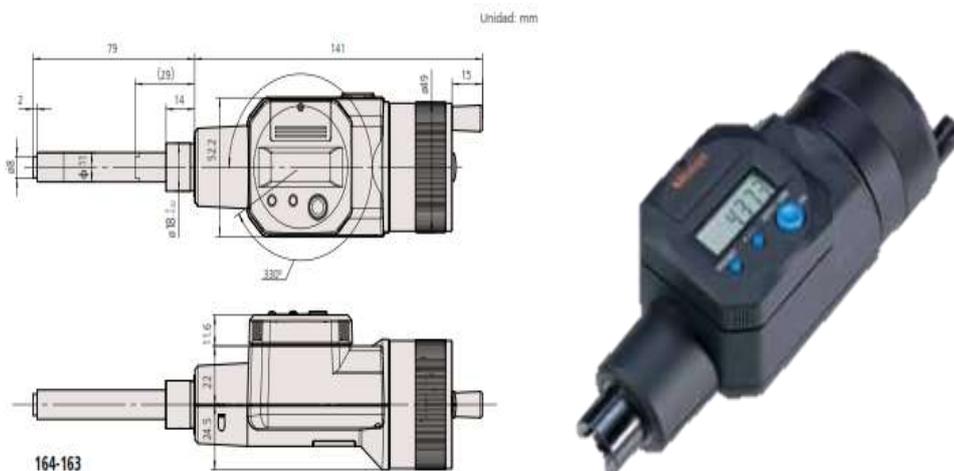


Figura 34 Cabeza Micrométrica Digital.

Tabla 13

Características técnicas de la cabeza Micrométrica 164-163.

Precisión	$\pm 3 \mu\text{m}$
Pantalla	LCD de alta resolución
Resolución	0,001 mm.
Vástago.	Plano
Diámetro Del Vástago	18 mm.
Cara De Medición.	Plano (punta de carburo)
Paso Del Husillo.	0,5 mm
Rango De Medición (Carrera).	0 - 50 mm.
Diámetro Del Tambor.	49 mm.
Peso	0,49 Kg.

Existen diferencias técnicas entre estas dos opciones antes dichas que hacen a las cabezas micrométricas digitales mejores que las convencionales. Para la selección de la cabeza micrométrica se desarrolló una matriz de decisión como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14

Matriz de decisión para selección de la cabeza micrométrica.

	Costo	Facilidad de Lectura		Concurrencia de error de lectura		Mantenimiento		Fuente de Alimentación		SUMA	
Factor de Ponderación	0,40	0,15		0,05		0,10		0,25		1	
Alternativa 1 convencional	9	3,6	8	1,2	8	0,4	7	0,7	8	2	7,9
Alternativa 2 Digital	6	2,4	6	0,9	6	0,3	5	0,5	5	1,25	5,35

La alternativa 1 de la cabeza micrométrica convencional es la seleccionada debido al valor total de la ponderación de matriz de decisión. Además más adelante analizaremos la parte financiera de la adquisición de las cabezas micrométricas que influyó en la decisión final de selección.

#### 4.4.3 Métodos de sujeción de la cabeza micrométrica.

Un cabezal de micrómetro se debería montar en un orificio mecanizado con precisión utilizando un método de amarre que no ejerza una fuerza excesiva en el vástago. Hay tres métodos de montaje comunes tal como se muestra en la figura 36. El método tres no se recomienda, pero puede haber excepciones debido a la aplicación.

Método de montaje	(1) Tuerca de amarre				(2) Amarre de cuerpo partido				(3) Amarre con tornillo de fijación			
Puntos a tener en cuenta												
Díametro del vástago	ø9.5	ø10	ø12	ø18	ø9.5	ø10	ø12	ø18	ø9.5	ø10	ø12	ø18
Orificio de montaje	G7		G7		G7		G7		H5		H5	
Tolerancia de colocación	+0.005 a +0.020		+0.006 a +0.024		+0.005 a +0.020		+0.006 a +0.024		D a +0.005		D a +0.008	
Precauciones	Se debe tener cuidado para hacer que la Cara A esté cuadrada con relación al orificio de montaje. Se puede amarrar el vástago sin ningún problema a una perpendicularidad entre 0.1 a 0.5.				Eliminar las rebabas generadas en la pared del orificio de montaje por la operación de corte con cizalla circular.				M3x0.5 o M4x0.7 es un tamaño apropiado para el tornillo de fijación. Utilizar un tapón de latón bajo el tornillo de fijación si el espesor del dispositivo de fijación lo permite para evitar dañar el vástago.			

Figura 35 Métodos de Sujeción de la cabeza micrométrica.

#### 4.4.4 Capacidad máxima de carga en las cabezas micrométricas.

La capacidad máxima de carga de un cabezal de micrómetro depende principalmente del método de montaje y de si la carga es estática o dinámica. Por lo tanto, la capacidad máxima de carga de cada modelo no se puede especificar definitivamente, los límites de carga recomendados por MITUTOYO (a menos de 100.000 revoluciones si se utiliza para medición

dentro del rango de precisión) y los resultados de las pruebas de carga estática utilizando un cabezal de micrómetro se proporcionan a continuación:

Tabla 15  
Límite de Carga Máxima Recomendado.

		Límite máximo de carga
Tipo estándar	(paso del husillo: 0.5 mm.)	Hasta aproximadamente <b>39,227N</b> / 4kgf *
Tipo de alta funcionalidad	Paso del husillo: 0.1 mm./0.25 mm.	Hasta aproximadamente <b>19,613N</b> / 2kgf
	Paso del husillo: 0.5 mm.	Hasta aproximadamente <b>39,227N</b> / 4kgf
	Paso del husillo: 1.0 mm.	Hasta aproximadamente <b>58,840N</b> / 6kgf
	Husillo antiqiratorio	Hasta aproximadamente <b>19,613N</b> / 2kgf
	Tipo de avance microfino serie 110 (con un mecanismo diferencial)	Hasta aproximadamente <b>19,613N</b> / 2kgf

\* Hasta aproximadamente **19,613N** / 2kgf solamente para los modelos ultrapequeños

Fuente: (MITUTOYO, 2015)

## **CAPÍTULO 4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MESA**

### **4.1 Diseño de la mesa en un software de modelamiento.**

Mediante el software se obtendrá una presentación real de cómo va a ser la mesa con todos sus componentes con sus respectivos movimientos en cada uno de los ejes mediante una simulación, además de darnos la capacidad de corregir el diseño antes de realizar el mecanizado de las piezas para ensamblar.

El dispositivo está conformado por tres placas maquinadas internamente dónde van las guías de desplazamiento, que se insertaran en las placas mediante uniones empernadas, para el efecto se maquinará agujeros roscados con las medidas adecuadas para la ubicación correcta de las guías. Además, cuentan todas las piezas en conjunto con una perforación central de diámetro 100 mm, lo que permitirá el paso de la luz de proyección, cerrándolo en la parte superior con un material transparente.

En la placa inferior y la segunda están acoplados dos soportes para las cabezas micrométricas que permiten el desplazamiento de las placas en los ejes x-y con una apreciación de 0,01 mm. Además, en la misma placa inferior se acopla un eje cónico que permite la unión de todo el conjunto, con la base del proyector de perfiles. El ensamblaje final de las piezas y un despiece de los componentes se presenta en las figuras 37 y 38.

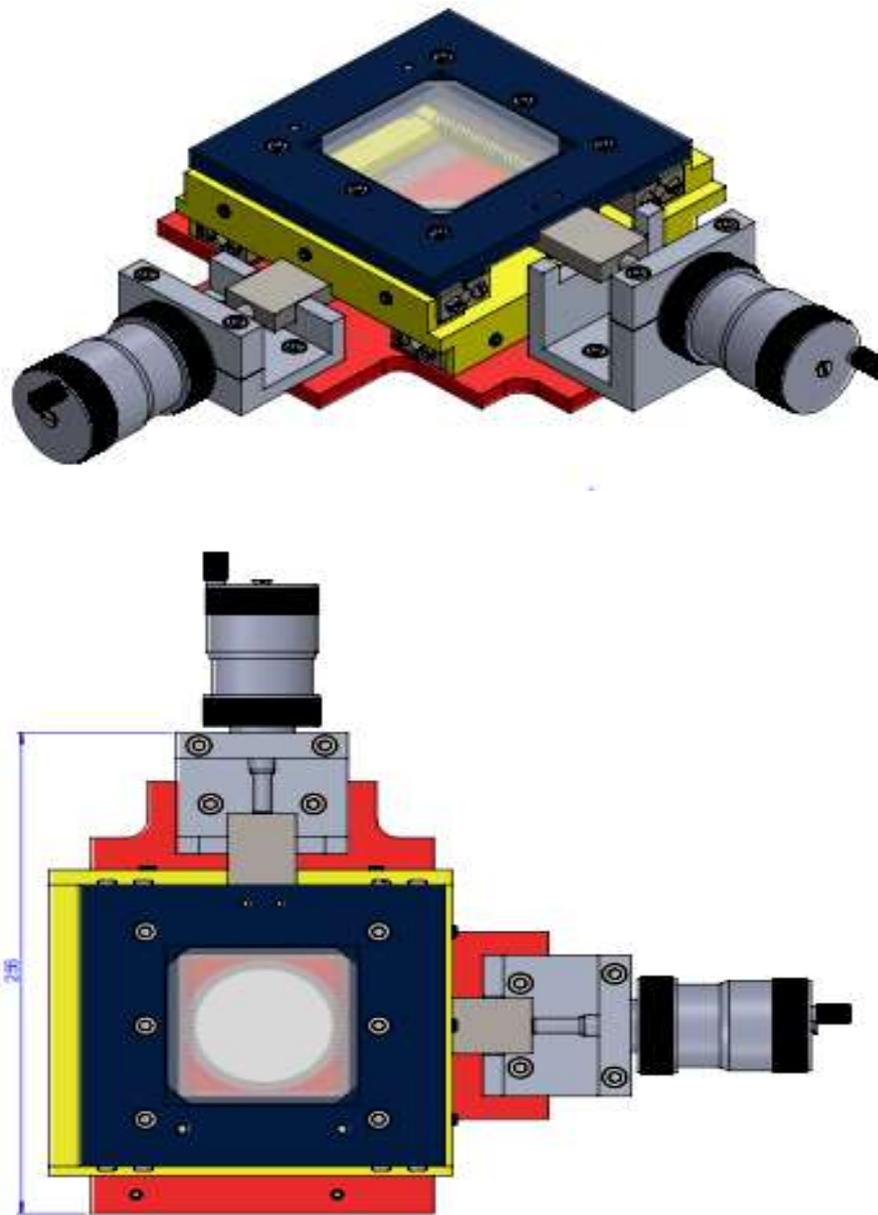


Figura 36 Ensamblaje General de la Mesa de Desplazamiento.

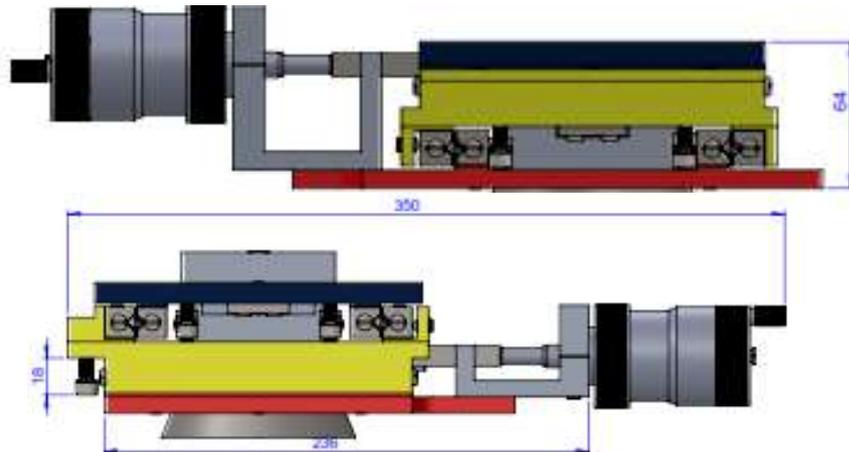


Figura 37 Vistas principales y Sujeción de las cabezas micrométricas.

#### 4.2 Aplicación norma ISO 9001-2008.

En el presente diseño se tomó en cuenta la norma ISO 9001:2008 que pertenece a la familia de normas ISO 9000, de las cuales es la única certificable en la actualidad. Promueve la adopción de un enfoque basado en procesos, y la aplicación de un sistema de procesos dentro de una organización. Para el presente proyecto se aplicó la técnica PHVA y que se muestra en la figura39:

*Planificar:* establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y políticas de la organización.

*Hacer:* implementar procesos.

*Verificar:* realizar el seguimiento y la medición de los procesos y productos respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos para el producto, e informar sobre los resultados.

*Actuar:* tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño de los procesos.

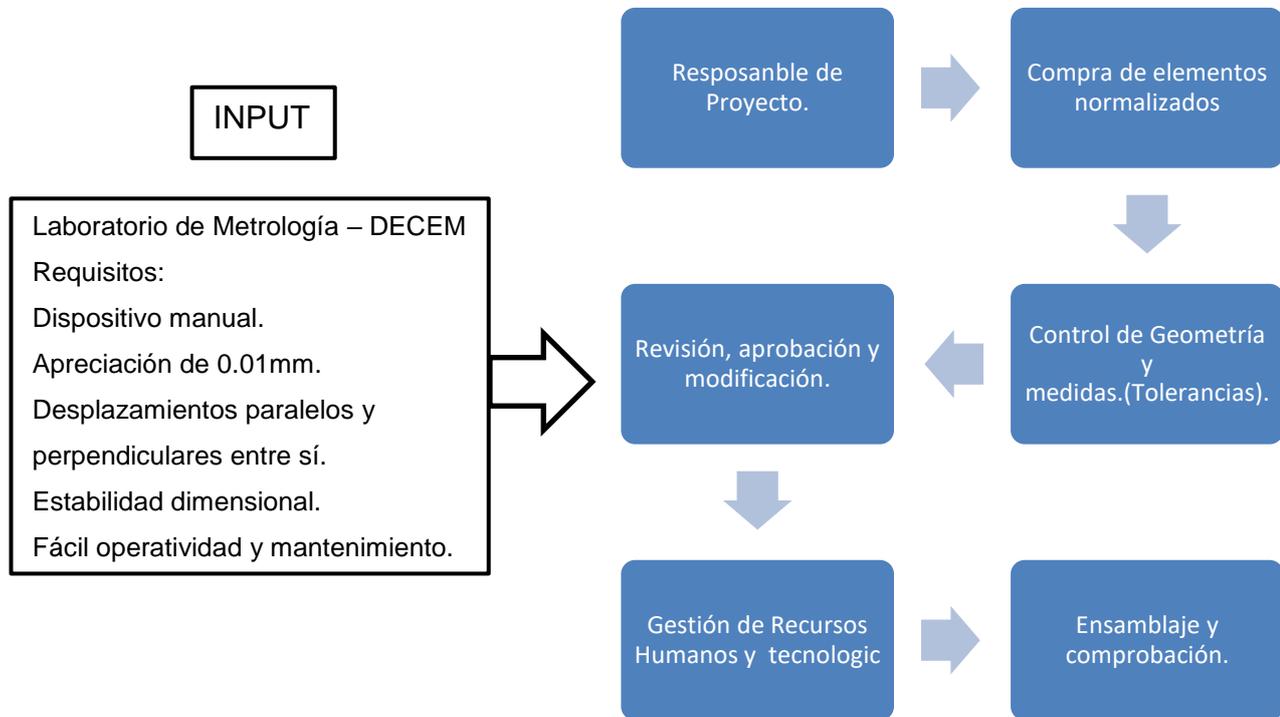


Figura 38 Sistema de gestión de calidad (Norma ISO 9001-2008)

### **4.3 Elaboración de planos de taller.**

Mediante el software de CAD se elaboró los planos de taller (Ver Anexo 1) de cada componente. En base a los esquemas 3D del punto 4.5, se definirá todas las dimensiones para los planos de taller y tomando en cuenta el código del dibujo técnico mecánico INEN 003 (CPE INEN 003:89 MC 01.01-601 151p) que define todos los parámetros necesarios para la proyección de elementos mecánicos.

Otro criterio a tomar en cuenta es la que recomienda el fabricante de las guías con respecto a las guías y su superficie de contacto:

#### **4.3.1 Criterio de acabado de superficie para las guías lineales.**

Para lograr un alto nivel de precisión de funcionamiento, también es necesario establecer un cierto nivel de precisión en paralelismo y rectitud. Preferentemente, el paralelismo y la planitud de la superficie de montaje del raíl deben presentar al menos el mismo grado de acabado, mediante rectificación o un mecanizado similar, que el paralelismo del raíl, además, monte el raíl de manera que haga contacto con la superficie de montaje.

### **4.4 Plano Acople cónico.**

Para el dimensionamiento y configuración geométrica de este elemento se toma en cuenta las dimensiones originales de la base del PROYECTOR DE PERFILES CARL ZEISS JENA, MODELO MP320, específicamente el acople cónico.



Figura 39 Base original del proyector de perfiles, eje cónico



Figura 40 Base original del proyector de perfiles, agujero cónico.

Como se observa en las figuras 41 y 42 se debe tomar la misma altura e inclinación del acople cónico, (11.95mm y 22°) así como el tipo de ajuste entre los dos elementos, que debe ser un ajuste con juego holgado. Además de debe tomar en cuenta la perforación central que permite el paso de la luz de proyección.

#### 4.5 Plano de la placa base.

De acuerdo a la disposición de espacio de la base de la figura 41 se define las dimensiones de la placa base que alojara a su vez el acople cónico, los soportes de las cabezas micrométricas y las superficies de asentamiento de las guías. Todas las uniones se harán mediante uniones empernadas, para lo cual se ubicará de forma adecuada y simétrica.

#### 4.6 Plano placa móvil.

En concordancia con la placa anterior, se define las medidas adecuadas para el alojamiento de las guías que permitan los dos movimientos, longitudinal y transversal. Además, se mantendrá el paralelismo entre los elementos anteriores.

#### 4.7 Plano placa superior.

Al igual que las anteriores placas se mantendrá la perforación central, que permitirá el paso de la luz de proyección, y en la parte superior de esta se diseñará el alojamiento de una placa de vidrio.

#### 4.8 Planos soportes cabezas micrométricas.

La configuración geométrica de estos soportes depende de la forma de las cabezas micrométricas, y la forma de sujeción se diseñará y dimensionará de acuerdo a la recomendación del fabricante, como se surge en el diseño del apartado del literal 4.4.3. Los componentes son:

Tabla 16  
Componentes principales.

N°	Componente	Material	Cantidad
1	Cabeza Micrométrica	Varios	2
2	Perno M6X40 soportes	Acero	4
3	Prisionero M6X10	Acero	6
4	Guías en V de rodillos	Acero	6
5	Pernos M6X20 guías	Acero	24
6	Resorte superior	Acero	2



7	Placa base superior	Acero A36	1
8	Placa transparente	Vidrio	1
9	Pernos M6X16	Acero	2
10	Placa base móvil	Acero A36	1
11	Pernos M6X25	Acero	2
12	Placa Base Fija	Acero ASTM A36	1
13	Tope Superior	Acero AISI 01-DF2	1
14	Sujeción cabeza micrométrica	Aluminio	2
15	Soporte cabeza micrométrica 1	Aluminio	1
16	Resorte inferior	Acero	2
17	Pernos M6X10	Acero	2
18	Tope Inferior	Acero AISI 01-DF2	1
19	Soporte cabeza micrométrica 2	Aluminio	1
20	Acople cónico	Acero ASTM A36	1

#### 4.9 Elaboración de diagramas de operaciones para sus componentes.

Algunos elementos del presente proyecto se los elaboró mediante el CAM mientras que otros elementos por máquinas herramientas convencionales. En el siguiente esquema se muestra el proceso general para la construcción de los elementos.

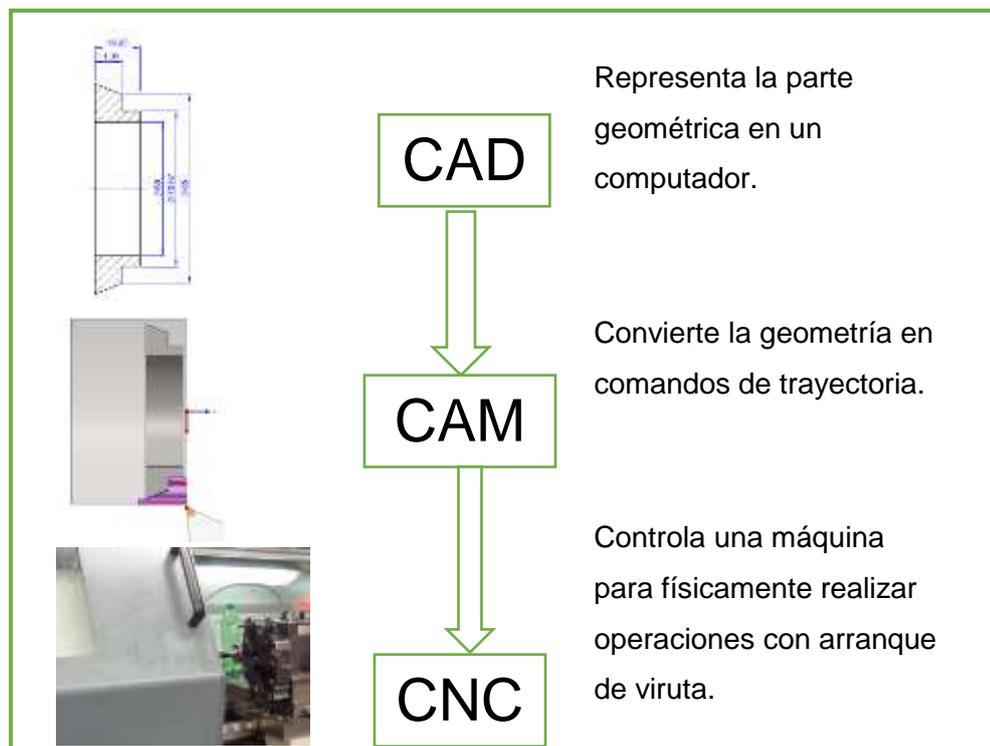
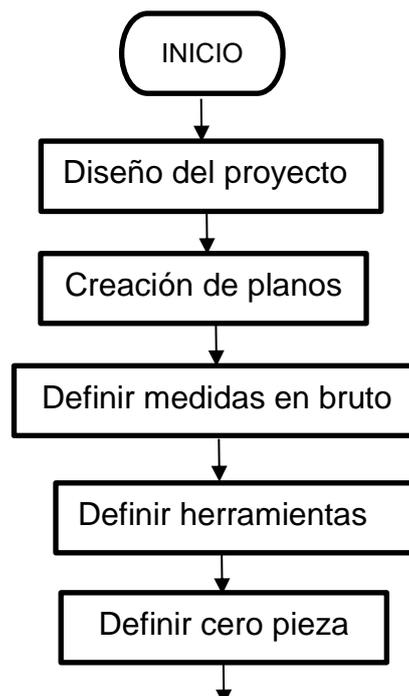


Figura 41 Esquema general mediante sistema CAD-CAM.

Con la información obtenida del análisis y la tecnología disponible se establecen los métodos de fabricación que resulten más sencillos y económicos para la obtención de cada elemento de la mesa de desplazamiento. En las hojas de proceso deben contener básicamente los siguientes ítems:

- a) Denominación del elemento a fabricar.
- b) Esquema del elemento.
- c) Secuencia de las operaciones que conforman el proceso.
- d) Recursos tecnológicos y herramientas a ser utilizadas.
- e) Parámetros de corte, avances, etc.
- f) Tiempos de mecanizado.

Llevándolo a un diagrama de flujo se tiene:



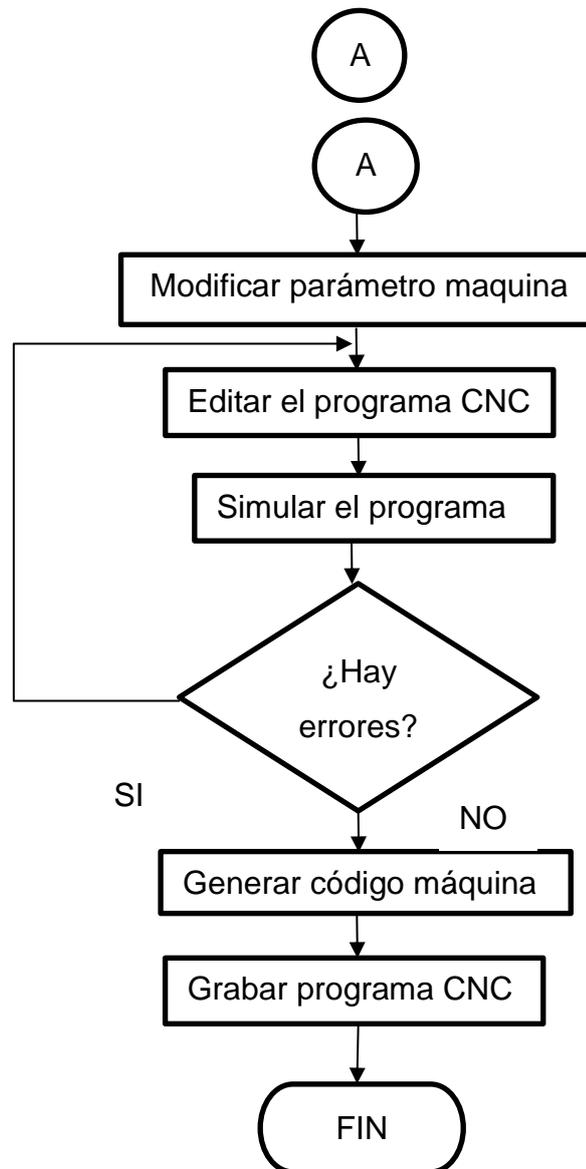


Figura 42 Diagrama de flujo para un elemento mediante CAM.

Se levanta las hojas de proceso de cada elemento (Ver Anexo2)

Para determinar los parámetros de mecanizado se utiliza las siguientes fórmulas de mecanizado:

$$V_c = \frac{\pi * D * N}{1000}$$

Ecuación 10 Velocidad de corte

$V_c = \text{Velocidad de corte (m/min)}$

$D = \text{diámetro del eje, fresa o broca (mm)}$

$n = \text{Número de revoluciones (rpm)}$

Cuando la  $V_c$  viene tabulada (tabla 5.2) en función del material a se utilizará siguiente fórmula:

$$N = \frac{V_c * 1000}{\pi * D}$$

Ecuación 11 Velocidad en Revoluciones Por Minuto

$V_c = \text{Velocidad de corte (m/min)}$

$D = \text{diámetro del eje, fresa o broca (mm)}$

$N = \text{Número de revoluciones (rpm)}$

Además, se puede recurrir al cálculo directo de estos parámetros mediante una aplicación.



Figura 43 Aplicación para el cálculo de parámetros de mecanizado.

Por ejemplo, para el torneado se escoge el módulo de torneado y para el caso siguiente cilindrado.



Figura 44 Selección de la operación a calcular.

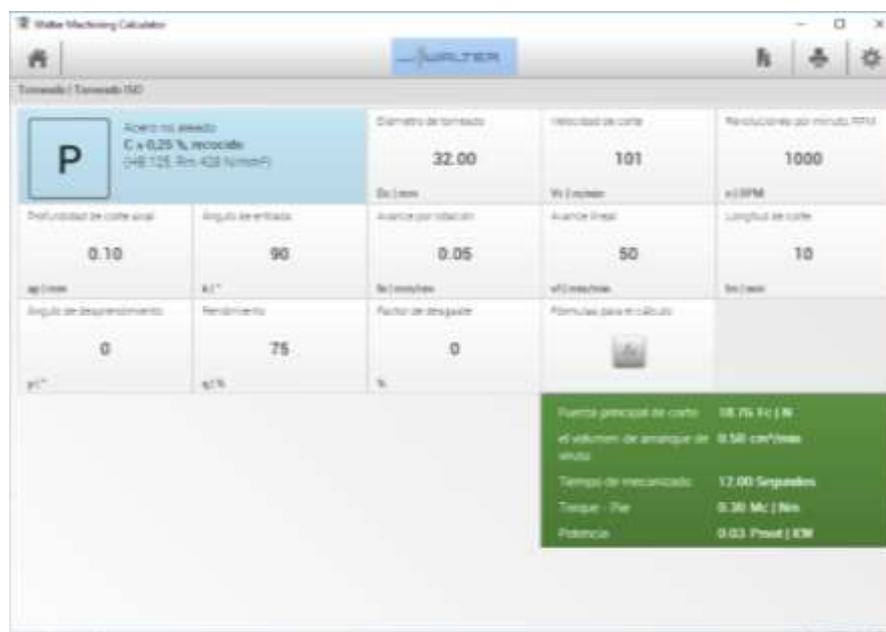


Figura 45 Definición de parámetros de la operación

Seguido de esto se escoge el material y la  $V_c$  que se requiere además para este caso el diámetro del material a ser mecanizado y de forma inmediata se presenta los resultados necesarios previo al mecanizado.

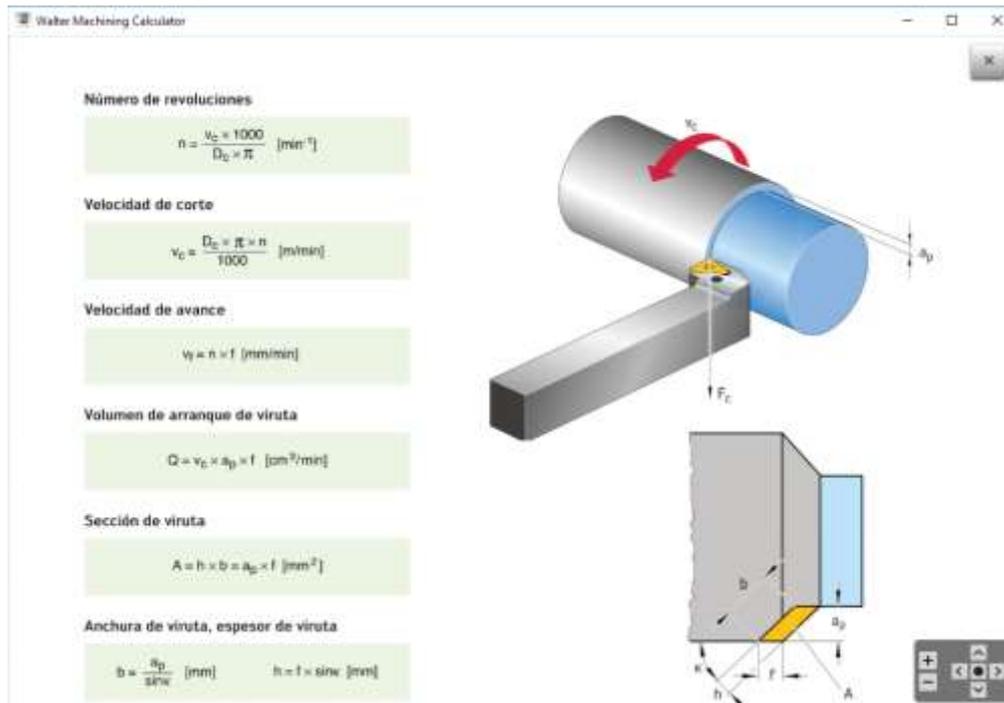


Figura 46 Cálculo de parámetros de mecanizado.

#### 4.10 Mecanizado del acople cónico

El acople será mecanizado en AISI 1018 (Anexo 4) debido a que sus propiedades mecánicas son ideales para el trabajo al que va a ser sometido, no se necesita elevada dureza y es uno de los aceros más comerciales.

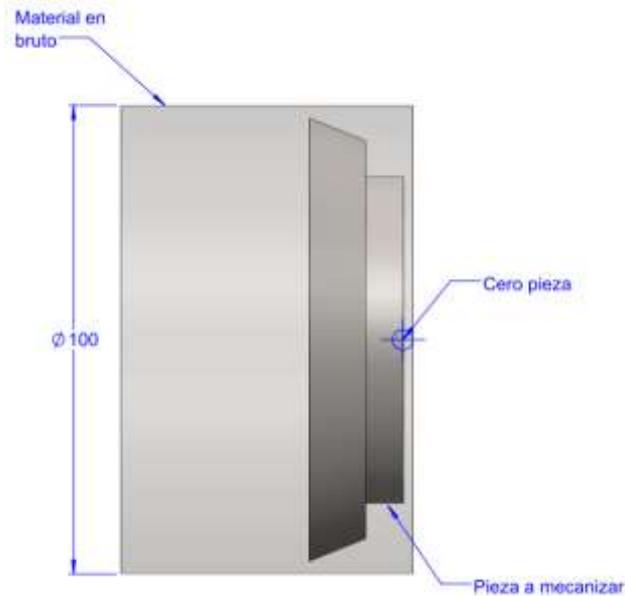


Figura 47 Acople cónico a mecanizar

El mecanizado del acople se realizó mediante un torno CNC el mismo que garantiza precisión de trabajo. Para obtener un adecuado proceso de desbaste y acabado se trabajó con herramientas de carburo de tungsteno y a continuación se detalla el número de revoluciones necesarios y avances de trabajo según la tabla.

Tabla 17

Velocidades de corte y avances de trabajo.

Aceros designación AISI/SAE	Dureza Brinell	Material de la herramienta	Material de la herramienta								
			Acero rápido	Carburo tungsteno		Carburo tungsteno recubierto		Cerámica metálica recubierta		Cerment	
				Velocidad de corte	Va= avance (0.0254mm Rev.)				Vc= velocidad de corte (m/min.)		
			min.	Max	min.	Max	min.	Max	min.	Max	
1010, 1016, 1020, 1024, 1026	100-125	37	Va	0,42	0,23	0,42	0,23	0,42	0,23	0,178	0,762
			Vc	120	160	140	180	547	817	454	553
1030, 1035, 1040, 1045	225-275	24	Va	0,432	0,203	0,432	0,203	0,711	0,33	-	-
			Vc	80	120	230	293	357	500	-	-
4140, 4150	250-300	20	Va	0,431	0,203	0,431	0,203	0,254	0,127	0,177	0,076
			Vc	60	80	192	259	375	460	218	279
4340, 8620	225-275	21	Va	0,431	0,203	0,431	0,203	0,177	0,076	0,177	0,076
			Vc	45	70	192	259	302	369	218	279

Fuente: (Appold, 2005)

### a) Numero de revoluciones.

El número de revoluciones con el que trabaja el torno se obtiene de la siguiente ecuación:

$$V_c = \frac{\pi * d * n}{1000}$$

$V_c =$  Velocidad de corte (m/min)

$d =$  diámetro del eje (mm)

$n =$  Número de revoluciones (rpm)

Entonces;

$$n = \frac{V_c * 1000}{\pi * d}$$

Para el proceso de desbaste  $V_c=120$  m/min

$$n = \frac{120(m/min) * 1000}{\pi * (100mm)}$$

$$n = 382 \text{ rpm}$$

Avance de 0.42 mm/rev según tabla

Para el proceso de acabado  $V_c=160$  m/min

$$n = \frac{160(m/min) * 1000}{\pi * (60mm)}$$

Se toma el diámetro menor del elemento para el acabado

$$n = 850 \text{ rpm}$$

Avance de 0.23 mm/rev según tabla

Con los datos obtenidos ingresamos al software CAM (Manufactura asistida por computadora) el mismo que genera las trayectorias de corte para las diferentes herramientas de mecanizado, además mediante un postprocesador convierte las trayectorias a códigos G, los mismo que son leídos por medio del control de la maquinaria CNC.

#### **b) Generación de trayectorias mediante software CAM.**

El primer paso es ubicar el cero pieza de trabajo, este punto está en función de la longitud y diámetro del eje a mecanizar. Figura 48

Posterior a este se ubica el material en bruto a trabajar y el modelo de destino de trabajo.

### c) Refrentado del eje cónico

Los datos ingresados en el programa son los calculados anteriormente, la profundidad de corte es igual a 1mm.

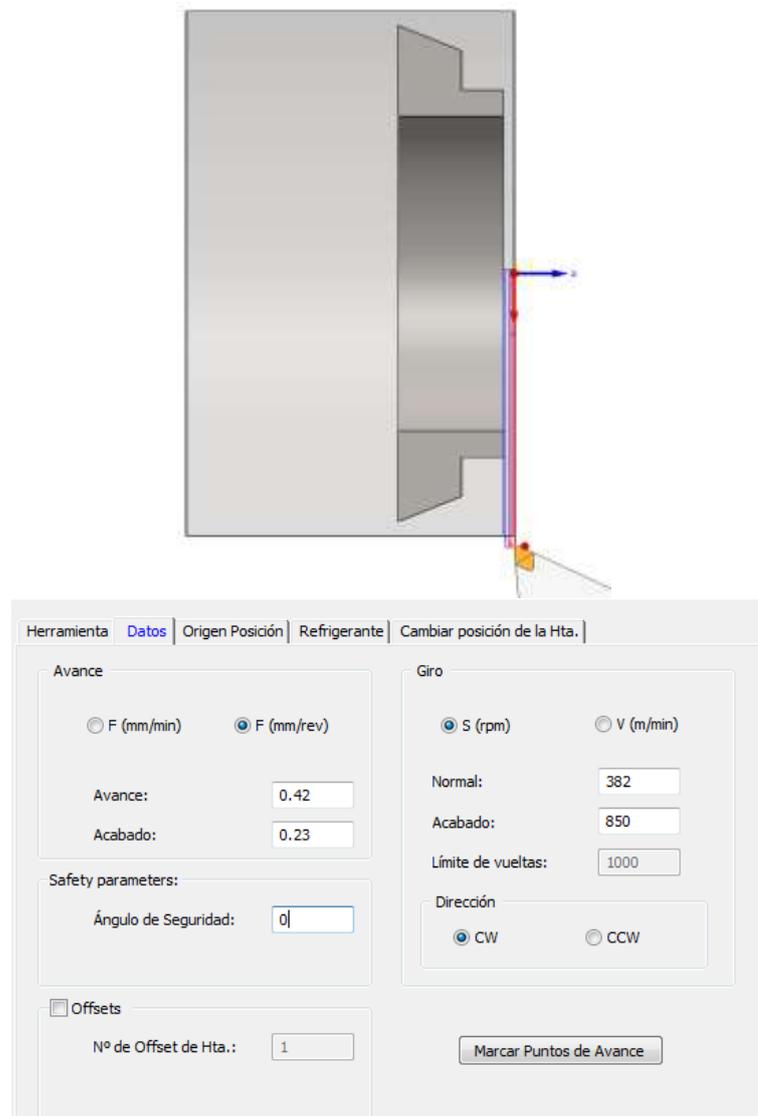


Figura 48 Refrentado del eje cónico

#### d) Cilindrado del eje cónico.

De igual manera que en el proceso de refrentado se ingresan los datos de revoluciones y de avances para el proceso de cilindrado, la profundidad de corte es igual a 1mm para el desbaste y 0.4 mm para el acabado.

Es necesario indicar el recorrido de la herramienta por medio de una cadena de dirección indicada en el programa CAM

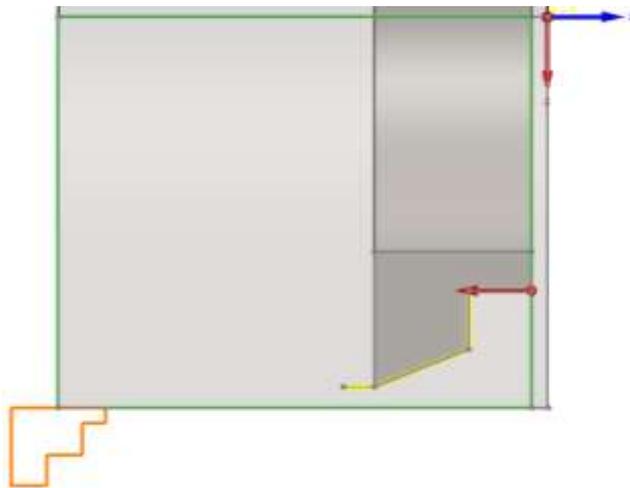


Figura 49 Selección de la cadena de mecanizado.

Una vez ubicada la trayectoria de la herramienta se selecciona la herramienta y se ingresa los parámetros de corte y retracciones.

Tipo de Desbaste:	Tipo de desplazamiento:
Liiso	ZX_Absoluto
Paso de bajada:	Distancia: X: 0.4
<input checked="" type="checkbox"/> Paso igual	Distancia: Z: 0.4
Valor: 1	
<input checked="" type="checkbox"/> Siguiete Paso adaptable	
Distancia de retrada:	
Valor: 0.2	
Dirección:	
para Delante	<input type="checkbox"/> Compensación
Ángulo Desbaste:	<input type="checkbox"/> Completar el nivel X
Valor: 0	

Figura 50 Parámetros de corte

Es necesario dejar un desplazamiento de material para el posterior acabado en este caso se dejó un sobre espesor de 0.4mm en cada eje. Además, posterior al desbaste es necesario realizar un proceso de acabado con los valores calculados anteriormente.

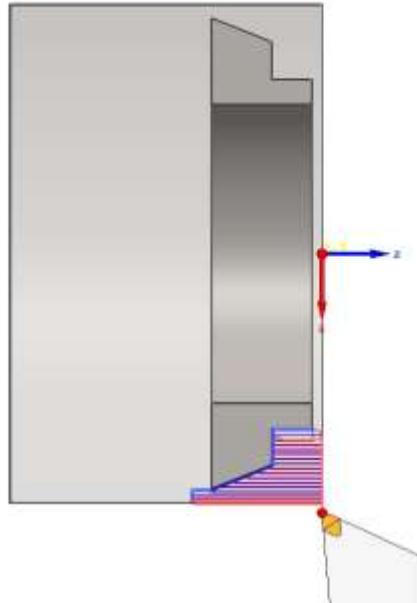


Figura 51 Cilindrado del eje cónico

### e) Perforado

La velocidad de corte de la broca está en función del tipo de herramienta y del material a mecanizar, se tomó los valores del Anexo 2 que son recomendaciones del fabricante, con estos valores se calculó el número de revoluciones para cada broca

**Broca de centros. Diámetro  $\frac{1}{4}'' = 6.35\text{mm}$ ;  $V_c=35\text{m/min}$ ,**

$$n = \frac{35(m/min) * 1000}{\pi * (5mm)}$$

$$n = 2228 \text{ rpm}$$

Avance de 0.12 mm/rev según tabla

Broca de centros. Diámetro  $\frac{1}{4}'' = 6.35\text{mm}$

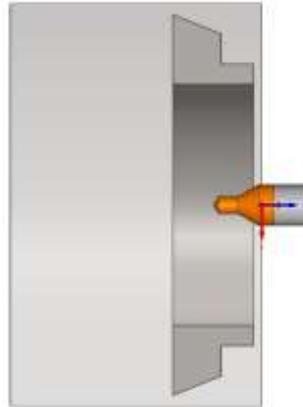


Figura 52 Perforado de centros

f) Perforada broca de 20 mm;  $V_c=35\text{m/min}$ ,

$$n = \frac{35(\text{m/min}) * 1000}{\pi * (20\text{mm})}$$

$$n = 560 \text{ rpm}$$

Avance de 0.12 mm/rev según tabla.

Además, para el proceso de taladrado se utilizó un ciclo fijo G74 (Perforado con retracción).

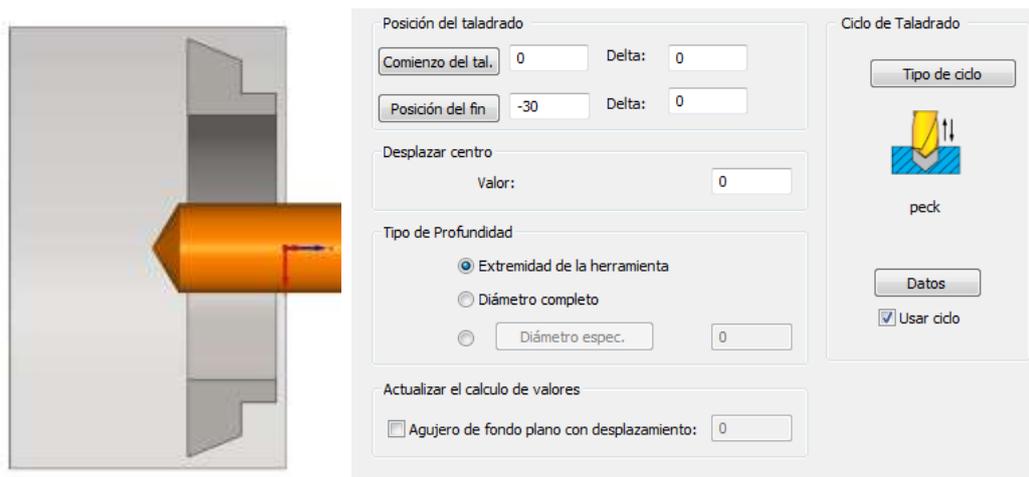


Figura 53 Perforado con broca 20mm

### g) Cilindrado interior

Para el proceso de cilindrado interior se utilizan los mismos parámetros utilizados en el cilindrado exterior.

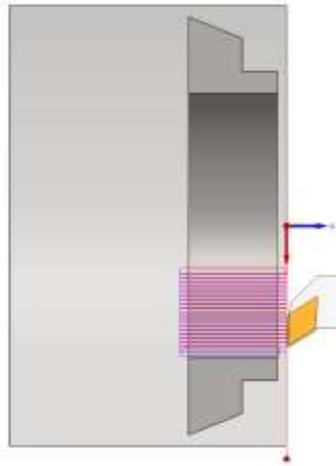


Figura 54 Cilindrado interior

### h) Corte del eje – Tronzado.

El proceso de tronzado o corte del elemento se realiza mediante una herramienta especial, en el programa se debe especificar una retracción en el proceso de corte con el fin de que no se recaliente demasiado el material, además de utilizar refrigerante

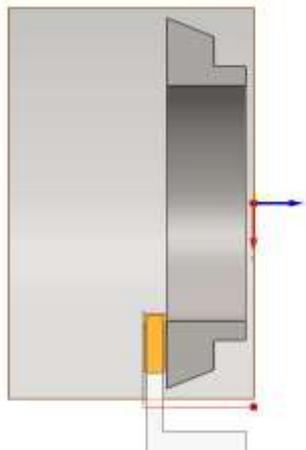


Figura 55 Tronzado o corte del elemento

### i) Postproceso.

El Postproceso se encarga de transformar las trayectorias de corte en coordenadas y códigos G y M

```

%
:5000 (ACOPLECÓNICO_MEC)
N1 T0101
N2 G0 X150. Z200.
N3 G97 S382 M3
N4 G0 X104. Z2. M8
N5 (05/05/2016)
N6 (FT-CONTOUR - TURN FACE)
N7 (-----)
N8 G97
N9 G0 X104. Z2.
N10 Z-0.9
N11 G1 X-1.6 F0.42
N12 Z-0.7
N13 G0 X104.
N14 Z-1.8
N15 G1 X-1.6
N16 Z-1.6
N17 G97 S850
N18 G1 Z0.2 F0.23
N19 G0 X102.88
N20 Z-0.92
N21 X101.058 Z-1.603
N22 G1 X100. Z-2.
N23 X-1.6
N24 Z-1.514
N25 G0 Z0.
N26 X104.
N27 (-----)
N28 (TR-CONTOUR1 - TURN)
N29 (-----)
N30 G97 S382
N31 G0 X98.486
N32 G1 Z-25.55 F0.42
N33 X100.
N34 X100.562 Z-25.522
N35 G0 Z0.
N36 X96.972

```

Figura 56 Código G para el mecanizado del acople cónico

#### 4.11 Mecanizado de la base inferior

Para el proceso de mecanizado de las placas, se utilizó un centro de mecanizado HAAS de tres ejes, con diferentes configuraciones de sujeción para el proceso de desbaste de viruta.

##### a) Taladrado de placa.

Se realiza primero el taladrado de la placa con el fin de que posteriores operaciones no interfieran con los desplazamientos de la broca.

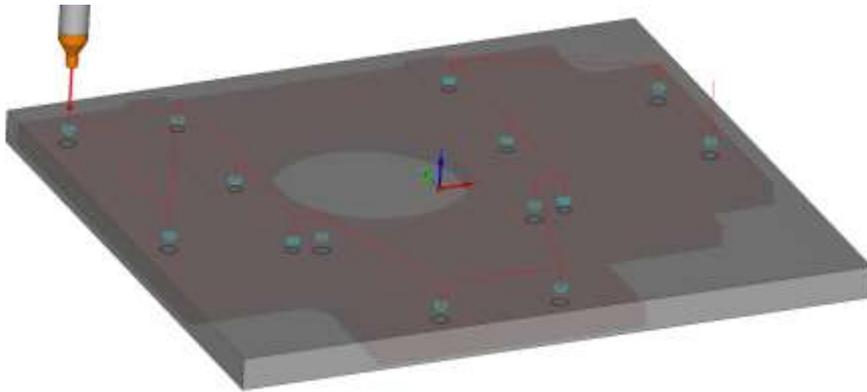


Figura 57 Perforación con broca de centro.

La base inferior se mecanizó en acero ASTM A 36 (Anexo 4), material de considerable dureza, muy comercial y fácil de mecanizar.

##### b) Broca de centro.

Diámetro  $\frac{1}{4}'' = 6.35\text{mm}$ ;  $V_c=35\text{m/min}$ , (Anexo 2)

$$n(\text{min}^{-1}) = \frac{V_c \left( \frac{\text{m}}{\text{min}} \right) * 1000 \left( \frac{\text{mm}}{\text{m}} \right)}{\pi * d(\text{mm})}$$

Donde:

$n = \text{numero de revoluciones}$

$V_c = \text{Velocidad de corte}$

$d = \text{diametro de herramienta}$

$$n = \frac{35(m/min) * 1000}{\pi * (6.35mm)}$$

$$n = 1755 \text{ rpm}$$

Avance de 0.2 mm/rev según (Anexo 3)

### c) Perforación para machuelado M6

Diámetro 5mm;  $V_c=35m/min$ , (Anexo 2)

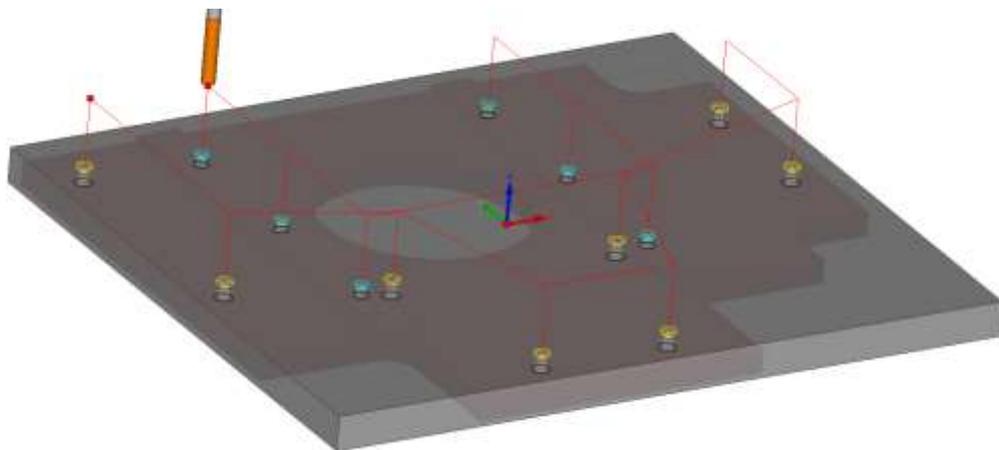


Figura 58 Perforación con broca 5mm para machuelado

$$n = \frac{35(m/min) * 1000}{\pi * (5 \text{ mm})}$$

$$n = 2228 \text{ rpm}$$

Avance de 0.08 mm/rev según (Anexo 7)

**d) Desbaste.**

Diámetro de herramienta 40mm con insertos de Carburo de tungsteno

$V_c = 120\text{m/min}$ ,  $V_a = 0.42\text{ mm/rev}$ , según (Anexo 7)

$$n = \frac{120(m/min) * 1000}{\pi * (40\text{ mm})}$$

$$n = 955\text{ rpm}$$

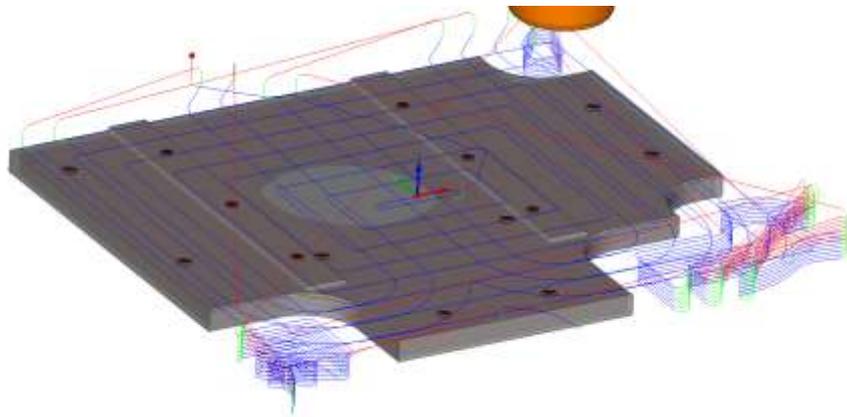


Figura 59 Desbaste con herramienta de insertos de carburo de tungsteno

Para el proceso de desbaste se tomó una profundidad de pasada de 1.5 mm, ya que a mayor profundidad se produce mayor esfuerzo en las sujeciones y mayor desgaste de la herramienta.

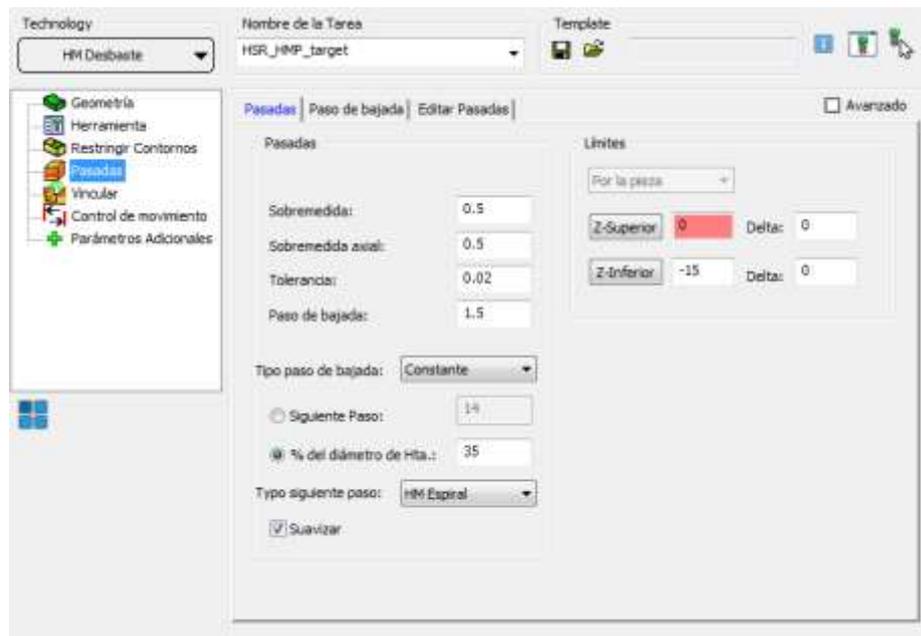


Figura 60 Parámetros de desbaste en software CAM

Además de dejo un sobre espesor de 0.5 mm con el fin de realizar un posterior proceso de terminado.

#### e) Acabado.

Diámetro de herramienta 14mm con recubrimiento de cobalto

$V_c = 160 \text{ m/min}$ ,  $V_a = 0.23 \text{ mm/rev}$ , según (Anexo 7)

$$n = \frac{160(m/min) * 1000}{\pi * (14 \text{ mm})}$$

$$n = 3638 \text{ rpm}$$

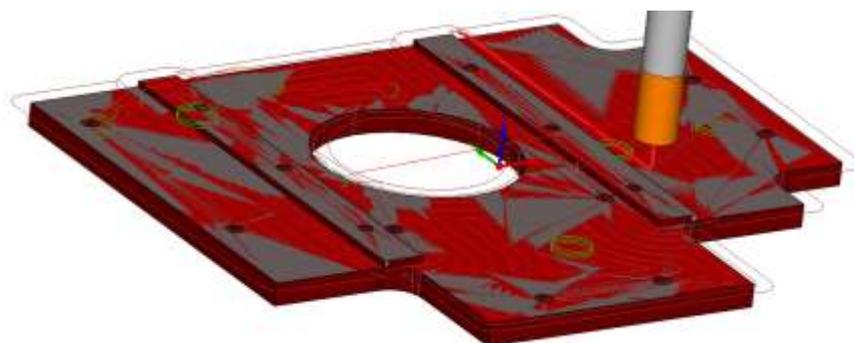


Figura 61 Acabado con fresa plana de 4 filos de corte

Se realizó primero un terminado de la parte superior de la placa para luego mediante un perfilado dar el acabado a las paredes. Se desbaste el sobreespesor dejado en la primera operación en una sola pasada de 0.5mm.

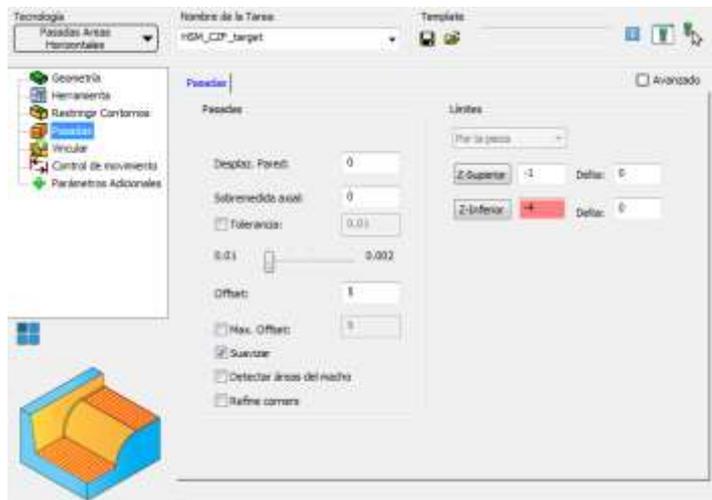


Figura 62 Parámetros de acabado en software CAM

#### f) Perfilado de bordes.

Diámetro de herramienta 14mm con recubrimiento de cobalto

$V_c = 160 \text{ m/min}$ ,  $V_a = 0.23 \text{ mm/rev}$ , según (Anexo 7)

$$n = \frac{160(m/min) * 1000}{\pi * (14 \text{ mm})}$$

$$n = 3638 \text{ rpm}$$

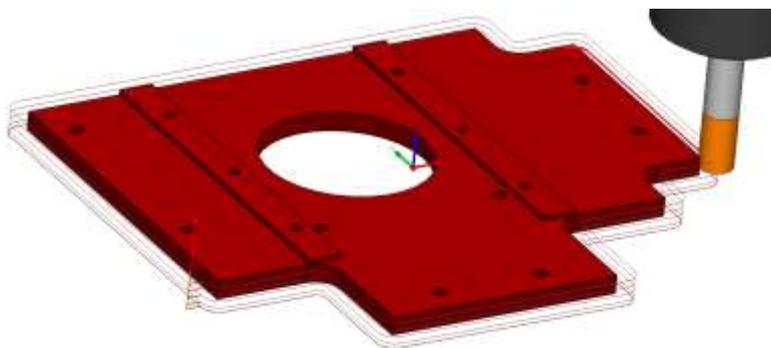


Figura 63 Acabado con fresa plana de 4 filos de corte

Para el proceso de desbaste en los bordes de la placa se tomó una profundidad de pasada de 1.5 mm, el proceso tiene más incidencia en los redondeos en donde la herramienta de desbaste dejó su radio, después del desbaste se realiza una sola pasada en toda la altura de la placa que tenía un sobre espesor de 0.2

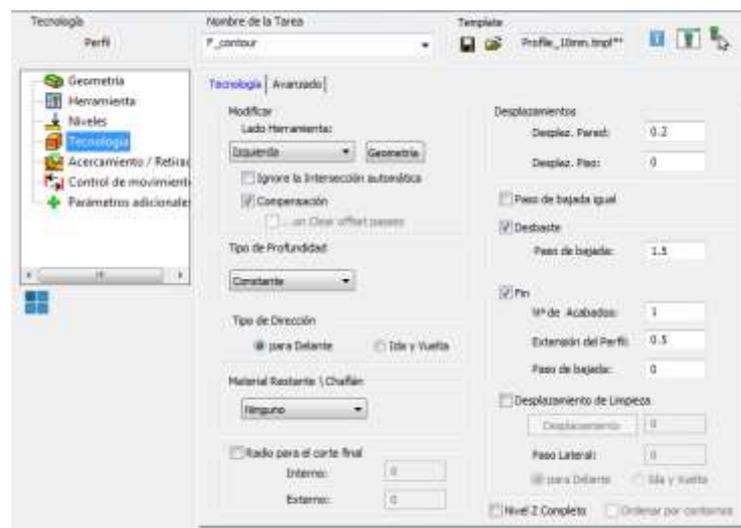


Figura 64 Parámetros de perfilado y acabado en software CAM

### g) Cajera interior para acople cónico.

Diámetro de herramienta 14mm con recubrimiento de cobalto

$V_c = 160 \text{ m/min}$ ,  $V_a = 0.23 \text{ mm/rev}$ , según (Anexo 7)

$$n = \frac{160(m/min) * 1000}{\pi * (14 \text{ mm})}$$

$$n = 3638 \text{ rpm}$$

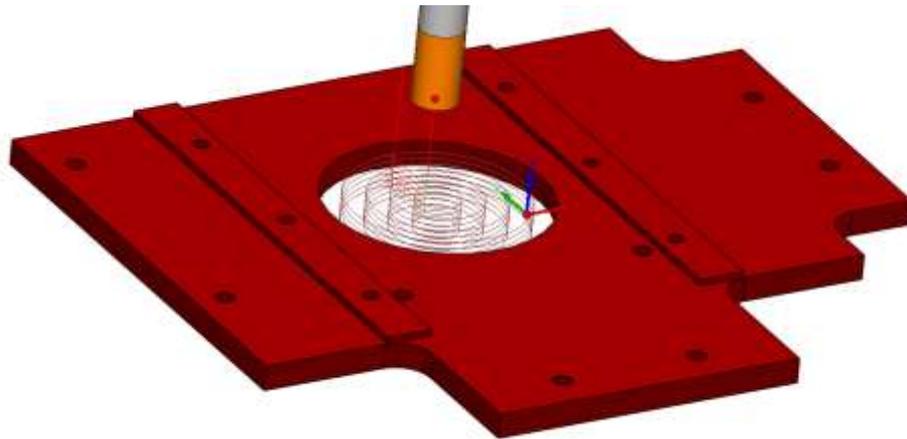


Figura 65 Mecanizado de caja interior

Para el proceso de mecanizado interno hay que tomar en cuenta el ingreso de la herramienta, para este caso se tomó una entrada helicoidal con el fin de que la herramienta no ingrese directamente en profundidad  $-Z$ .

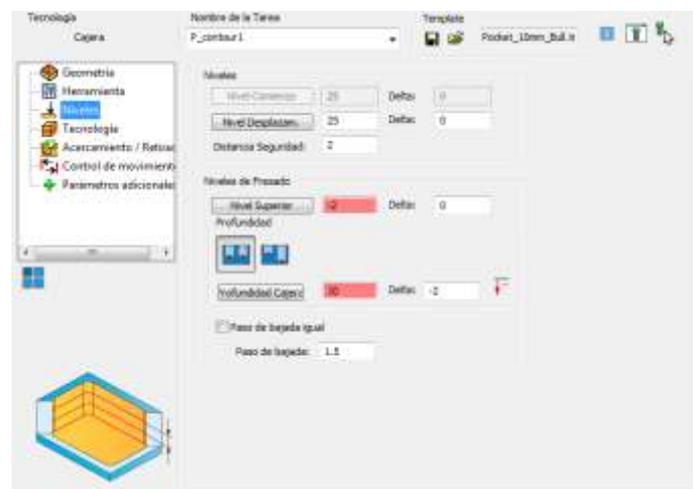


Figura 66 Parámetros de pocket y acabado en software CAM

Para el desbaste interior se tomó un paso de bajado de 1.5mm, además se tomó un delta de  $Z$  -2 con el fin de que la herramienta pase del ancho de la placa para no dejar rebabas. Al final del desbaste se realizó un acabado de pared similar al de perfilado de 0.2mm.

Después de fijar los parámetros de mecanizado, hojas y procesos se procede a la construcción de cada elemento.

#### 4.12 Diagrama de proceso para la construcción de las piezas de soportes.

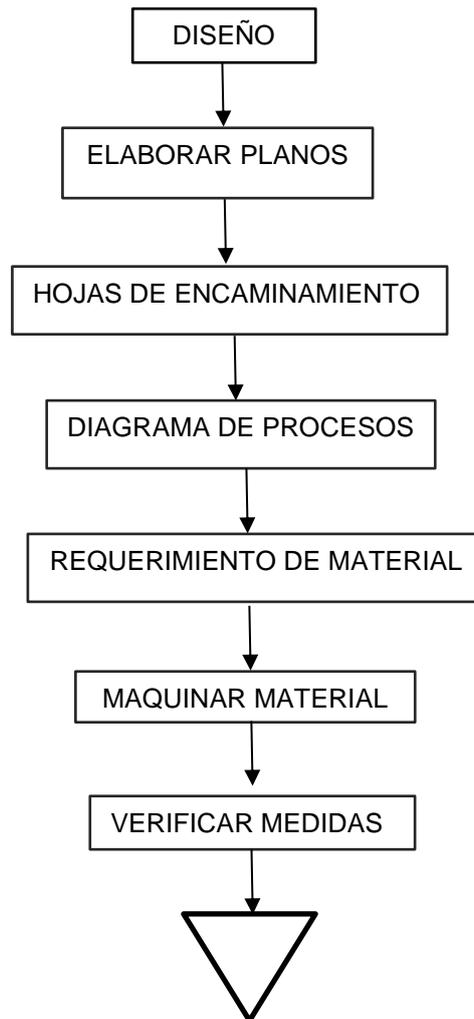


Figura 67 Diagrama de procesos general

Después de la fabricación de los elementos se procedió a dar los respectivos tratamientos superficiales descritos en capítulo 2.



Figura 68 Mecanizado de los componentes de la mesa

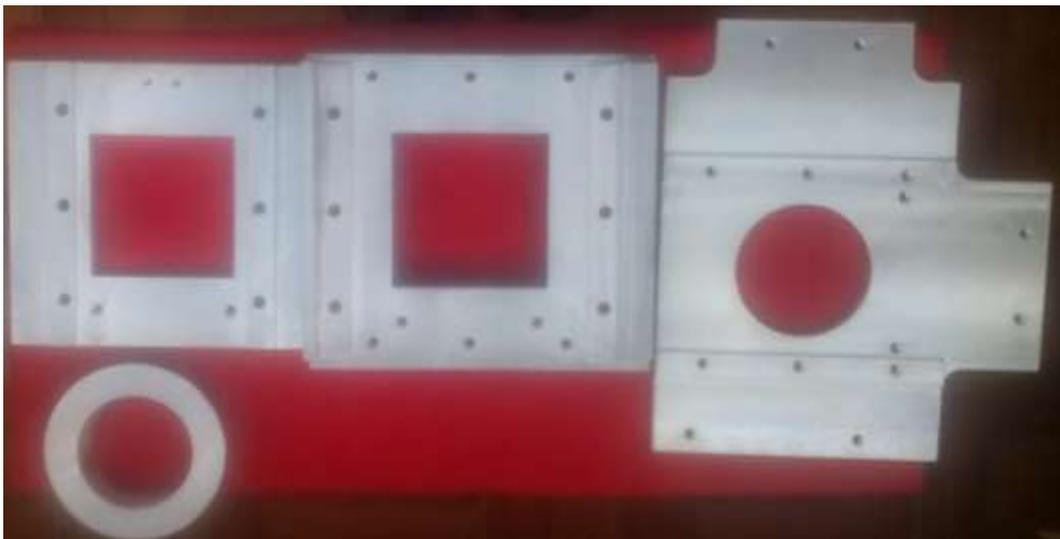


Figura 69 Galvanizado de los componentes de la mesa

## CAPÍTULO 5 MONTAJE, PUESTA A PUNTO Y VALIDACIÓN.

### 5.1 Diagrama de ensamblaje.

Una vez finalizada la fabricación de cada uno de los elementos se procede al ensamble de cada uno de los elementos con la ayuda de un diagrama de ensamble (Ver Anexo 3)

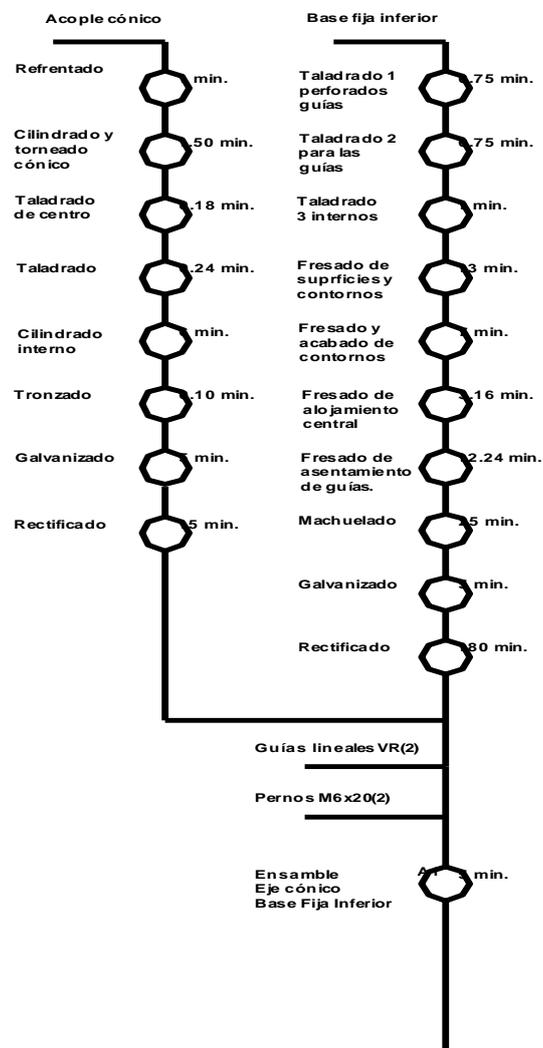


Figura 70 Diagrama de ensamble

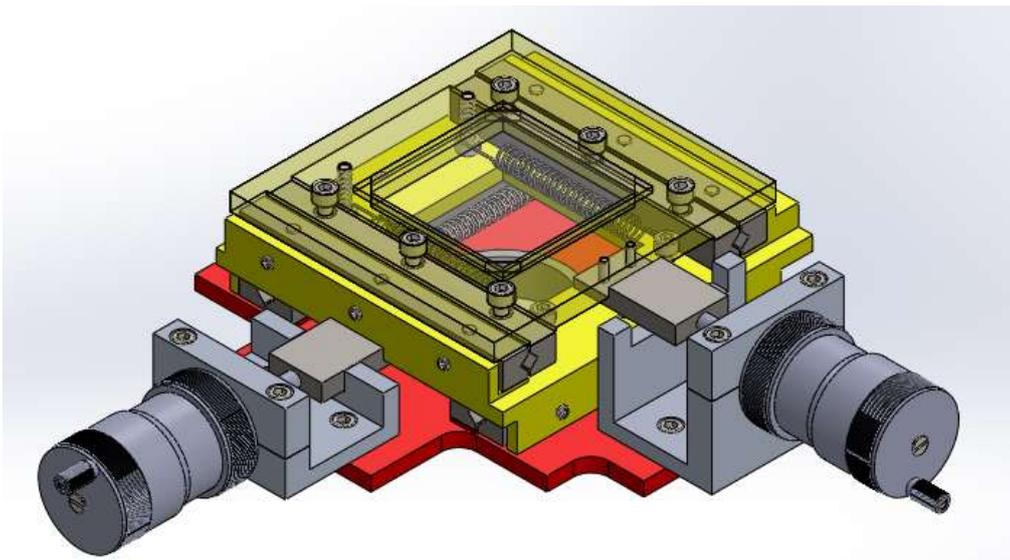
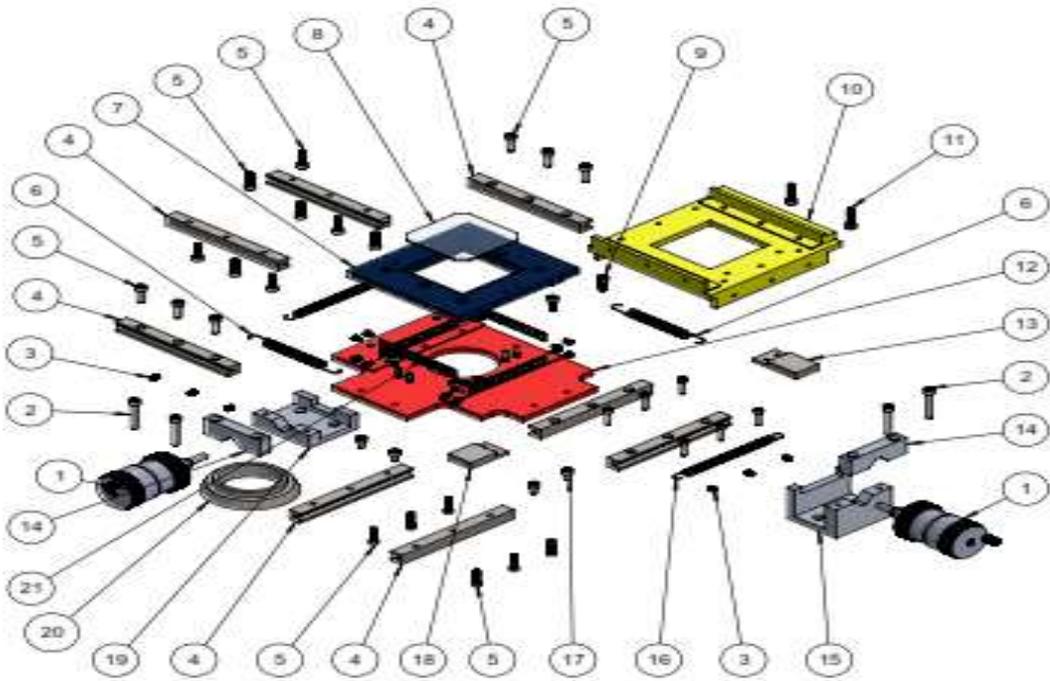


Figura 71 Despiece y conjunto de la mesa

Hay que poner mucha atención y cuidado en el ensamblaje y alineación de las guías con sus respectivas jaulas de rodillos cruzados, de estos elementos depende el paralelismo y la rectitud del conjunto (Ver Anexo 5 apartado A7-28).

## 5.2 Ajustes y Tolerancias de acuerdo a las normas ISO.

Con referencia a las normas ISO 2768 se estableció las siguientes tolerancias de ajuste:

### 5.2.1 Ajuste entre Acople Cónico y placa base.

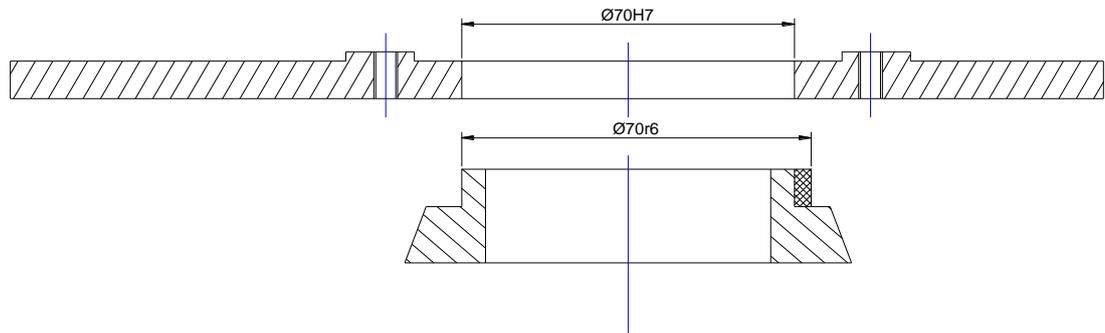


Figura 72 Tolerancias de ajuste para el acople cónico y placa base

En este subconjunto se determinó un ajuste con apriete, Mediante las tablas 18 y 19 de ajustes recomendados.

Para determinar el tipo de sistema a utilizar, se considera a la placa base como un elemento difícil de cambiar, si se requiere en un futuro sustituirla, por ende, es más fácil y económico, reemplazar el acople cónico cuya forma geométrica y ciertas dimensiones son independientes de la placa base. Por lo anterior se escoge un sistema agujero único, donde se modifica las medidas del eje (acople cónico) y se mantiene las medidas del agujero de alojamiento en la placa base.

Tabla 18

Sistema AGUJERO BASE aplicaciones y tipos de superficies.

AGUJERO BASE					
TIPO	AGUJERO	EJE	CLASE	CARACTERISTICAS	APLICACIONES
Fino	H7	s6/r6	Prensado	Montaje a prensa , necesita seguro de giro para pares muy fuertes, gran adherencia sobre hierro fundido	Casquillos y coronas de bronce, acoplamiento de ejes no desmontables, no utilizar sobre piezas de
		n6	Forzado duro	Montaje a martillo, de empleo cuando se requieren posicionamientos precisos con interferencia	Casquillos de bronce, manguitos en cubos, fijas y casquillos guías de broca
		k6	Forzado medio	Montaje a martillo, posicionado de precisión con un compromiso entre juego e interferencia	Rodamientos de bolas, discos de levas, poleas y
		j6	Forzado ligero	Montaje ligero	Rodamientos de bolas, piezas de maquinas desm
		h6	Deslizante con lubricación	Proporciona un acoplamiento ajustado para la situación de piezas estacionarias con montaje y desmontaje libre	Engranajes, piezas importantes de maquinas herr
		g6	Giratorio	Juego pequeño, no para girar con velocidad, pero si para giros libres y deslizamiento con posicionado preciso	Embolos, bridas, anillos de rodamientos
		f7	Holgado	Juego mediano, para giros con velocidad en máquinas de precisión y para posicionamiento preciso con velocidades moderadas y presiones de apoyos de ejes	Cojinetes de bielas, ruedas dentadas, cajas de ca
Medio	H8	h9	Deslizante		Poleas fijas, manivelas y acoplamiento deslizan contrapuntos
		e8	Giratorio	Juego mediano	Piezas de motores, bombas ventiladores
		d9	Holgado	Juego amplio, no de uso cuando es esencial la precisión pero bueno para grandes de variaciones de temperaturas con gran velocidad de giro y presión de apoyo de los ejes	Soportes de ejes, poleas locas
Basto	H11	h11	Deslizante		Piezas de maquinaria agrícola
		d9	Giratorio	Juego mediano	Ejes de movimiento longitudinal, aros, palancas,
		e11	Holgado	Juego amplio	Cojinetes de máquinas domésticas, pasadores, ej
		a11	Muy holgado	Ajustes muy amplios para tolerancias de miembros externos	Locomotoras, cojinetes de cajas de freno, alojam tornillos

Fuente: (Tolerancias, 2016)

Tabla 19

Sistema EJE BASE aplicaciones y tipos de superficies

EJE BASE					
TIPO	EJE	AGUJERO	CLASE	CARACTERISTICAS	APLICACIONES
Fino	h6	S7/R7	Prensado	Montaje a prensa , necesita seguro de giro para pares muy fuertes, gran adherencia sobre hierro fundido	Casquillos y coronas de bronce, acoplamiento de ejes no desmontables, no utilizar sobre p
		N7	Forzado duro	Montaje a martillo, de empleo cuando se requieren posicionamientos precisos con interferencia	Casquillos de bronce, manguitos en cubo, casquillos guías de broca
		K7	Forzado medio	Montaje a martillo, posicionado de precisión con un compromiso entre juego e interferencia	Rodamientos de bolas, discos de levas, p
		J7	Forzado ligero	Montaje ligero	Rodamientos de bolas, piezas de maquin
		H7	Deslizante con lubricación	Proporciona un acoplamiento ajustado para la situación de piezas estacionarias con montaje y desmontaje libre	Engranajes, piezas importantes de maquin
		G7	Giratorio	Juego pequeño, no para girar con velocidad, pero si para giros libres y deslizamiento con posicionado preciso	Embolos, bridas, anillos de rodamientos
		F8	Holgado	Juego mediano, para giros con velocidad en máquinas de precisión y para posicionamiento preciso con velocidades moderadas y presiones de apoyos de ejes	Cojinetes de bielas, ruedas dentadas, caj
Medio	h9	H9	Deslizante		Poleas fijas, manivelas y acoplamientos de contrapuntos
		E9	Giratorio	Juego mediano	Piezas de motores, bombas ventiladores
		D10	Holgado	Juego amplio, no de uso cuando es esencial la precisión pero bueno para grandes de variaciones de temperaturas con gran velocidad de giro y presión de apoyo de los ejes	Soportes de ejes, poleas locas
Basto	h11	H11	Deslizante		Piezas de maquinaria agrícola
		D10	Giratorio	Juego mediano	Ejes de movimiento longitudinal, aros, p
		E11	Holgado	Juego amplio	Cojinetes de máquinas domésticas, pasac
		A11	Muy holgado	Ajustes muy amplios para tolerancias de miembros externos	Locomotoras, cojinetes de cajas de freno, tornillos

Fuente: (Tolerancias, 2016)

Tabla 20

SAU para el ajuste entre placa base y acople cónico

<b>Diámetro Nominal</b>	<b>Agujero</b>	<b>Eje</b>	<b>Clase</b>	<b>Acabado</b>
70	H7	n6	Forzado duro	N6/N7

Además, se determinará los valores del ajuste  $\varnothing 80H7/n6$  mediante tablas (Anexo 8).

Tabla 21

Valores de ajuste para la placa base y acople cónico

Ajuste simbólico	Numérico (mm)
$\varnothing 70 H7$	+0,030
	+0,000
$\varnothing 70 n7$	+0,039
	+0,020

Agujero:

$$\varnothing 70_{+0,000}^{+0,030}$$

Es=  $\varnothing 70,030$ ; Ei =  $\varnothing 70,000$ 

Eje:

$$\varnothing 70_{+0,020}^{+0,039}$$

$$es = \varnothing 70,039; ei = \varnothing 70,020$$

Apriete máximo: diferencia entre la medida máxima del eje (es) y la mínima del agujero (Ei).

$$Amáx = es - Ei$$

Ecuación 12 Apriete máximo

$$Amáx = 70,039 - 70,000$$

$$Amáx = 0,03$$

Apriete mínimo: diferencia entre la medida mínima del eje (ei) y la máxima del agujero (Es).

$$Amín = ei - Es$$

Ecuación 13 Apriete mínimo

$$Amín = 70,020 - 70,030$$

$$Amín = -0,01$$

### 5.2.2 Ajuste entre placa superior y placa transparente.

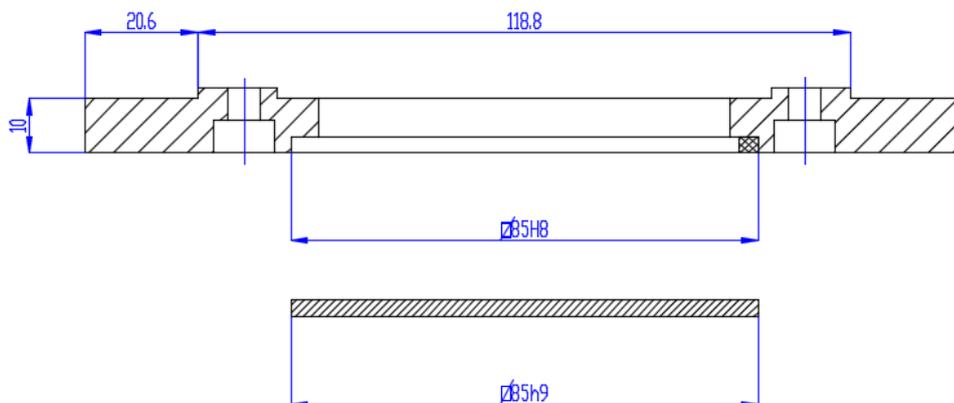


Figura 73 Tolerancias de ajuste, placa superior y placa transparente

En este tipo de acople se seleccionó como el anterior un SAU, debido a que es más fácil y económico reemplazar la placa de vidrio que sustituir toda la placa de acero.

Tabla 22

SAU para el ajuste entre placa base y acople cónico

<b>Diámetro Nominal</b>		<b>Agujero</b>	<b>Eje</b>	<b>Clase</b>	<b>Acabado</b>
85		H8	h9	Deslizante	N7/N8

Además, se determinará los valores del ajuste  $\varnothing 80H7/n6$  mediante tablas (Anexo 8).

Tabla 23

Valores de ajuste para la placa base y acople cónico.

Ajuste simbólico	Numérico (mm)
$\varnothing 85 H8$	+0,054
	+0,000
$\varnothing 85 h9$	+0,000
	-0,087

Agujero:

$$\varnothing 85^{+0,054}_{+0,000}$$

Es=  $\varnothing 85,054$ ; Ei =  $\varnothing 85,000$

Eje:

$$\varnothing 85_{-0,087}^{+0,000}$$

es=  $\varnothing 85,000$ ; ei =  $\varnothing 84,913$

Apriete máximo: diferencia entre la medida máxima del eje (es) y la mínima del agujero(Ei).

$$J_{\text{máx}} = Es - ei$$

Ecuación 14 Juego máximo

$$J_{\text{máx}} = 85,054 - 84,913$$

$$J_{\text{máx}} = 0,141$$

Apriete mínimo: diferencia entre la medida mínima del eje (ei) y la máxima del agujero(Es).

$$J_{\text{mín}} = Ei - es$$

Ecuación 15 Juego mínimo

$$J_{\text{máx}} = 85,000 - 85,000$$

$$J_{\text{máx}} = +0,000$$

### 5.3. Montajes y comprobaciones.

Una vez realizado el ensamblaje de todos los componentes, se procederá al montaje de este accesorio sobre la base del proyector de perfiles. En primer lugar, se retira la base anterior del proyector y se deja disponible el agujero cónico que posteriormente se acoplará con el conjunto total de la mesa a través del eje cónico.



Figura 74 Desmontaje del accesorio anterior

Previo al montaje se realiza verificación de dimensiones del agujero cónico, así evitaremos ajustes innecesarios durante el ensamble.



Figura 75 Ensamblaje de la mesa

Como se observa en la figura 85, se acopló sin ningún inconveniente, seguido de esto se comprobó los desplazamientos máximos en cada eje sin

que exista dificultades al final del alcance máximo de cada cabeza micrométrica.



Figura 76 Comprobación alcances, cada eje de desplazamiento

Seguido de esta comprobación, también se realizó una prueba de proyección con la luz de proyección.



Figura 77 Comprobación de la proyección de la luz

Durante este ensayo también se observó que no existe ningún obstáculo en la proyección de los objetos. Con estas dos comprobaciones se procederá a la verificación y toma de resultados y ajustes necesarios que se deba realizar para el funcionamiento adecuado de este accesorio.

Básicamente se tomará en cuenta las siguientes comprobaciones:

- Verificación de precisión de las cabezas micrométricas.
- Verificación de paralelismo en el eje “X” e “Y”.
- Verificación de rectitud en el eje “X” e “Y”.

Se utilizó los siguientes elementos:

Tabla 24

Características técnicas de los patrones de caras paralelas.

<b>PATRONES DE CARAS PARALELAS</b>		
Serie: KO01207	Set contents: 10	Grado:1
Marca: HOLEX	2.5,5.1,7.7,10.3,12.9,15,17.6,20.2,22.8,25	Código:480452 10



Figura 78 Set de patrones de caras paralelas.

Tabla 25

Características técnicas de la escuadra de filo a 90°.

<b>ESCUADRA DE PRECISIÓN DE 90°</b>		
Material: Acero Inoxidable	Dimensiones(mm): 50x40	Sección (mm) 10 x 6.0



Figura 79 Set de patrones de caras paralelas.

### 5.3.1 Verificación de precisión en el eje “X” y “Y”.

Previo a la verificación de la precisión de la mesa, se escogió un grupo de patrones disponibles:

<b>Patrones Utilizados:</b>	<b>2.5</b>	<b>5.1</b>	<b>7.7</b>	<b>10.3</b>	<b>12.9</b>	<b>15</b>
-----------------------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-----------

Se procedió al montaje cada uno de estos patrones tanto en el eje “X” e “Y” cuya proyección se alinearán con los ejes de proyección de la pantalla.



Figura 80 Ubicación de patrones sobre la mesa de desplazamiento

Se tomó 7 medidas, conociendo previamente la medida del patrón, en el siguiente esquema se indica cómo se tomó las mediciones:

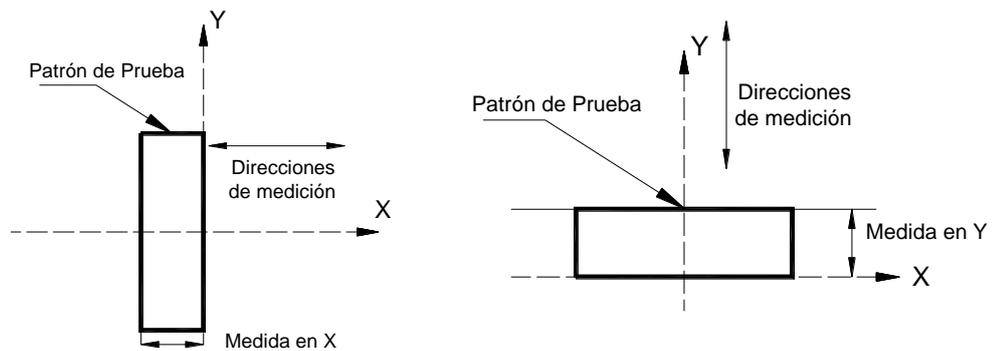


Figura 81 Esquemas de verificación en los ejes "X" e "Y"

En este tipo de verificación se obtuvo las siguientes medidas:

Tabla 26

Medidas obtenidas para un patrón de 2,500mm

Ord	Medida Patrón	Medida inicial	Medida final	Medida obtenida
1	2,500	2,133	4,637	2,504
2		4,635	2,135	2,500
3		2,138	4,642	2,504
4		4,622	2,136	2,486
5		2,132	4,645	2,513
6		4,626	2,144	2,482
7		2,144	4,645	2,501

Tabla 27

Medidas obtenidas para un patrón de 5,100mm

Ord.	Medida Patrón	Medida inicial	Medida final	Medida obtenida
1	5,1	0,121	5,222	5,101
2		5,250	0,126	5,124
3		0,135	5,289	5,102
4		5,319	0,179	5,107
5		0,140	5,230	5,090
6		5,420	0,298	5,122
7		0,127	5,230	5,103

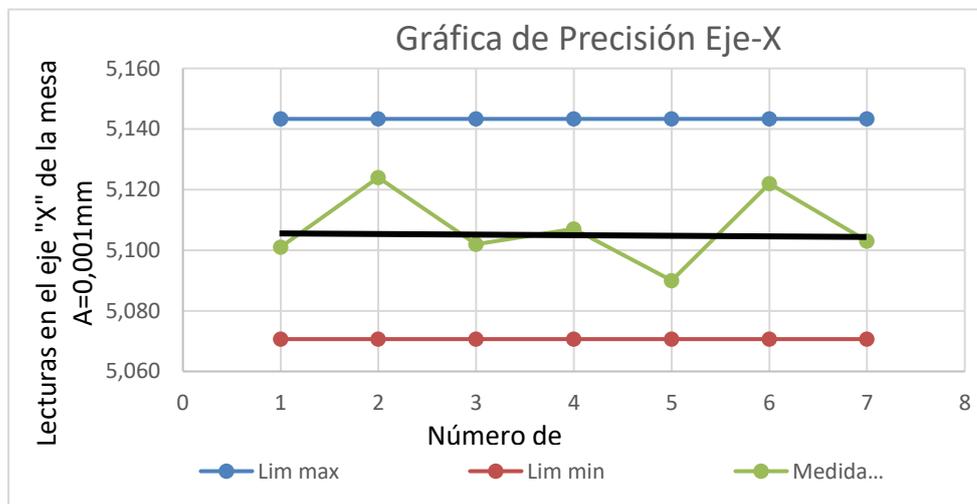


Figura 82 Gráfica de precisión para el eje “X” con un patrón

### 5.3.2 Verificación de paralelismo en el eje “X” y “Y”.

Para la verificación de este parámetro se utilizó una escuadra de filo a 90° (ver tabla 26 y figura 81).

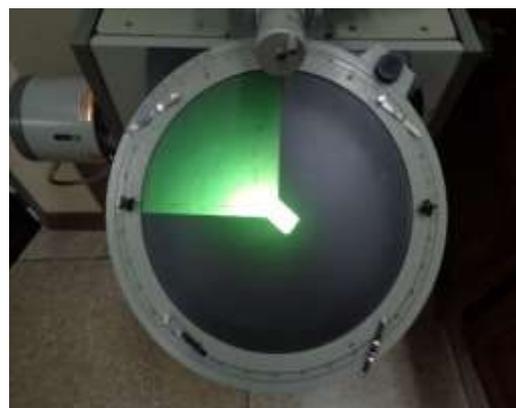


Figura 83 Ubicación escuadra, paralelismo en el eje "X" e "Y"

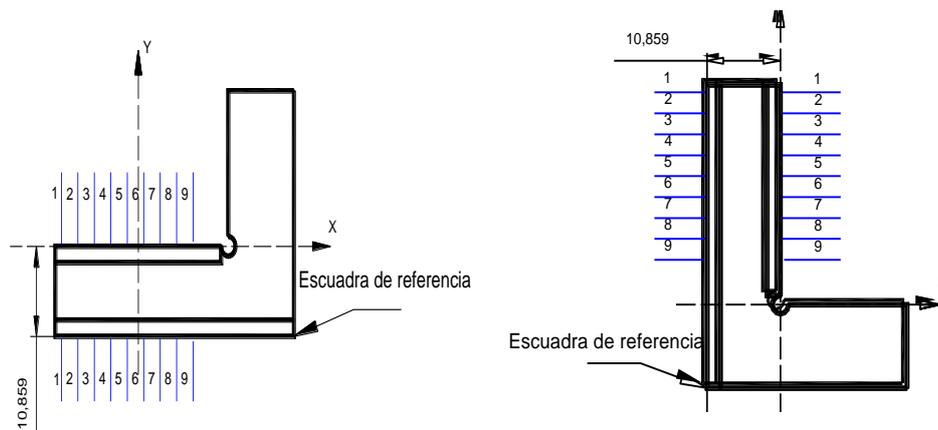


Figura 84 Esquema de ubicación para la escuadra

Los resultados se reflejan en las siguientes tablas:

Tabla 28

Medidas obtenidas verificación de paralelismo para el eje "X"

Ord.	Incrementos	Medida referencia	Medida Inicial	Medida final	Medida Obtenida
1	0	10,859	9,134	20,010	10,876
2	3		20,015	9,144	10,871
3	6		9,136	20,011	10,875
4	9		20,009	9,140	10,869
5	12		9,130	20,008	10,878
6	15		20,012	9,135	10,877
7	18		9,140	20,012	10,872
8	21		20,007	9,133	10,874
9	24		9,131	20,003	10,872

Tabla 29

Medidas para verificación de paralelismo para el eje "Y"

Ord.	Incrementos	Medida referencia	Medida Inicial	Medida final	Medida Obtenida
1	0	10,859	9,134	20,008	10,874
2	3		20,010	9,141	10,869
3	6		9,136	20,013	10,877
4	9		20,007	9,158	10,849
5	12		9,139	20,014	10,875
6	15		20,016	9,180	10,836
7	18		9,178	20,015	10,837
8	21		20,017	9,179	10,838
9	24		9,177	20,014	10,837

### 5.3.3 Verificación de rectitud en el eje "X" e "Y".

De similar forma, se ubicará la escuadra con respecto a la figura 6.21 y se sigue el siguiente esquema:

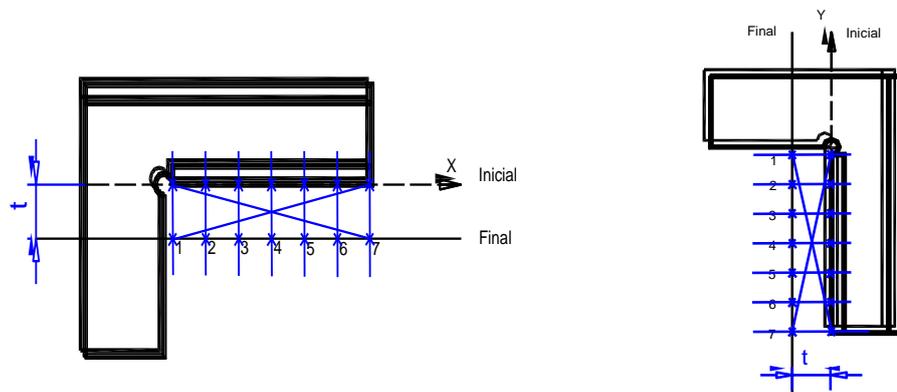


Figura 85 Esquema de verificación de rectitud para el eje "X" e "Y"

Las medidas obtenidas son:

Tabla 30

Medidas verificación de para rectitud para el eje "X"

Tramos	Incrementos	Inicial	Final	Error
1	0	0	0	0
2	3,75	0	0	0
3	7,5	0	0	0
4	11,25	0	0,002	0,002
5	15	0	0,003	0,003
6	18,75	0	0,005	0,005
7	22,5	0	0,005	0,005

#### 5.4 Toma de resultados y validación

Tabla 31

Medidas verificación de para rectitud para el eje "Y"

Tramos	Incrementos	Inicial	Final	Error
1	0	0	0	0
2	3,75	0	0	0
3	7,5	0	0,002	0,002
4	11,25	0	0,001	0,001
5	15	0	0,003	0,003
6	18,75	0	0,004	0,004
7	22,5	0	0,004	0,004

Con los datos anteriormente se realizó los siguientes análisis para la validación de todo el accesorio:

##### 5.4.1 Precisión.

Se define precisión como la mayor o menor cercanía entre varias mediciones y realizadas con el mismo instrumento con respecto a un valor medido, en este caso será la medida dada por el patrón.

Para evaluar la precisión se calcula la desviación normal y se compara tres veces la apreciación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})}{N}}$$

Ecuación 16 Desviación Normal

Dónde:

$\sigma$ : Desviación Normal.

$X_i$ : Sumatoria de todas las mediciones.

$\bar{X}$ : Media Aritmética de las mediciones.

$N$ : número de mediciones.

$$\sigma < 3xA$$

Ecuación 17 Desviación máxima con respecto a la Apreciación

Llevándolo al caso de la mesa con apreciación planteada de 0.01 mm se tiene que:

$$\sigma < 3x0.01$$

$$\sigma < 0.03$$

Otro parámetro para evaluar la precisión es el error porcentual y relativo:

$$\varepsilon r = \frac{X_i - X_v}{X_v}$$

Ecuación 18 Error relativo

Dónde:

$\varepsilon r$ : Error relativo.

$X_i$ : Valor real.

$X_v$ : Valor Medido.

$$\varepsilon p = \varepsilon r \times 100\%$$

Ecuación 19 Error porcentual

Dónde:

$\varepsilon p$ : Error porcentual.

$\varepsilon r$ : Error relativo

Un error admisible para mediciones debe ser menor al 5%

Evaluando las mediciones anteriores se tiene:

Tabla 32

Validación de resultados con respecto a la precisión

Medida patrón (mm)	Desviación	Condición $\sigma < 0.03$	Error Porcentual (%)	Condición $\varepsilon p < 5\%$
2,5	0,007	PASA	0,09	PASA
5,1	0,012	PASA	0,14	PASA
7,7	0,007	PASA	0,08	PASA
10,3	0,005	PASA	0,04	PASA
12,9	0,026	PASA	0,095	PASA
15	0,009	PASA	0,073	PASA

#### 5.4.2. Paralelismo.

Para validar este parámetro se tomará en cuenta valores permitidos en tolerancias geométricas mediante las siguientes tablas.

Tabla 33

Tolerancias geométricas con respecto al paralelismo

Tabla 5.48 Tolerancias geométricas de elementos asociados

Simbolo	Tolerancias de orientación			Tolerancias de posición			Tolerancia de movim.
	$//$	$\perp$	$\sphericalangle$	$\oplus$	$\odot$	$\equiv$	$\nearrow$
Significación	Paralelismo	Perpendicularidad	Inclinación	Posición	Coaxialidad o concentricidad	Simetría	Oscilación
Toler. amplia	IT 9	0,4 mm/m	0,4 mm/m	IT 11	0,02	IT 11	
Toler. reducida	IT 5	0,1 mm/m	0,1 mm/m	0,02	0,005	0,02	

Fuente: (Tolerancias, 2016)

Con respecto a la tabla anterior se tomará una tolerancia de orientación: paralelismo y con una tolerancia amplia: IT9.

Para determinar el valor de IT 9, se tomó en cuenta como valor nominal el ancho de la escuadra, mediante la cual se está evaluando el paralelismo,  $N=10,859$  mm.

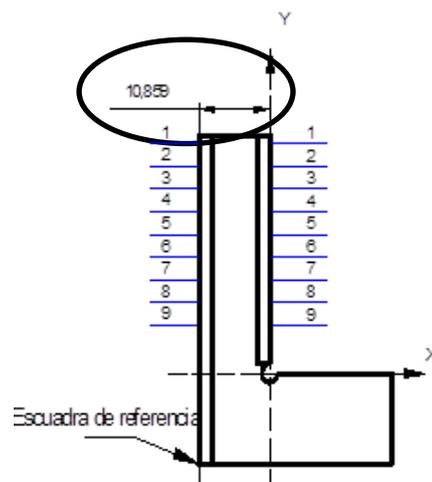


Figura 86 Medida nominal tomada de la escuadra de prueba

Tabla 34

Valores de Amplitud de zonas de Tolerancias

TOLERANCIAS FUNDAMENTALES EN MICRAS

Grupos de dim. en mm.		CALIDAD																	
		0,1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
mayor de	hasta																		
0	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	220	520	810	1300	2100	3200
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	260	570	890	1400	2300	3600
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

TOLERANCIAS I.S.O.

Fuente: (Tolerancias, 2016)

$$t = 45 \mu\text{m} = 0.043 \text{ mm}$$

Tabla 35

Validación de valores de paralelismo

Desviación "X"	Condición $t < 0.043 \text{ mm}$	Desviación "Y"	Condición $t < 0.043 \text{ mm}$
0,017	PASA	0,015	PASA
0,012	PASA	0,01	PASA
0,016	PASA	0,018	PASA
0,01	PASA	0,01	PASA
0,019	PASA	0,016	PASA
0,018	PASA	0,023	PASA
0,013	PASA	0,022	PASA
0,015	PASA	0,021	PASA
0,013	PASA	0,022	PASA

### 5.4.3 Rectitud.

De forma similar que el anterior parámetro se validó los resultados con la siguiente tabla de tolerancias geométricas.

Tabla 36

## Tolerancia de forma

Simbolos	—		○	$\phi$		
Denominación	Rectitud	Planicidad	Redondez	Cilindricidad	Forma de una línea cualquiera	Forma de una superficie cualquiera
Tolerancia amplia	0,1 mm/m	0,1 mm/m	IT 8	0,04 mm/m	—	—
Tolerancia reducida	0,02 mm/m	0,04 mm/m	IT 5	0,02 mm/m	—	—

Fuente: (Tolerancias, 2016)

$$t = 0.02 \text{ mm/m}$$

Tabla 37

## Validación de valores de rectitud

Desviación en "X"	Condición $t < 0.02 \text{ mm/m}$	Desviación en "Y"	Condición $t < 0.02 \text{ mm/m}$
0	PASA	0	PASA
0	PASA	0	PASA
0	PASA	0,002	PASA
0,002	PASA	0,001	PASA
0,003	PASA	0,003	PASA
0,005	PASA	0,004	PASA
0,005	PASA	0,004	PASA

## 5.5. Informe de puesta a punto.

Todo el informe completo, está adjunto en el Anexo 9.

## CAPÍTULO 6 ANALISIS ECONÓMICO FINANCIERO

### 6.1 Análisis Económico.

El análisis económico permitirá establecer la factibilidad y rentabilidad del proyecto ya que se detalla los costos totales de la mesa de proyector de perfiles, detallados en costos directos e indirectos, además con un porcentaje de imprevistos.

#### 6.1.1 Costos directos e indirectos.

La tabla 7.1 indica un desglose del costo de los materiales utilizados en la ejecución del proyecto, así como también de los costos de mano de obra y otros gastos:

Tabla 38

Desglose de los costos directos e indirectos

<b>7.1.a Costo total de materiales directos</b>				
N°	Descripción	Material Norma	Cantidad	Costo (USD)
1	Cabeza Micrométrica	Varios	2	924,68
2	Perno M6X40 soportes	Acero	4	2
3	Prisionero M6X10	Acero	6	1,5
4	Guías en V de rodillos cruzados	Acero	6	268
5	Pernos M6X20 guías	Acero	24	12
6	Resorte superior	Acero	4	6
7	Placa base (170x170x12,5 mm)	Acero ASTM A36	1	13,2
8	Placa de visualización (84x84x5 mm)	Vidrio	1	1
9	Pernos M6X16	Acero	2	1
10	Placa base móvil (180x180x50 mm)	Acero ASTM A36	1	30
11	Pernos M6X25	Acero	2	1
12	Placa Base Fija (250x250x12,5 mm)	Acero ASTM A36	1	15
13	Barra (12,5x12,5x150 mm)	Acero AISI 01-DF2	1	25
15	Placa (200x90x80 mm)	Duraluminio	1	70,22
17	Pernos M6X10	Acero	2	1

Continua



20	Eje (D 101,6x 50 mm)	Acero ASTM A36	1	7,62
<b>Subtotal 1</b>			<b>USD.1379,22</b>	

Tabla 39

Desglose de los costos directos e indirectos (Continua)

<b>7.1 b. Costo de mano de obra</b>	
2.1 Mano de obra de construcción	777,33
2.2 Rectificado de superficies	474,43
2.3 Galvanizado	3,59
<b>Subtotal 2</b>	<b>USD.1255,35</b>

<b>7.2.c. Costos Indirectos</b>	
3.1 Materiales de oficina	180
3.2 Servicios básicos	300
3.3 Transporte	600
3.4 Internet	100
3.5 Impresiones	150
3.6 Copias	90
3.7 Suministros	40
<b>Subtotal 3</b>	<b>USD.1460</b>

<b>TOTAL (Subtotal 1+ Subtotal 2+ Subtotal 3)</b>	<b>USD.4094,57</b>
---	--------------------

Las horas empleadas para la fabricación de este accesorio es 30 horas según las hojas de procesos, por ende, el costo por hora trabajo en el taller es de \$19,75 por hora, este valor tendrá cada hora de producción si se desea una fabricación en serie.

En síntesis, el precio para la manufactura en serie de la mesa es de 4.094 dólares americanos valor que no incluye con el diseño e ingeniería, costos que deben ser asumidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

## 6.2 Análisis Financiero.

### 6.2.1 Financiamiento.

Tabla 40

## Financiamiento

RUBROS	PRESUPUESTO	RECURSOS		FINANCIAMIENTO	
		PROPIO	ESPE	PROPIO	ESPE
MISCELANEO	1460,00	1460,00	0,00	1460,00	0,00
R. Profesionales	1600,00	0,00	1600,00	0,00	1600,00
R. Estudiante	1000,00	1000,00	0,00	1000,00	0,00
Presupuesto del Proyecto	4100,00	4100,00	0,00	4100,00	0,00
Imprevistos	600,00	600,00	0,00	600,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>8760</b>	<b>7160</b>	<b>1600</b>		

### 6.2.2 Depreciación de la mesa planimétrica.

La depreciación es la disminución del valor activo debido al uso, a la acción del tiempo o a la obsolescencia, cuyo objetivo es ir separando y acumulando fondos para restituir un determinado bien, que va perdiendo valor por el uso.

La depreciación del accesorio se la hará en el tiempo de vida útil que será de 10 años. Para determinar se divide el valor de inversión inicial que son USD.4094,57 para el periodo de vida útil. Si se realiza una evaluación mensual de caja, a este valor se divide para 12 meses, obteniendo una depreciación mensual.

$$Depreciación = \frac{Inversión\ Inicial}{n * t}$$

Ecuación 20 Depreciación

Dónde:

n: número de años de vida útil.

t: número de meses.

Reemplazando valores se tiene:

$$\text{Depreciación} = \frac{4094,57}{10 * 12}$$

$$\text{Depreciación} = \$34,12 \text{ mensual}$$

Otro método para determinar la depreciación es el método de la línea recta, en el cual se toma el costo de adquisición del activo, y se resta el valor residual, el cual se determina en el 20% del total del proyecto, para así repartir la diferencia entre la vida útil estimada del activo en referencia.

Tabla 41

Cuota de depreciación

Descripción	Valor [USD]
Valor de retorno	4094,57
Costo al termino del proyecto	4094,57
Tiempo de depreciación (años)	10
Valor residual (20%)	818,914
Valor depreciable	3275,656
Cuota de depreciación anual	409,44

Tabla 42

Depreciación en línea recta

Años	Saldo al Inicio de año	Cargo anual de depreciación	Depreciación acumulada (Reserva)	Valor Neto Saldo
0				4094,57
1	4094,57	409,44	409,44	3685,13
2	3685,13	409,44	818,88	3275,69
3	3275,69	409,44	1228,32	2866,25
4	2866,25	409,44	1637,76	2456,81
5	2456,81	409,44	2047,2	2047,37
6	2047,37	409,44	2456,64	1637,93
7	1637,93	409,44	2866,08	1228,49
8	1228,49	409,44	3275,52	819,05
9	819,05	409,44	3684,96	409,61
10	409,61	409,44	4094,4	0,17



Figura 87 Diagrama de la depreciación del método de la línea recta

## CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 7.1 Conclusiones.

- La mesa de desplazamiento x-y fabricada es funcional y reúne todos los parámetros de diseño planteados. El accesorio a través de las pruebas de funcionamiento demuestra que el posicionamiento de los objetos a ser medidos, es exacto y con un mínimo de error en el proceso de medición.
- El equipo es de fácil manipulación, montaje y sin ningún problema de desplazamiento durante los procesos de medición.
- La investigación metrológica permitió acceder a información necesaria para la determinación de aspectos que faciliten la adecuada adquisición de elementos normalizados.
- Las normas ISO 2768 utilizadas permitieron un ahorro adecuado de tiempo y recursos, además de incorporar elementos estándar en el conjunto total, de tal forma que ayudara de forma eficiente en el reemplazo de componentes que se deterioren por su normal uso.
- Todos los materiales usados en la fabricación son comercialmente disponibles y de fácil maquinabilidad. El software de modelamiento permitió determinar de forma adecuada todas las variables en los procesos con arranque de viruta.
- La selección de las guías THK modelo VR6 – 150x10Z de rodillos cruzados es la más adecuada para este tipo de dispositivo, permite un movimiento libre y exacto en los dos ejes para garantizar alta precisión en la medición.
- La verificación de precisión, por la empresa “SIMETRIC Servicios Integrales CIA.LTDA.” en las cabezas micrométricas también garantizan resultados adecuados, este ensayo se obtuvo un resultado un error mínimo de 0,001 mm para la cabeza “Código 124489” y un error de 0,000 para la cabeza “Código124339” Ver Anexo 10.

- En las pruebas de verificación de precisión la desviación máxima fue de 0,095 y un error porcentual de 0.026 %. Mientras que la verificación de paralelismo y rectitud se determinó una desviación máxima de 0.023 y 0,005 mm respectivamente.
- Para una adecuada instalación de las guías de deslizamiento fue necesario rectificar un asentamiento corto de ancho de las guías, con esto se ahorró considerablemente maquinado por rectificado de todas las placas
- La utilización del software de modelamiento permitió de forma muy cercana a la realidad, establecer la ubicación de todos los elementos.

## 7.2 Recomendaciones.

- Para este tipo de dispositivos, son usados para la medición, se recomienda considerar como prioridad la fabricación por maquinas CNC, ya que este recurso tecnológico permite obtener medidas precisas, acabados finos y muy baja deformación geométrica de los elementos, en especial cuando se realiza ajustes.
- Este dispositivo tiene elementos de alta precisión, por lo que se recomienda una manipulación cuidadosa y cierta capacitación en el uso de equipos metrológicos.
- En el ensamble de las guías se recomienda seguir al pie las recomendaciones del fabricante.
- Tomar las debidas precauciones al colocar objetos a ser medidos, ya que la placa de proyección es de vidrio, un material muy frágil.
- Para un óptimo funcionamiento, se recomienda mantener una humedad relativa del  $50 \pm 10 \%$  y una temperatura ambiente de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ .
- Para garantizar un adecuado funcionamiento de las guías lineales, es muy importante la lubricación, por lo general el fabricante recomienda lubricar las guías o poner grasa N°2 a base de jabón Litio, cada 100 Km de desplazamiento o cada 6 meses a un año.

## BIBLIOGRAFÍA

- 9000, I. (2005). Norma Internacional ISO 9000:2005. *Sistemas de Gestión de Calidad, Fundamentos y Vocabulario*. Suiza: ATR.
- Alfing, L. (1990). *Procesos para Ingeniería de Manufactura*. México D.F.: Alfa-Omega.
- Appold, H. (2005). *Tecnología de los Metales para Profesionales Técnico-Mecánicos*. Barcelona: REVERTE.
- Bawa, H. (2007). *Procesos de Manufactura*. México DF: Mc Graw Hill.
- Cátalogo, T. (2014). *Cátalogo de guías de movimiento Lineal THK*. Hebron, Ohio, USA: THK Linear Motion.
- Chávez, H. (27 de 11 de 2007). *SECAMER*. Obtenido de DECRETO CON RANGO VALOR Y FUERZA DE LEY DE RFORMA PARCIAL DE LA LEY DE METROLOGIA:  
<http://www.sencamer.gob.ve/sites/default/files/pdf/leydemetrologia.pdf>
- Espinoza, J. C. (1999). *Manual de Mecánica Industrial Tomo I*. Madrid: CULTURAL S.A.
- Fabricación, I. C. (Enero de 2017). *IMH Tolerancias Dimensionales*. Obtenido de <http://www.imh.eus/es/comunicacion/dokumentazio-irekia/manuales/proyecto-medicion-tridimensional-en-fabricacion-mecanica-con-equipos-portables/tolerancias-dimensionales>
- Fernández, Á. (2011). *PROYECTOR DE PERFILES Y MÁQUINA DE MEDICIÓN POR COORDENADAS*. Santiago de Chile: INACAP.
- INEN. (2010). *Código del Dibujo Técnico Mecánico*. Quito: INEN.
- Larburu, N. (1989). *Máquinas, Prontuario*. Madrid: Paraninfo.

- Machine, P. (2015). *THK*. Obtenido de THK: :  
[http://www.nskeurope.com/cps/rde/dtr/eu\\_en/literature\\_precision/EN-Precision-Machine-Component-E3162.pdf](http://www.nskeurope.com/cps/rde/dtr/eu_en/literature_precision/EN-Precision-Machine-Component-E3162.pdf).
- MITUTOYO. (2015). *Cátalogo Productos Metrologicos*.
- Nisbett, R. G. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México: Mc-Graw Hill.
- Norton, R. L. (2004). *Diseño de Maquinaria* . México: Mac Graw Hil.
- Schaffer, J., Ashok , S., Antolovich, S., Sanders, T., & Warner, S. (2006). *Ciencia y Diseño de Materiales para Ingeniería*. México: Compañía Editorial Continental.
- Slideshare*. (s.f.). Obtenido de  
<http://www.slideshare.net/preppie83/interpretacion-de-la-norma-iso-90012008>.
- Toapanta, V. (2005). *Apuntes de Metrología*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Tolerancias*. (2016). Obtenido de  
<http://forjadoresdeideas.blogspot.com/2011/01/ajustes-y-tolerancias.html>
- Zeiss, C. (2007). *Manual de Instrucciones de Uso Proyector Medidor MP320*. Munich Alemania: Carls Zeiss.

**ANEXOS**