

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERIA MECÁNICA

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO MECÁNICO

**TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA CORTAR
POLIESTIRENO EXPANDIDO CON MOTORES DE PASO
CONTROLADOS CON UN PLC**

**AUTORES:
JENNY LUCIA JÁTIVA GAVILANES
KLEVER FERNANDO COLLAGUAZO MANOTOA**

**DIRECTOR:
EDWIN FERNANDO IBARRA ZULETA**

Quito, junio de 2015

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Klever Fernando Collaguazo Manotoa y Jenny Lucía Játiva Gavilanes, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Klever Fernando Collaguazo Manotoa
171678038-0

Jenny Lucía Játiva Gavilanes
100270510-9

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico ha sido realizado en su totalidad por el Sr. Klever Fernando Collaguazo Manotoa y la Sra. Jenny Lucía Játiva Gavilanes.

Los conceptos desarrollados, análisis, cálculos realizados, conclusiones y recomendaciones del presente proyecto son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Ing. Edwin Fernando Ibarra Zuleta
DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

A Dios por haberme guiado por el buen sendero de la educación, permitirme ser mejor persona y progresar por el camino del bien.

A mi madre, por su apoyo, amor, comprensión, motivación y deseos de superación.

A todas las personas que con su apoyo y motivación me han permitido alcanzar una meta más en la vida

Jenny Játiva

DEDICATORIA

Al todo poderoso, que me permitió darme la oportunidad de superarme y retribuir con mi conocimiento a la sociedad.

A mi familia que apoyó y apoyará mi esfuerzo encomiable en la obtención de mis objetivos personales, laborales, académicos.

A todas las personas que con sus virtudes, han influenciado en mí para desenvolverme de una forma adecuada en la vida y alcanzar el éxito.

Klever Collaguazo

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana y a todas aquellas personas que fueron testigos de nuestra formación y que con su aporte valioso de conocimientos nos han permitido asumir el compromiso de trabajar con esfuerzo, firmeza y tenacidad como nuevos profesionales.

Klever Collaguazo y Jenny Játiva

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1	
CAPÍTULO I	2	
ESTADO DEL ARTE	2	
1.1	Introducción	2
1.2	Polímeros	2
1.3	Clasificación de los materiales	3
1.4	Poliestireno expandido	4
1.5	Reciclabilidad	4
1.6	Aplicaciones del EPS	5
1.6.1	Aplicaciones industriales	5
1.6.2	Aplicaciones decorativas	6
1.6.3	Aplicaciones publicitarias	7
1.7	Propiedades físicas del EPS	8
1.8	Propiedades químicas del EPS	8
1.9	Propiedades biológicas del EPS	9
1.10	Corte del EPS	9
1.10.1	Cizallamiento en frío	9
1.10.2	Corte por cintas de sierra	9
1.10.3	Corte por hilo metálico	9
1.11	Sistemas de automatización en máquinas	10
1.11.1	Control numérico	10
1.11.2	Control numérico computarizado	11
1.12	Máquina con control numérico computarizado para cortar EPS	11
1.13	Sistemas de guías	12
1.14	Sistemas de transmisión	14
1.15	Motores	17
1.15.1	Motores paso a paso (PaP)	17
1.16	Control de una CNC	19

1.17	Ventajas de los PLC's	19
1.18	Desventajas de los PLC's	19
CAPÍTULO II		20
DIMENSIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN		20
2.1	Introducción	20
2.2	Requerimientos de la máquina	20
2.3	Casa de calidad para la máquina de cortar EPS	20
2.4	Diseño del sistema mecánico	26
2.4.1	Diseño del bastidor	27
2.4.2	Diseño del sistema de tornamesa	37
2.4.3	Caja soporte de mecanismo	60
2.4.4	Sistema de movimiento horizontal	61
2.4.5	Sistema de movimiento vertical	63
2.4.6	Sistema de corte	64
2.4.7	Sistema transmisión	72
2.4.8	Selección de pernos	80
2.4.9	Selección de rodamientos	81
2.5	Lista de materiales	82
CAPITULO III		85
AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA CORTADORA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO		85
3.1	Introducción	85
3.2	Selección del PLC	85
3.2.1	Características del PLC S7-1200	86
3.3	Estructura del sistema de control de la máquina para cortar EPS	87
3.4	Software de programación	88
3.5	Automatización	89
3.5.1	Direccionamiento	89
3.5.2	Identificación de entradas y salidas	91
3.5.3	Nemónicos	93
3.5.4	Programación	94
3.5.5	Inicio de programación	96

3.6	Selección de los principales sistemas eléctricos y/o electrónicos de la máquina	100
3.7	Sistema de corte hilo de nicromo	100
3.7.1	Cálculos del hilo de corte	101
3.8	Cálculo de sistema motriz	102
3.8.1	Pulsos que se debe generar en el PLC para conseguir el movimiento hasta una posición deseada	104
3.9	Sistema eléctrico	107
CAPITULO IV		109
ENSAYOS Y PRUEBAS		109
4.1	Introducción	109
4.2	Pruebas de funcionamiento mecánicas	109
4.3	Pruebas de funcionamiento eléctricas	111
4.3.1	Pruebas de funcionamiento de corte	112
4.4	Pruebas de funcionamiento electrónica	113
4.4.1	Pruebas de determinación de velocidad	115
4.5	Análisis económico	116
CONCLUSIONES		118
RECOMENDACIONES		120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Las moléculas de polímero pueden tener estructura formada por muchas cadenas, enredadas pero no unidas (termoplásticos) o pueden formar redes tridimensionales cuya cadenas tienen enlaces cruzados (termofijos).	2
Figura 1.2: Símbolo de clasificación para el reciclado del poliestireno	4
Figura 1.3: Cañuelas para aislamiento de tuberías	5
Figura 1.4: Aplicaciones decorativas para portadas y muros	6
Figura 1.5: Aplicaciones publicitarias con poliestireno expandido	7
Figura 1.6: Ejemplos de máquina CNC para cortar EPS	10
Figura 1.7: Operación de una máquina CNC	11
Figura 1.8: Principales partes de una máquina CNC para cortar EPS	12
Figura 1.9: Opciones de sistema de guía lineal en una máquina CNC para cortar EPS	13
Figura 1.10: Opciones de sistema de transmisión en una máquina CNC para cortar EPS	15
Figura 1.11: Motores PaP NEMA 23 y NEMA 24	17
Figura 2.1: Estructura de “Casa de calidad”	21
Figura 2. 2: “Casa de calidad” para el análisis de la máquina	22
Figura 2. 3: “Casa de calidad” para el análisis del sistema de guías	23
Figura 2. 4: “Casa de calidad” para el análisis del sistema de transmisión	24
Figura 2. 5: Máquina CNC y sus principales sistemas	25
Figura 2.6: Forma del perfil tipo 8 40 x 40	27
Figura 2. 7: Bastidor virtual - bastidor construido	28
Figura 2.8: Diagrama cortante y diagrama de momentos	32

Figura 2.9: Nomograma del ITEM	35
Figura 2.10: Tornamesa diseñado - tornamesa fabricado	37
Figura 2.11: Base giratorio seleccionado del mercado	40
Figura 2.12 Base de madera	41
Figura 2. 13: Diagrama de cuerpo libre de engranajes	43
Figura 2.14: Parámetros de la AGMA para el factor Kb del espesor del aro	51
Figura 2.15: Factor de geometría J	52
Figura 2.16: Escala de dureza	56
Figura 2.17: Sistema de engranajes de la tornamesa diseñado - sistema de engranajes de la tornamesa construido	57
Figura 2.18: Soporte de motor paso a paso diseñado - soporte de motor paso a paso construido	57
Figura 2.19: Diagrama de momento cortante y diagrama de momento	58
Figura 2.20: Caja soporte del mecanismo diseñado para eje y - caja soporte del mecanismo construido	61
Figura 2.21: Caja soporte del mecanismo diseñado para eje x - caja soporte del mecanismo construido	61
Figura 2.22: Sistema de movimiento horizontal diseñado - sistema de movimiento horizontal construido	62
Figura 2.23: Rueda carrilera diseñado - rueda carrilera construido	62
Figura 2.24: Sistema de movimiento vertical diseñado - sistema de movimiento vertical construido	63
Figura 2.25: Rueda de carrilera vertical diseñado - rueda de carrilera vertical construido	63
Figura 2.26: Resorte diseñado - resorte construido	64

Figura 2.27: Rango preferente del esfuerzo inicial en resortes de tensión en función del índice del resorte	67
Figura 2.28: DCL sistema transmisión tipo omega	73
Figura 2.29: Selección del paso de la banda. Curva de funcionamiento P [KW] vs. RPM	74
Figura 2.30: Distancia ejes de sistema de tensión	76
Figura 2.31: Gráfica para determinar ancho de banda. Curva de funcionamiento b [mm] Vs. Fu [N]	78
Figura 3. 1 Opciones de control para la máquina	85
Figura 3. 2: “Casa de calidad” para determinar el sistema de control de la máquina	86
.....	86
Figura 3. 3: Sistema de control de la máquina para cortar EPS	87
Figura 3. 4: Direccionamiento de las entradas y salidas de la máquina de cortar EPS en PLC S7-1200	89
Figura 3. 5: Direccionamiento de salidas de la máquina de cortar EPS en módulo de expansión	90
Figura 3. 6: Hardware y software utilizado	94
Figura 3. 7: Bloque de organización main	95
Figura 3.8: Icono de TIA portal V13	96
Figura 3.9: Ventana principal de TIA portal v13, crear proyecto	96
Figura 3.10: Ventana de TIA portal V13 para seleccionar la opción de configurar dispositivo	97
Figura 3.11: Ventana de TIA portal v13 para agregar dispositivo	97
Figura 3.12: Ventana de TIA portal v13 para agregar módulos	98

Figura 3.13: Ventana de TIA portal v13 para configurar IP	98
Figura 3.14: Unidad de potencia del motor paso a paso	99
Figura 3. 15: Control de temperatura del alambre de nicromo con dimmer	102
Figura 3. 16: Montaje de dispositivos de control en el tablero	107
Figura 4. 1: Identificación de sistemas en máquina para cortar EPS	109
Figura 4. 2: Imágenes de las pruebas realizadas del sistema de corte	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Ejemplos, aplicaciones y propiedades de las categorías de materiales	3
Tabla 1.2: Propiedades físicas del EPS	8
Tabla 2. 1: Datos técnicos del perfil tipo 8 40x40	28
Tabla 2.2: Longitudes efectivas de columnas	29
Tabla 2.3: Deflexiones máximas recomendadas	36
Tabla 2. 4: Propiedades de materiales adicionales para engranajes para fines generales y especiales	42
Tabla 2. 5: Aplicación de factores K_a	48
Tabla 2. 6: Factores K_m de distribución de carga	49
Tabla 2. 7: Ecuaciones para el factor de velocidad. Normas AGMA	49
Tabla 2. 8: Factores de tamaño	50
Tabla 2. 9: Parámetros de la AGMA para el factor K_b del espesor del aro	51
Tabla 2. 10: Propiedades de termoplásticos seleccionados	53
Tabla 2. 11: Propiedades mecánicas del nylon Astm 6.6	54
Tabla 2.12: Constantes A y m de $S_{ut} = A/d^m$ para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes.	70
Tabla 2.13: Simbologías, fórmulas y factores de conversión	72
Tabla 2.14: Resistencia a la flexión y opciones de piñones para banda T5	75
Tabla 2.15: Tabla de coeficientes de fricción y factores de seguridad	77
Tabla 2.16: Fuerza de transmisión por diente por unidad de ancho	78
Tabla 2.17: Carga de tensión de tornillería- perfilería ITEM	80
Tabla 2. 18: Selección de rodamientos rígidos de bolas	82
Tabla 2.19: Listado de materiales mecánicos de la máquina cortadora de EPS	83

Tabla 3. 1: Ejemplos de PLC´s con sus respectivos softwares	88
Tabla 3. 2: Identificación de entradas y salidas de la máquina para cortar EPS	91
Tabla 3. 3: Distribución de motores paso a paso en máquina	93
Tabla 3. 4: Nemónicos utilizados en programación	93
Tabla 3. 5: Datos para el cálculo de los motores de paso	103
Tabla 3. 6: Listado de materiales eléctricos de la máquina cortadora de EPS	108
Tabla 4. 1: Tabla de indicadores de funcionamiento de la parte mecánica de la máquina construida	110
Tabla 4. 2: Secuencia de accionamiento de motores paso a paso bipolares	113
Tabla 4. 3: Resultados de pruebas en motores paso a paso controlados desde PLC	114
Tabla 4. 4: Los parámetros recomendables de trabajo con diferentes materiales según pruebas	115
Tabla 4. 5: Análisis económico	116
Tabla 4. 6 Diferencias entre máquina construida y máquina comprada:	117

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Datos generales del perfil tipo 8 40 x 40

Anexo 2: Características técnicas de la banda T5 seleccionada

Anexo 3: Distribución de tablero eléctrico

Anexo 4: Detalle dimensional perfil Ítem 40 x 40 mm

Anexo 5: Manual de configuración

Anexo 6: Manual de usuario

RESUMEN

La elaboración de productos de poliestireno expandido en la actualidad se desarrolla de manera artesanal, el país cuenta con pocas máquinas la mayoría importadas para este fin. El objetivo de este proyecto es construir una máquina automatizada que permita cortar de manera rápida, cumpliendo las especificaciones del producto a obtenerse; se hace conocer al lector sobre las características del EPS (Expanded PolyStyrene) para aplicaciones industriales, decorativas y/o publicitarias. Se desarrolla el diseño mecánico de la máquina considerando la adecuada operación y partiendo de la teoría de la casa de calidad por el cual, se determinarán los principales sistemas, componentes y materiales a usarse para la construcción de la máquina, la misma que consta de cuatro sistemas principales: sistemas lineales, sistema de transmisión, motores y control con un PLC Siemens S7-1200 que permite el giro de los motores paso a paso. La realización de ensayos y pruebas demostrará si los parámetros del diseño planteados al inicio del proyecto fueron satisfactorios. El desarrollo de modelados y planos, se lo hace con el software SolidWorks 2014.

ABSTRACT

Nowadays, the manufacturing of polyester products is by mean of craftwork, from the few machines that are being imported to the country most of them are used on this purpose. The goals of this project is to build an automatic machine that enables a fast cutting and also complying with the features of the expected product. These EPS (Expanded polystyrene) characteristics are brought to the knowledge of the reader for a further industrial, decorative or advertising use. The mechanical design of the machine is made based on a suitable operation and the quality. Consequently the main systems, the items as well as the materials to be used for the construction have to be set. The machine consist in four main systems: lineal system, transmission system, the engine and the control with a PLC Siemens S7-1200 that allows the engines to rotate step by step. The testing and test will then show whether the design parameters that were suggested from the very beginning have been satisfactory. The development of both the models and plans are made with the SolidWorks 2014 Software.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el país no existen máquinas automatizadas para cortar poliestireno expandido que hayan sido desarrolladas por la industria nacional; las únicas máquinas para este fin y que existen en el mercado son importadas desde Europa o EE.UU. a un alto costo y por ende al tener un acceso limitado a este tipo de maquinaria, es reducida la elaboración de productos de poliestireno con valor agregado teniendo como resultado únicamente aplicaciones de carácter decorativo o publicitario.

El poliestireno expandido (EPS, Expanded PolyStyrene) en nuestro medio ha sido desarrollado en su mayoría para la industria de alimentos; pero últimamente se está empleando para la elaboración de aislantes térmicos, paneles, dummies cuyo uso no ha sido desarrollado en su plenitud.

El desarrollo de la tecnología CNC en nuestro medio permite mejorar los procesos manuales con maquinaria automatizada y por ende elaborar productos con la misma calidad que las importadas, teniendo como principales ventajas la reducción de tiempo de producción, buen acabado superficial, diversidad de cortes, disminución de ruido durante la operación, etc.

El proyecto permite analizar las mejores alternativas mecánicas y de control en el diseño de una máquina cortadora de poliestireno expandido, las mismas que se desarrollan mediante el concepto de "Casa de calidad"; cuyas conclusiones permitirán al diseñador tener una hoja de ruta para el dimensionamiento y construcción de la misma. Los ensayos y pruebas determinará la funcionalidad de cada componente importante de la máquina, tales como: carrileras de movimiento x, y, x-y; tornamesa, bastidor, poleas tensoras, banda dentada, sistema de corte, motores de pasos, placa de motor en tornamesa, banda dentada, bases de madera.

CAPÍTULO I

ESTADO DEL ARTE

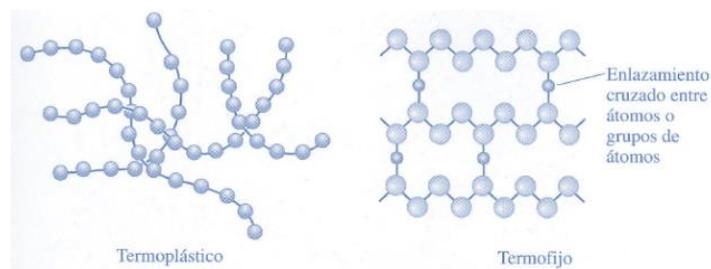
1.1 Introducción

La elaboración de productos de poliestireno expandido en la actualidad se desarrolla de manera artesanal, el país cuenta con pocas máquinas la mayoría importadas para este fin. El objetivo de este proyecto es construir una máquina automatizada que permita cortar de manera rápida, cumpliendo las especificaciones del diseño del producto a obtenerse; en el capítulo I se explica el material conocido como poliestireno expandido que constituye la materia prima de la máquina cortadora; se procede a dar a conocer las diferentes formas de cortar este material para obtener productos de carácter industrial, decorativo y publicitario. Cuando se utiliza una máquina para cortar ésta puede ser de control numérico (CN) o, control numérico computarizado (CNC), la misma que consta de cuatro sistemas principales: sistemas lineales, sistema de transmisión, motores y control, los cuales se explican en el presente capítulo.

1.2 Polímeros

Los polímeros se producen con un proceso llamado polimerización, este proceso se produce cuando las moléculas pequeñas, representadas por esferas, se combinan para producir moléculas más largas o polímeros tal como se indica en figura 1.1.

Figura 1.1: Las moléculas de polímero pueden tener estructura formada por muchas cadenas, enredadas pero no unidas (termoplásticos) o pueden formar redes tridimensionales cuya cadenas tienen enlaces cruzados (termofijos).



Fuente: Askeland & Phulé, 2008, pág. 15

1.3 Clasificación de los materiales

Las propiedades y características de los mismos en comparación con otros materiales se puede observar en la tabla 1.1

Tabla 1.1: Ejemplos, aplicaciones y propiedades de las categorías de materiales

Material	Ejemplos de aplicaciones	Propiedades
Metales y aleaciones Cobre Hierro colado gris Aceros aleados	Conductores eléctricos Bloques de motor para automóvil herramientas, chasis de automóviles	Alta conductividad eléctrica, buena formabilidad. Se pueden fundir y maquinar; amortigua vibraciones Se endurece con tratamiento térmico
Cerámicos y vidrios SiO ₂ -Na ₂ O-CaO Al ₂ O ₃ , MgO, SiO ₂ Titanio de bario Sílice	Vidrio de ventanas Refractarios Capacitores para microelectrónica Fibras ópticas para tecnología	Ópticamente transparente, aislante térmico Aislante térmico; resiste altas temperaturas, relativamente inerte al metal fundido Gran capacidad de almacenamiento Índice de refracción, bajas pérdidas ópticas
Polímeros Poliétileno Epóxicos Fenólicos	Empaques de alimentos Encapsulamiento de circuitos integrados Adhesivos para unir capas en madera terciada	Se moldea con facilidad en película delgada, flexible y hermética al aire. Aislante eléctrico y resistente a la humedad. Fuerte y resistente a la humedad.
Semiconductores Silicio GaAs	Transistores y circuitos integrados Sistemas opto eléctricos	Comportamiento eléctrico único Convierte señales eléctricas en luz; láseres, diodos de láser, etc.
Materiales compuestos Grafito-resina epóxica Carburo de tungsteno. Cobalto	Componentes de aviones Herramientas de corte de carburo para maquinado Recipientes de reactor	Alta relación de resistencia a peso Alta dureza pero buena resistencia al choque Bajo costo y alta resistencia del acero con la resistencia del titanio a la corrosión.

Fuente: Askeland & Phule, 2008, pág. 12

1.4 Poliestireno expandido

El poliestireno expandido es un material plástico celular obtenido a partir del poliestireno expandible. La base de este material es el estireno, un líquido cuyas moléculas se polimerizan, junto con agua y un agente de expansión, dando lugar a las perlas de poliestireno. Al someter este material al calor en condiciones controladas, las perlas se expanden hasta un volumen muy superior al original, obteniéndose el material pre expandido. Luego se moldea mediante un proceso que lo somete nuevamente a calor, inflando y soldando las perlas entre sí. Así se obtienen las espumas rígidas o bloques, o bien piezas de diferentes formas y tamaños. (Polinorte, 2014, pág. 2)

1.5 Reciclabilidad

El EPS es una abreviatura derivada de Expanded PolyStyrene y es uno de los materiales menos amigables con el reciclaje, esto se debe a que la polimerización del estireno no es reversible. A continuación se indica en la figura 1.2 el símbolo de clasificación para el reciclado del poliestireno:

Figura 1.2: Símbolo de clasificación para el reciclado del poliestireno



Fuente: Polinorte, 2014, pág. 2

Esto no quiere decir que el poliestireno expandido no pueda ser utilizado nuevamente, de hecho una de las posibilidades que existen es volver a utilizarlo en la construcción como componente del hormigón liviano, rellenos de terrenos, etc.

1.6 Aplicaciones del EPS

1.6.1 Aplicaciones industriales

El EPS mantiene las condiciones de temperatura necesarias para la conservación de bebidas y alimentos que son delicados y sensibles a los cambios de temperatura permitiendo así que conserve su sabor o consistencia, por ejemplo: carnes empacadas en vacío, helados, utensilios desechables, etc.

El EPS se puede usar como envase o embalaje de electrodomésticos, elementos electrónicos y elementos informáticos, cabe resaltar que tiene un excelente comportamiento en la amortiguación de impactos por ende evita daños durante el transporte y almacenamiento, por ejemplo para embalar refrigeradores, televisores, computadores, chips, etc.

El EPS se usa en forma de cartones o piezas mayores de protección para el empaque de varios elementos tales como: muebles, herramientas y maquinaria, piezas de automóviles, desde faros a retrovisores, equipos de óptica, fotografía y aparatos de precisión, juguetes, etc.

Un ejemplo de aplicación industrial se puede observar en la figura 1.3.

Figura 1.3: Cañuelas para aislamiento de tuberías



Fuente: Poliexpandidos, 2015, pág. 3

1.6.2 Aplicaciones decorativas

La principal característica del poliestireno expandido es de ocupar un gran volumen pero con bajo peso, en función de la densidad a la que fue fabricada (15 Kg/m^3 - 30 Kg/m^3). Es por ello que se han desarrollado muchas aplicaciones en el campo decorativo en la línea arquitectónica para interiores o exteriores.

La funcionalidad del poliestireno se mejora con recubrimientos superficiales duros de estuco para exteriores; o, livianos con pintura acrílica de rociado directo para interiores, como por ejemplo: dinteles, cenefas, ménsulas, chimeneas falsas, columnas decorativas, etc.

Figura 1.4: Aplicaciones decorativas para portadas y muros



Fuente: ABF Foam Cutters , 2002, pág. 24

1.6.3 Aplicaciones publicitarias

El auge del 3D actualmente ha llevado a la publicidad a otro tipo de comunicación, donde el cliente esta interactuando con el producto o viceversa; por tal motivo el poliestireno expandido ha sido útil para este objetivo.

Muchas de las representaciones de marcas, logotipos, tipografías, figuras, etc., para impactar al público son realizadas en su mayoría con poliestireno expandido por su bajo peso, fácil corte y buena maleabilidad. Los mismos, que pueden ser elaborados de forma manual o automática con la ayuda de máquinas cortadoras.

Los recubrimientos para este tipo de trabajos dependerá del uso; como por ejemplo: para vallas publicitarias se emplean recubrimientos duros de estuco o polímeros de secado instantáneo (poliuretano); para logotipos, letras en bloque, figuras, etc., se recubre con pintura acrílica, pintura de látex, adhesivos impresos, etc.

Figura 1.5: Aplicaciones publicitarias con poliestireno expandido



Vallas en 3D, Señalización, Figuras, Exhibidores, Ferias y muchas otras aplicaciones usando espuma.

Fuente: ABF Foam Cutters , 2002, pág. 32

1.7 Propiedades físicas del EPS

En la tabla 1.2 se resume las principales propiedades del EPS.

Tabla 1.2: Propiedades físicas del EPS

Propiedades físicas el EPS	
Densidad (depende del fabricante)	10 kg/m ³ a 50 kg/m ³
Resistencia mecánica	Pruebas de resistencia a la compresión para una deformación del 10%.
Aislamiento térmico	Se debe a su estructura 98% aire y 2% materias sólidas.
Comportamiento frente al agua	Absorbe del 1% al 3%
Estabilidad dimensional	Coefficiente de dilatación térmica del 0.05 al 0.07 mm/m°C, independiente de la densidad.
Estabilidad frente a la temperatura.	100°C para acciones de corta duración y 80°C para acciones continuadas
Comportamiento frente a factores atmosféricos.	Bajo la acción prolongada de la luz UV, la superficie del EPS amarillea y se vuelve frágil con lluvia y viento se erosiona.

Fuente: Ikoportex, 2014, pág. 2

1.8 Propiedades químicas del EPS

“El poliestireno expandido es estable frente a muchos productos químicos. Si se utilizan adhesivos, pinturas disolventes y vapores concentrados de estos productos, hay que esperar un ataque de estas sustancias.” (Ikoportex, 2014, pág. 2)

1.9 Propiedades biológicas del EPS

El EPS al ser imputrescible, no se enmohece y no se descompone por ende no se ve atacado por las bacterias del suelo, al cumplir con las exigencias sanitarias y de seguridad e higiene establecidas puede utilizarse en la fabricación de artículos de embalaje destinados al contacto alimenticio.

1.10 Corte del EPS

Aprovechando su estabilidad frente a la temperatura se tiene las siguientes opciones de corte para la elaboración de productos de poliestireno.

1.10.1 Cizallamiento en frio

El cual consiste en utilizar cuchillas de corte para espesores menores a 1 pulgada empleándose herramientas tales como: cuchillas, estiletes, tijeras, etc.

1.10.2 Corte por cintas de sierra

El accionamiento de corte es en frio cuya acción de corte lo realiza los dientes de la cinta, la desventaja es que se obtiene productos con porosidad y granulación del material; se asemeja al empleo de sierra, serrucho, disco de sierras, etc.

1.10.3 Corte por hilo metálico

Consiste en el empleo de alambres de resistencia AWG o SWG, de aleación Ni-Cr 20-80 el cual es calentado a temperaturas mayores a 80°C para la realización de cortes prolijos del material; la ventaja del empleo de este tipo de corte térmico es su aceptable acabado superficial y su rapidez de corte respecto a los anteriores mencionados. El objetivo del empleo de esta técnica es encontrar un punto óptimo de procedimiento de corte entre la velocidad y la temperatura del alambre; por ende a mayor velocidad y

menor temperatura del alambre se obtiene una mala calidad del corte y dificultad en el proceso; mientras que a mayor temperatura y menor velocidad se tiene un acabado rugoso del material.

Para el corte por hilo metálico a nivel industrial se puede usar estructuras robustas con operación manual o automático del sistema de corte; estas máquinas pueden ser automatizadas mediante un PLC, o puede ser una máquina con control numérico computarizado CNC donde se emplea una computadora PC con software CAM para el control de la misma.

Figura 1.6: Ejemplos de máquina CNC para cortar EPS



Fuente: NANDE Laser e Teconologia, 2014, pág. 4

1.11 Sistemas de automatización en máquinas

1.11.1 Control numérico

El control numérico o control decimal numérico (CN) es un sistema para máquinas herramientas que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento, en comparación con el mando manual mediante volantes o palancas.

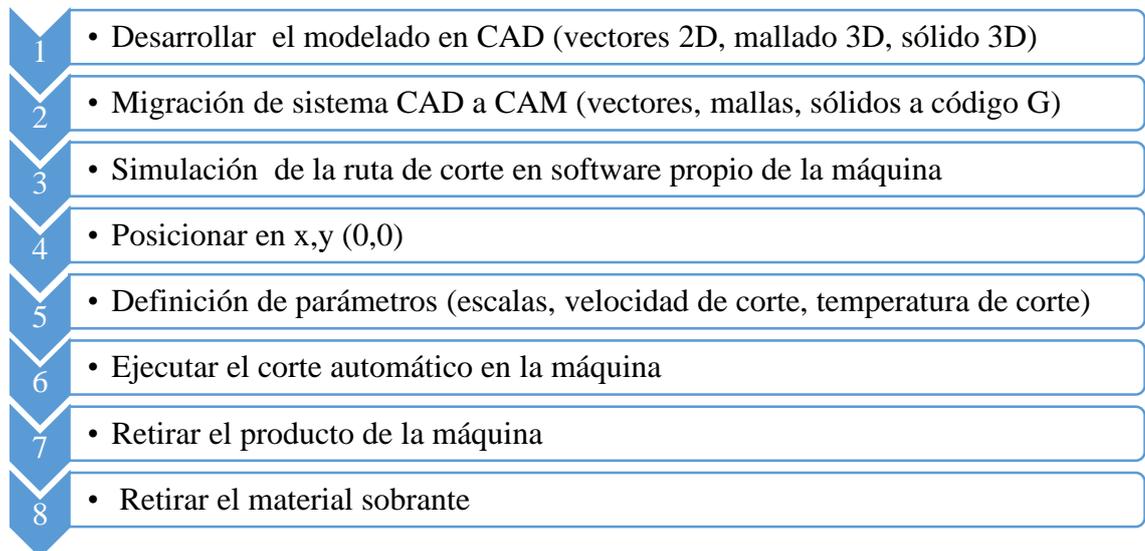
1.11.2 Control numérico computarizado

El control numérico computarizado (CNC) es un sistema que permite controlar en todo momento la posición de un elemento físico; normalmente una herramienta que está montada en una máquina. Esto quiere decir que mediante un software y un ordenador, se controla las coordenadas de posición de un punto (la herramienta) respecto a un origen (0, 0,0 de máquina), o sea, una especie de GPS pero aplicado a la mecanización, y más preciso.

1.12 Máquina con control numérico computarizado para cortar EPS

Existen en el mercado exterior máquinas para cortar poliestireno expandido, la operación de las máquinas son similares entre sí como a continuación se indica en la figura 1.7:

Figura 1.7: Operación de una máquina CNC

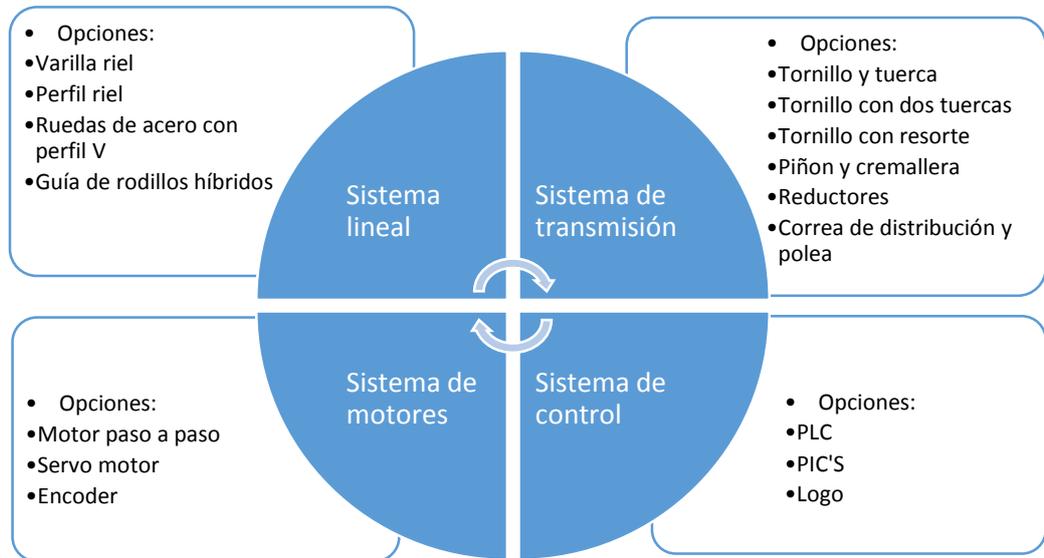


Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Una máquina CNC utilizada para cortar EPS se caracteriza por constar de las siguientes partes: sistema de guía lineal, sistema de transmisión, sistema de motores y

sistema de control, tal como se aprecia a continuación para cada sistema existen varias opciones de construcción:

Figura 1.8: Principales partes de una máquina CNC para cortar EPS



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

1.13 Sistemas de guías

Los sistemas de guías en una máquina generan movimientos lineales, tales como:

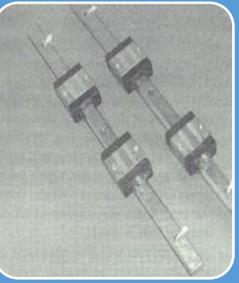
- Movimiento rectilíneo (es decir hacia atrás y adelante) movimiento a lo largo del eje
- Movimiento recto - liso con mínima fricción
- Movimiento con orientación rígida, fija en 90°
- Movimiento rígido de montaje con mínimo juego entre carro y guía.

Las características de los sistemas de guías en máquinas CNC dependen de la aplicación a realizarse, del diseño, de las cargas estáticas (fuerzas que van a estar

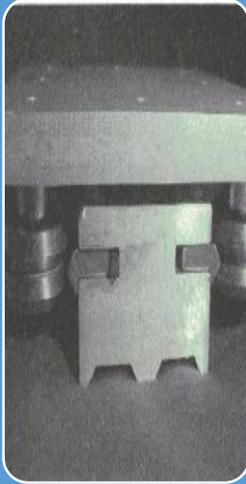
siempre en el sistema) y de las cargas dinámicas (fuerzas que surgen a partir de cambios variables), a partir de esto se seleccionará el tipo de guía y tamaño tomando en consideración el medio ambiente, junto con la composición del material y la lubricación.

Los sistemas de guías no deben verse afectados por el funcionamiento de la máquina en lo que corresponde al desperdicio en el momento del corte. En la figura 1.9 se indica las opciones de las guías lineales.

Figura 1.9: Opciones de sistema de guía lineal en una máquina CNC para cortar EPS

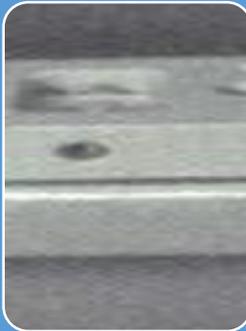
	<p>Sistema de guías 1: varilla riel</p> <ul style="list-style-type: none">• Hace uso de un carril redondo o varilla que proporciona la guía lineal.• El carril se puede montar de dos maneras: fijo o continuo• El rodamiento también es un factor clave en el cálculo de la capacidad de carga de un montaje• En la imagen izquierda se observan componentes utilizados en sistema de guía 1: varilla riel
	<p>Sistema de guía 2: perfil riel</p> <ul style="list-style-type: none">• Se utiliza en diseños donde se requiere alta carga• La guía es muy precisa por ende es un sistema caro y difícil de instalar• Se caracteriza por presentar un ajuste apretado (0.001 a 0.002 in) entre carro y carril• En la imagen izquierda se observa componentes utilizados en sistema de guía 2: perfil riel

Sistema de guía 3: ruedas de acero con perfil en “V”



- Es un sistema popular, es simple en el diseño, implementación y uso.
- Requiere poco mantenimiento con una larga vida útil
- Utiliza ruedas de acero con un perfil “V” alrededor del perímetro colocados sobre una pista de acero endurecido
- Las ruedas tienen una fila doble de rodamientos de bolas que proporciona alta carga radial considerablemente mayor a las fuerzas laterales
- Se puede tener varias longitudes y tamaños
- Menor costo y funciona en cualquier entorno
- Se puede conectar fácilmente a la barandilla directamente sobre el marco de la máquina
- Bajo perfil, bajo mantenimiento
- Fácil instalación, resistencia a la corrosión
- En la figura izquierda se tiene un ejemplo de guía con estilo V mostrando pistas opuestas

Sistema de guía 4: guías de rodillos híbridos



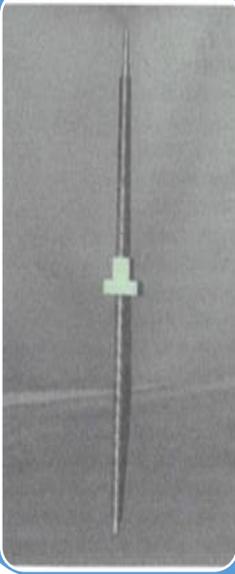
- * Trabajan bajo los mismos principios de la tecnología “V” – rodillo
- * Se dispone en unidades completamente ensambladas
- * Tiene varios tamaños y longitudes
- * El rodillo central compensa y proporciona la precarga a los rodamientos.

Fuente: Overby, 2011, págs. 26-32

1.14 Sistemas de transmisión

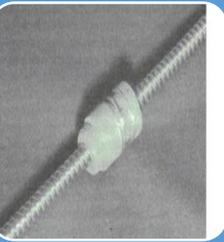
Hay muchas formas en el que el poder de un motor se puede aplicar a máquinas de varios tipos de movimiento, por ejemplo: hidráulica, neumática, correa, cadena, cable, cremallera y piñón, pero en CNC se considera la resolución y precisión. A continuación se explicará los métodos más comunes en las que el poder rotatorio del motor se traduce en movimiento lineal:

Figura 1.10: Opciones de sistema de transmisión en una máquina CNC para cortar EPS



Tornillo y tuerca

- Depende del montaje de la tuerca y la conducción, hay cuatro métodos básicos y son los siguientes:
 - Ambos extremos fijos
 - Un extremo fijo y otro apoyado
 - Ambos extremos apoyados
 - Un extremo fijo con otro extremo libre
- Extremo fijo: se refiere al uso de un bloque de cojinetes de contacto angular los cuales manejan cargas radiales (rodamiento de bolas radial) y cargas axiales.
- Extremo libre: el extremo del eje no tiene soporte, está libre.
- En tensión el tornillo tendrá diferentes fuerzas dinámicas asociadas, mientras que en compresión, el tornillo tiende a doblarse. En la figura de la izquierda se observa un **tornillo y la tuerca**.



Tornillo de avance montado con dos tuercas

- En la figura se puede observar que tiene dos tuercas el tornillo de avance, aunque también puede ser una sola tuerca pero con una carcasa que la encierra y se tiene entre ellos holgura.
- En la figura de la izquierda se observa el **tornillo de avance montado con dos tuercas** para prevenir golpes.

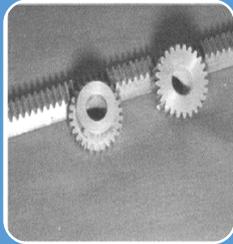


Tornillo de avance montado con dos tuercas fijados entre sí desde una perspectiva de rotación pero separados por la fuerza de un resorte

En la figura de la izquierda se observa una disposición de tuercas con un resorte para conseguir una fuerza de las tuercas contra las roscas de tornillo siempre en una dirección hacia adelante al mismo tiempo una fuerza hacia atrás se ejerce contra el lado de atrás de hilo de la rosca. Valor de reacción para husillos y tuercas con rango de 0.010 a 0.003 in/ft.

La fricción entre la tuerca y el tornillo es otra característica a considerar.

Piñón cremallera



El uso de un piñón y una cremallera es generalmente el método más popular de mecánica cuando se requieren distancias más largas, y por su costo. Hay dos métodos en los que utilizar la combinación de cremallera y piñón:

El método más común es para fijar la cremallera a una parte estacionaria del bastidor de la máquina, y el piñón estará fijada a la parte móvil.

En un ejemplo de esta última aplicación la bancada de la máquina se mueve hacia adelante y hacia atrás, en lugar de tener un pórtico desplazable como se puede observar en la figura de la izquierda.

Reductores



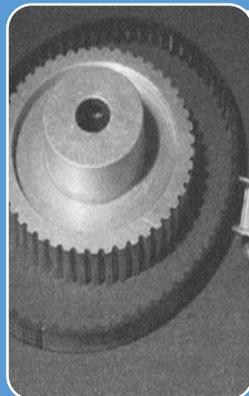
El costo es un factor importante para decidir el tipo de reductor a utilizar los cuales pueden ser:

Reductores con engranajes

Reducción de engranajes planetarios.

Reducción de engranajes con buje al eje acoplado al motor de paso, en la figura de la izquierda se puede observar este **tipo de reductor**.

Correa de distribución y poleas



Este tipo de reducción deriva su nombre de los componentes que utiliza:

* Poleas y correa de distribución como se observa en la figura izquierda.

Estos tipos de componentes son disponibles en varios niveles de accionamiento. Las poleas pueden ser de aluminio, metal fundido o nylon, y con bridas, se mantiene la correa de distribución centrada en la polea. La correa de distribución puede ser de poliestireno, uretano donde cada material tiene sus propiedades y rango de tracción.

1.15 Motores

Hay dos tipos de motores que se utilizan normalmente en maquinaria CNC: paso a paso y servo motor. En cada uno de estos motores se tiene potencia y dirección, e información de rotación por una unidad de tiempo, hay claras diferencias entre los dos.

1.15.1 Motores paso a paso (PaP)

Este tipo de motor tiene una gran cantidad de polos magnéticos contenidos dentro del devanado del estator para lograr muy pequeños incrementos de movimiento de rotación. Esta capacidad es intrínseca en todos los motores paso a paso, donde cada una de las 200 divisiones de rotación es 1.8 grados. Esto significa que 360 grados de una rotación están divididos en 200 segmentos; estos son los motores más comunes que combinado con una unidad de multiplicador de 10 pasos, el resultado es 2.000 pasos por revolución del motor del eje de salida. Los motores paso a paso son disponibles en diferentes tamaños físicos y se adhieren a una especificación industrial conocidos como National Electrical Manufacturers Association (NEMA); por ejemplo: NEMA 17, NEMA 23, NEMA 34 y NEMA 42. (Overby, 2011, pág. 57)

En la figura 1.11 se puede observar ejemplos de motor PaP:

Figura 1.11: Motores PaP NEMA 23 y NEMA 24



Fuente: Overby, 2011, pág. 58

Es importante señalar que mientras más pequeño es el número, entonces menor será el tamaño del marco donde se monta el motor. Por ejemplo, un motor NEMA 23 es 2,3 pulgadas cuadradas y un motor NEMA 34 es 3.4 pulgadas cuadradas.

Motores paso a paso pueden venir con cuatro, seis u ocho hilos, dependiendo sobre la forma en que se fabrican los bobinados del motor. La configuración del cableado que hace uso de seis cables se conoce como unipolar y cuando se usa cuatro u ocho hilos conductores entonces es conocido como bipolar. Dentro la opción de ocho hilos, se puede optar por especificar paralelo bipolar o cableado en serie bipolar.

Los datos más importantes en un motor PaP son: paso angular, tipo de bobina, voltaje, amperaje, resistencia, inductancia y torque.

Las ventajas del motor PaP frente a los servomotores son:

- Bajo costo
- Preciso y confiable en circunstancias normales
- No requiere afinación
- Sistema sencillo de comprender y trabajar

Las características del servomotor se indican a continuación:

- Mayor costo por ser más robusto
- Alta precisión
- Muy seguro para trabajar
- Se obtiene altas velocidades
- Se necesita tener experiencia para operar
- Es complejo de entender y solucionar problemas.

1.16 Control de una CNC

Las máquinas CNC utilizan para el diseño de figuras a cortar, softwares tales como corel draw o autocad, donde se define el contorno de la figura (vectores); estos softwares ya existen en el mercado y se vinculan a otros softwares específicos que pueden generar código G.

El PLC permite controlar el proceso de una máquina, puesto que en él se desarrolla el software y por ende controlará la ejecución de los movimientos, a su vez limitará su aplicación para cortes en sentido ortogonales, debido a que no se vincula otro software que genere código G.

1.17 Ventajas de los PLC's

- Menor tiempo de elaboración de proyectos
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo adicional en otros componentes
- Mínimo espacio de ocupación
- Menor costo de mano de obra
- Mantenimiento económico
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento
- Si el autómata queda insuficiente para el proceso industrial, ésta puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistemas de producción

1.18 Desventajas de los PLC's

- Adiestramiento de técnicos
- Costo
- Licencia original

CAPÍTULO II

DIMENSIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN

2.1 Introducción

En el presente capítulo se desarrolla el diseño mecánico de la máquina para cortar EPS considerando la adecuada operación y partiendo de la teoría de la “Casa de calidad”; se analiza las funciones, materiales, se indica una imagen de diseño y una imagen de la construcción final, cálculos más relevantes de cada uno de los principales sistemas que conforman la máquina.

2.2 Requerimientos de la máquina

La máquina a diseñarse cumplirá las siguientes funciones:

- Transmitir el movimiento lineal mediante el accionamiento de motores PaP, los mismos que se instalarán para obtener:
 - Movimientos horizontales: eje X
 - Movimientos verticales: eje Y
 - Movimientos diagonales: XY
 - Movimientos rotacionales: sentido horario y anti horario
- Calentar el alambre a una temperatura de 100°C a 120°C, en función de la densidad del material.
- Controlar la máquina mediante un PLC S7-1200
- Permitir configurar datos de velocidad y distancia de recorrido.

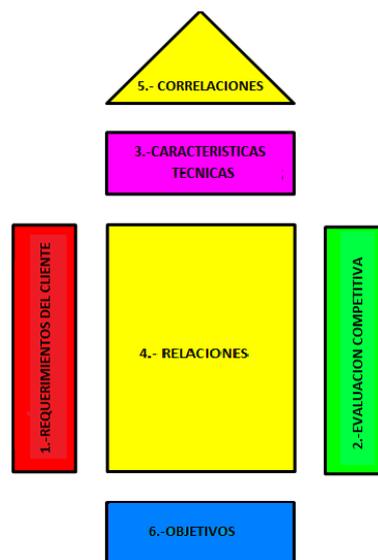
2.3 Casa de calidad para la máquina de cortar EPS

Para seleccionar la mejor alternativa de componentes de la máquina, se analizará los sistemas explicados en el capítulo I para obtener un resultado acorde con la construcción que se desea al final. El análisis se realizará mediante “Casa de calidad”

siendo una representación gráfica para el diseño enfocada en realizar productos o servicios alineados a las necesidades del cliente.

La estructura de la teoría “Casa de calidad” se indica en la figura 2.1:

Figura 2.1: Estructura de “Casa de calidad”



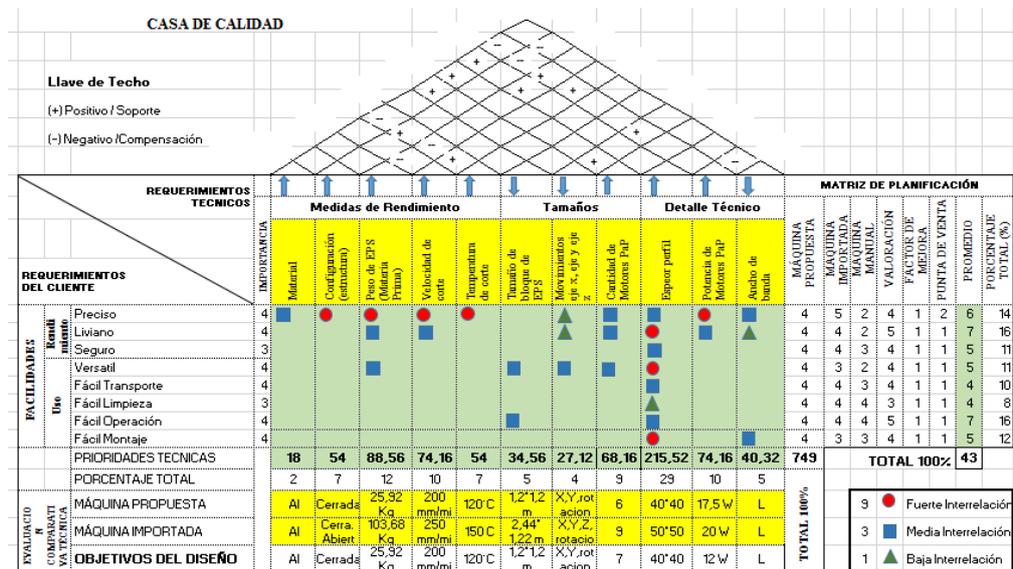
Fuente: Lowe, 2015, pág. 1

- **Requerimientos del cliente:** se enlista los requerimientos del cliente sobre el producto y prioriza dichos requerimientos.
- **Evaluación competitiva:** se compara el producto frente a los productos existentes considerados más importantes por el cliente en la calidad.
- **Características técnicas:** se refiere a la ingeniería del producto.
- **Relaciones:** se relaciona los requerimientos del cliente con las características de la calidad cuantitativamente.

- **Correlaciones:** se identifica las correlaciones entre las características técnicas.
- **Objetivos:** muestra los valores metas a alcanzar en cada característica técnica incorporando un benchmark.

La “Casa de calidad” para el análisis de la máquina se observa en la figura 2.2:

Figura 2.2: “Casa de calidad” para el análisis de la máquina



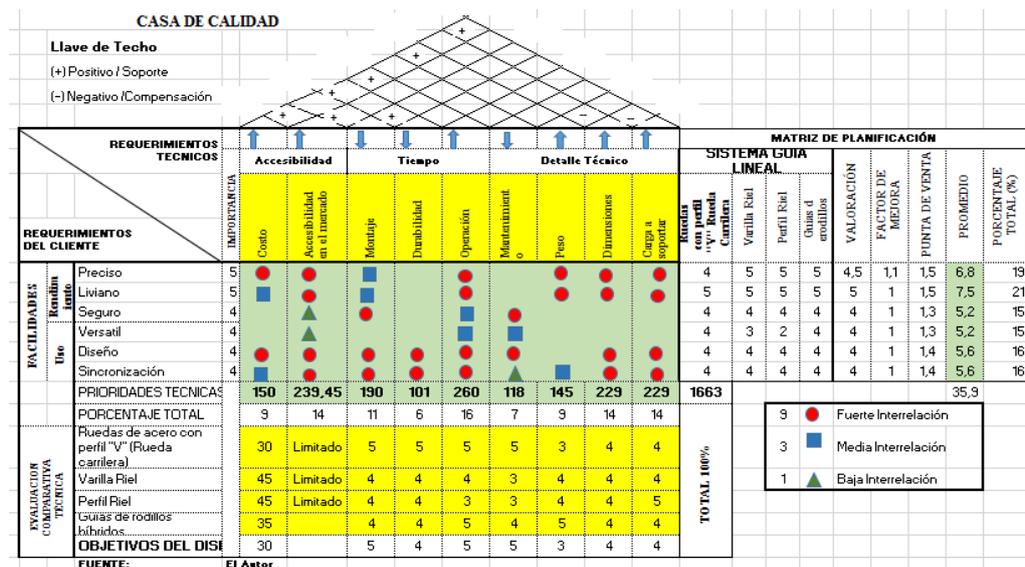
Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Del análisis anterior figura 2.2 se concluye que la máquina a construirse cumplirá las siguientes características: estructura de aluminio porque es el material utilizado en máquinas de este tipo; forma cerrada para asegurar estabilidad de las carrileras puesto que tiene doble guía cada una en sus extremos; se diseñará para un bloque de EPS de 25.92Kg; trabajará a baja velocidad con un alambre que llegue a una temperatura de 120°C, el bloque a cortar medirá largo 1.20m x alto 1.20m x ancho 1.00m con respecto al movimiento que realizará será en el eje x, eje y, además se incluye rotación, para conseguir estos movimientos se necesita 7 motores paso a paso (dos para eje x en cada

carrilera, uno para eje y en cada carrilera y uno para conseguir el movimiento rotacional). Según el perfil a utilizar, los sistemas de guías y transmisión seleccionados se considerarán motores de 12W; a su vez se trabajará con un ancho de banda L, por lo tanto, la máquina que se propone es adecuada puesto que cumple las características similares que una máquina importada, el tamaño será proporcional a los bloques de EPS a trabajar, adicionalmente la máquina llegará a satisfacer las necesidades del cliente en rendimiento, seguridad y operación, puesto que todas estas variables se consideran en el análisis.

La casa de calidad para el análisis del sistema de guías se observa en la figura 2.3.

Figura 2. 3: “Casa de calidad” para el análisis del sistema de guías



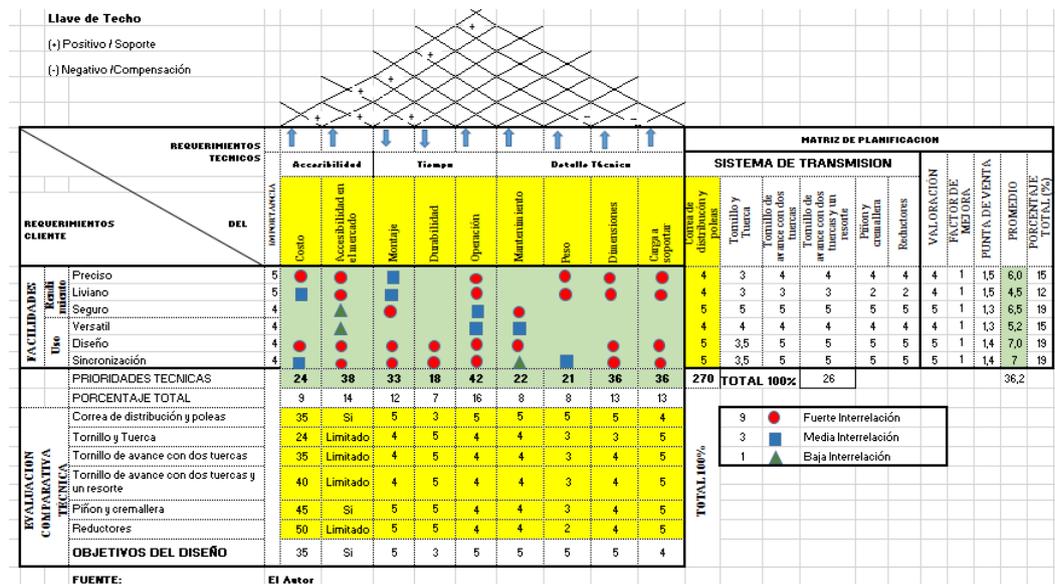
Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Del análisis anterior figura 2.3 se concluye que el sistema de guía cumplirá las siguientes características: se considera el costo y la accesibilidad en el mercado, debe ser de fácil montaje, fácil operación y mantenimiento, tiene excelente durabilidad a pesar de ser un sistema simple y soportará una carga adecuada. En la máquina el sistema de guías seleccionado “ruedas de acero con perfil en V” llegará a satisfacer las

necesidades de la máquina en rendimiento, seguridad y operación, puesto que todas estas variables se consideraron en el análisis.

La “Casa de calidad” para el análisis del sistema de transmisión se observa en la figura 2.4:

Figura 2. 4: “Casa de calidad” para el análisis del sistema de transmisión

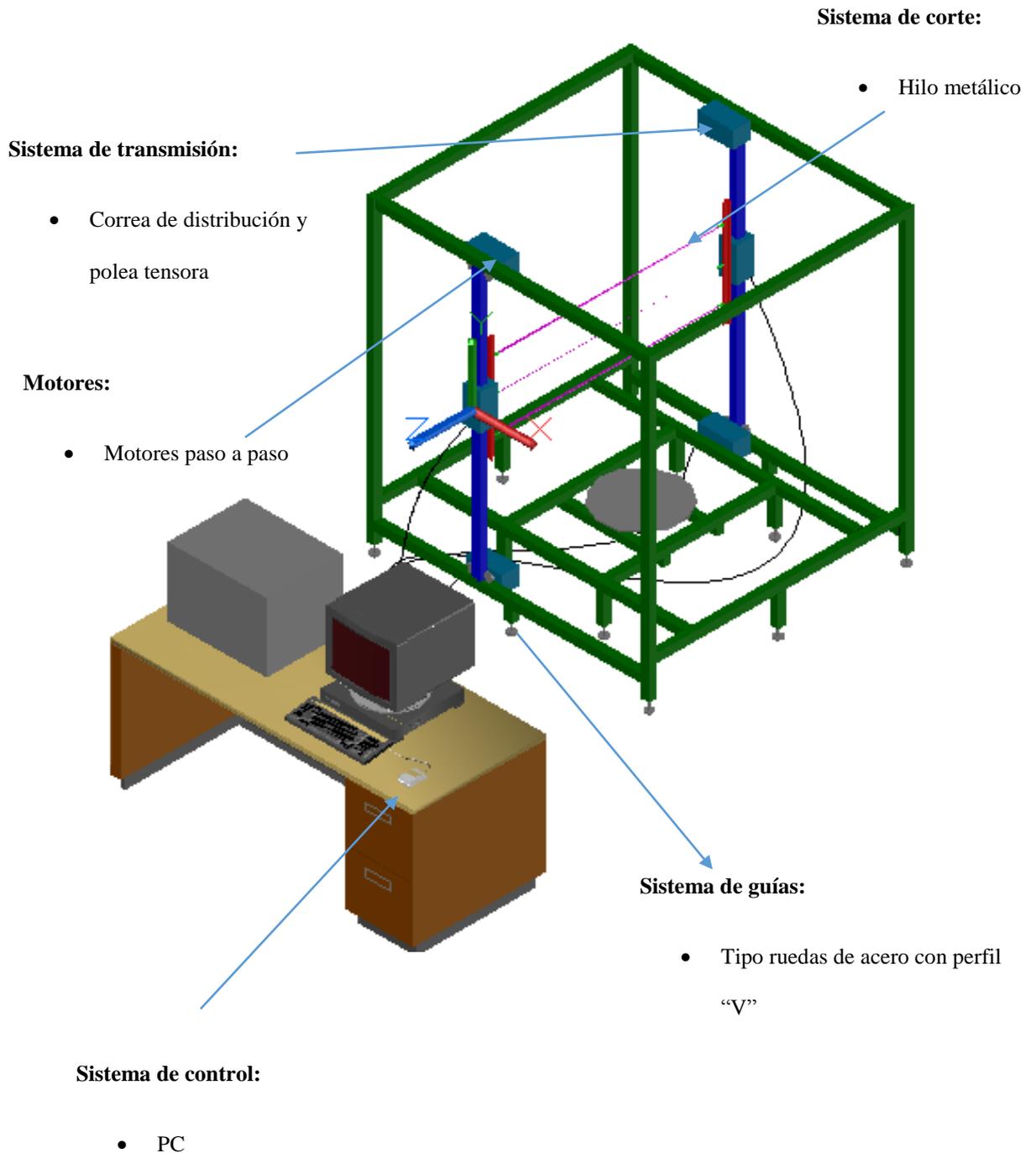


Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Del análisis anterior figura 2.4 se concluye que el sistema de transmisión cumplirá las siguientes características: principalmente se pondera la accesibilidad en el mercado, las correas de distribución y poleas no tiene buena durabilidad al ser comparados con otros sistemas, pero se selecciona, porque debe ser de fácil montaje, operación, mantenimiento; y soportará una carga adecuada. En la máquina, el sistema de transmisión seleccionado llegará a satisfacer las necesidades de la máquina en rendimiento, seguridad y operación, puesto que todas estas variables se consideran en el análisis.

Después del análisis de alternativas, se define que la máquina CNC a construirse constará de los siguientes subsistemas: sistema de guías lineales, sistema de transmisión, motores y control. Los sistemas seleccionados anteriormente de acuerdo al análisis de la “Casa de calidad” se aprecian a continuación en la figura 2.5:

Figura 2. 5: Máquina CNC y sus principales sistemas



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

- Tamaño estimado de máquina: altura = 1.75 metros, ancho = 1.40 metros y largo= 1.50 metros.
- Se establece que el tamaño del bloque de trabajo que se cortará debe tener altura = 1.20 metros, ancho = 1,00 metros y largo= 1.20 metros.

2.4 Diseño del sistema mecánico

Los sistemas, componentes y elementos mecánicos a diseñarse son los siguientes:

- Bastidor
- Sistema de tornamesa
- Cajas soporte de mecanismo
- Sistema de movimiento horizontal
- Sistema de movimiento vertical
- Sistema de corte
- Sistema transmisión

Los componentes mecánicos a seleccionarse son los siguientes:

- Rodamientos
- Anillos elásticos
- Tornillería

A continuación se explica de cada elemento lo siguiente:

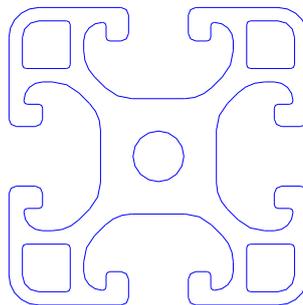
- Función que realiza dentro de la máquina
- Material utilizado
- Figura del elemento diseñado en SolidWorks 2014 y fotografía cuando ya está construido.
- Cálculos más relevantes en el diseño.

2.4.1 Diseño del bastidor

La función del bastidor es soportar todos los mecanismos y permitir el correcto funcionamiento de la máquina, se caracteriza por la resistencia, aspecto, tamaño, rigidez, peso, reducción de ruido, duración, etc. En nuestro caso el bastidor debe estar constituido por un perfil que nos garantice la precisión del sistema.

El perfil de aluminio seleccionado tipo 8 40 x 40 que se indica en la figura 2.6 es adecuado porque la forma de su estructura permite ensamblarse rápidamente sin realizar modificaciones en su superficie y su forma de rieles que dispone a los cuatro lados sirven para que se muevan otros mecanismos como son las ruedas, con lo cual se consigue un movimiento lineal preciso.

Figura 2.6: Forma del perfil tipo 8 40 x 40

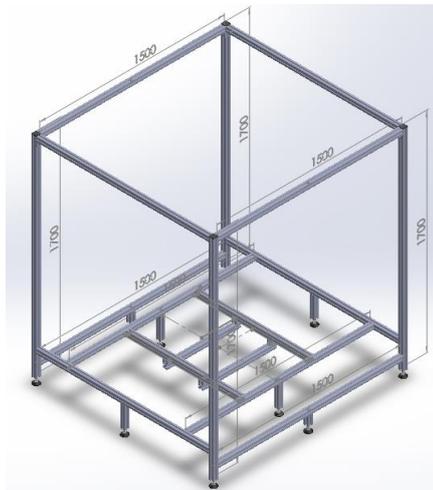


Fuente: Sinerges, 2014, pág. 3

Las medidas del bastidor:

- Altura = 1.75 m
- Ancho = 1.40 m
- Largo = 1.50 m

Figura 2. 7: Bastidor virtual - bastidor construido



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Los cálculos más relevantes en el bastidor son el análisis de esfuerzo y deformación del perfil seleccionado.

Los datos generales del perfil tipo 8 40 x 40 se puede observar en anexo 1. A continuación en tabla 2.1 se observa los datos técnicos provenientes del proveedor.

Tabla 2. 1: Datos técnicos del perfil tipo 8 40x40

Perfil 8 40x40 L, natural
N.º ref: 0.0.026.33

En la cesta de la compra



Propiedades		
Serie	=	BR8
Material	=	Al, anodizado
Características	=	natural
Unidad de suministro	=	corte máx. 6000 mm
Sección transversal	A	= 6.46 cm ²
Momento de inercia, eje x	I _x	= 9 cm ⁴
Momento de inercia, eje y	I _y	= 9 cm ⁴
Momento de inercia, torsional	I _t	= 1.36 cm ⁴
Momento resistente, eje x	W _x	= 4.5 cm ³
Momento resistente, eje y	W _y	= 4.5 cm ³
Peso, espec. Longitud	m	= 1.74 kg/m

Características particulares



Fuente: ITEM, 2015, pág. 4

2.4.1.1 Esbeltez

Se analiza la esbeltez de un perfil tipo 8 40 x 40 con extremos empotrados, referente a un lado lateral del bastidor; los parámetros de cálculo son los siguientes:

$$A = 1.0013 \text{ pulg}^2$$

$$L = 64.693 \text{ pulg}$$

$$R_x = 0.4817 \text{ pulg}$$

$$R_y = 0.4817 \text{ pulg}$$

$$k_{\text{diseño}} = 0.65$$

Para determinar la longitud efectiva de la columna se considera la información de la tabla 2.2:

Tabla 2.2: Longitudes efectivas de columnas

Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son parecidas a las ideales	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Simbolos para las condiciones de extremo						
	Rotación y traslación impedidas	Rotación libre y traslación impedida	Rotación impedida y traslación libre	Rotación y traslación libres		

Fuente: *Manual of Steel Construction Allowable Stress Design*, del American Institute of Steel Construction, novena edición (Chicago: AISC, 1989), tabla C-C1.1, "Commentary on the Specification for Structural Steel Buildings Allowable Stress Design and Plastic Design", pág. 5-135. Reimpreso con autorización del AISC.

Fuente: McCormac, 1999, pág. 118

- Radio de giro (R_x)

$$R_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \tag{Ec. 1}$$

$$R_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{9 \text{ cm}^4}{6.46 \text{ cm}^2}} = 1.18 \text{ cm}$$

- Esbeltez (λ)

$$\lambda = \frac{KL}{R_{\min}} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\lambda = \frac{0.65 (64.693)}{0.4817} = 87.295$$

$$\lambda = 87.295 < 200$$

El valor de $\lambda = 200$, es recomendado para fórmulas Gordon-Rankine. (McCormac, 1999, pág. 108). Por lo tanto el diseño es aceptable.

Se analiza la carga máxima permisible a soportar el perfil;

$$\frac{P}{A} = \frac{\pi^2(E)}{(L/r)^2} \quad (\text{Fórmula de Euler en función de la relación de esbeltez}) \quad (\text{Ec.3})$$

Se reemplaza valores;

$$\frac{P}{A} = \frac{\pi^2(10152641.6411)}{(134.30)^2} = 5555.546 \text{ lbf/pulg}^2$$

$$5555.546 \text{ lbf/pulg}^2 < 28282.358 \text{ lbf/pulg}^2$$

Donde, el límite de fluencia del perfil es: $195 \text{ N/mm}^2 = 28282.358 \text{ lbf/pulg}^2$ (ver anexo 1)

Se estima un factor de seguridad de 2;

$$\frac{P}{A} = \frac{5555.546 \text{ lbf/pulg}^2}{2} = 2777.773 \text{ psi}$$

$$P_{\text{permisible}} = (2777.773 \text{ psi}) \times (1.0013 \text{ pulg}^2) = 2781.38 \text{ lbf}$$

Se concluye que el perfil seleccionado puede resistir la carga de una persona que se sostendría del perfil vertical.

2.4.1.2 Dimensionamiento de la viga (travesaño) superior

Los perfiles de la estructura de la máquina deberá resistir la masa de una persona promedio 75 Kg (operario), razón por lo cual se analizará los perfiles horizontales como vigas; de las cuales la parte superior tiene prioridad de análisis desde el punto de vista del esfuerzo a la flexión y a la deflexión.

2.4.1.3 Análisis por esfuerzo de flexión

Se determinará las reacciones R_1 y R_2 , momentos flexionantes y esfuerzo por flexión; así:

$$R_1 = R_2; \text{ configuración simétrica}$$

$$M_1 = M_2; \text{ configuración simétrica}$$

Condiciones de equilibrio:

$$\Sigma F_y = 0 \quad (\text{Ec. 4})$$

$$\Sigma M_A = 0 \quad (\text{Ec. 5})$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-P + 2R_1 = 0$$

$$2R_1 = P$$

$$R_1 = R_2 = \frac{P}{2} \quad (\text{Ec. 6})$$

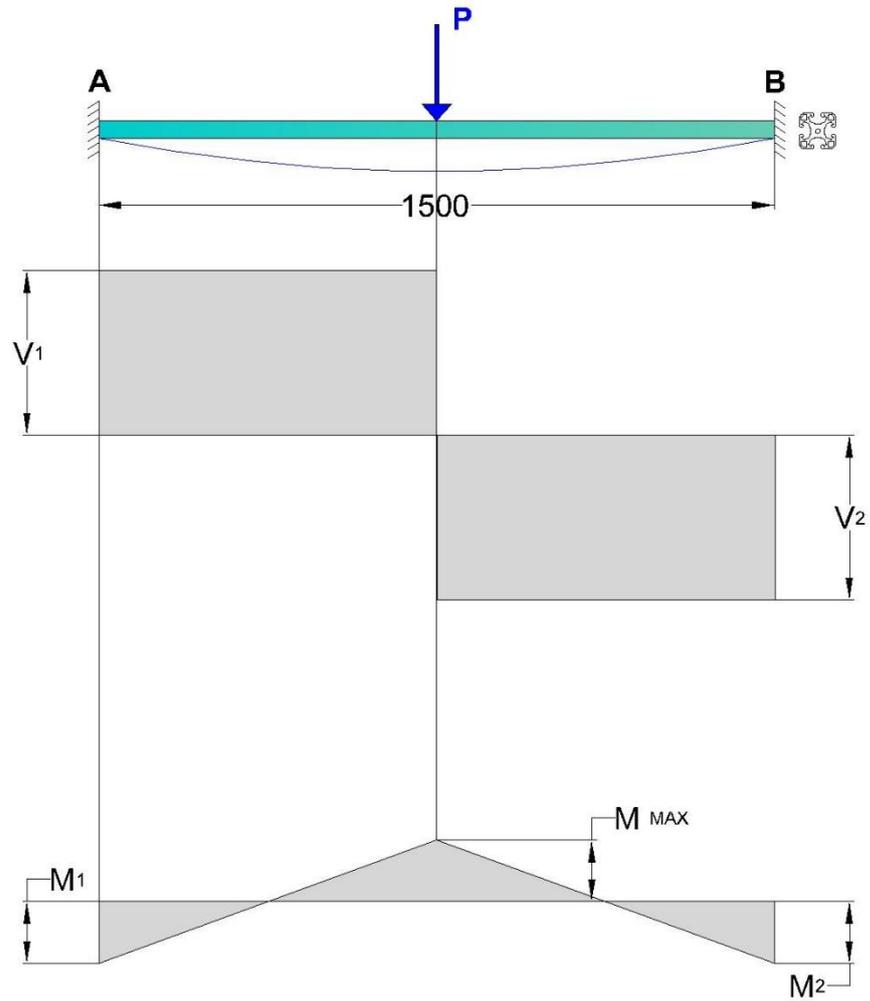
$$R_1 = R_2 = 367.87 \text{ [N]}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$M_1 = M_2 = \frac{Pl}{8} \quad (\text{Ec. 7})$$

$$M_1 = M_2 = 137.953 \text{ [Nm]} = 137953 \text{ [Nmm]}$$

Figura 2.8: Diagrama cortante y diagrama de momentos



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Para el esfuerzo real a flexión se ha de considerar lo siguiente:

$$\sigma = \frac{M_b}{W \cdot 10^3} \approx f_b = \frac{M_x}{S_x} \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde:

- $\sigma = f_b$; esfuerzo real a flexión, [N/mm²]
- $M_b = M_x$; momento flector máximo, [N mm]
- $W = S_x = 4.5$; módulo de la sección, [cm³]

- $R_{p\ 0.2\ Al} = 195\ [N/mm^2]$, límite de fluencia (S_y)

Para el esfuerzo permisible se ha de considerar lo siguiente:

$$\sigma_{perm} = \frac{R_{p0.2\ Al}}{S} \approx F_b = \frac{S_y}{S} \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde:

- $\sigma_{perm} = f_b$; esfuerzo permisible de flexión, $[N/mm^2]$
- $R_{p\ 0.2\ Al} = S_y = 195\ [N/mm^2]$, límite de fluencia
- $S =$ factor de seguridad = 2, definido por el autor.

Al reemplazar valores:

$$\sigma = \frac{137953}{4.5 \cdot 10^3} = 30.656\ [N/mm^2]; \text{ esfuerzo real a flexión (fb)}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{195}{2} = 97.5\ [N/mm^2]; \text{ esfuerzo permisible (Fb)}$$

Sea: $f_b \leq F_b$

$$30.656\ [N/mm^2] \leq 97.5\ [N/mm^2],$$

Por lo tanto, el perfil seleccionado es aceptable.

2.4.1.4 Análisis por deflexión

Considérese la deflexión para los siguientes datos:

- Carga de 75 Kg (masa del operario)
- Longitud: 1500 mm
- Inercia: $9\ cm^4$

- Módulo de elasticidad: $E_{Al} = 70000 \text{ [N/mm}^2\text{]}$

$$f = \frac{F \cdot l^3}{192 \cdot E \cdot I \cdot 10^4} \quad (\text{Ec.10})$$

Donde:

- f = deflexión, [mm]
- F = carga aplicada, [N]
- l = longitud libre, [mm]
- I = momento de inercia, [cm^4]
- E = módulo de elasticidad, [N/mm^2]
- $E_{Al} = 70000 \text{ [N/mm}^2\text{]}$

Se reemplaza valores:

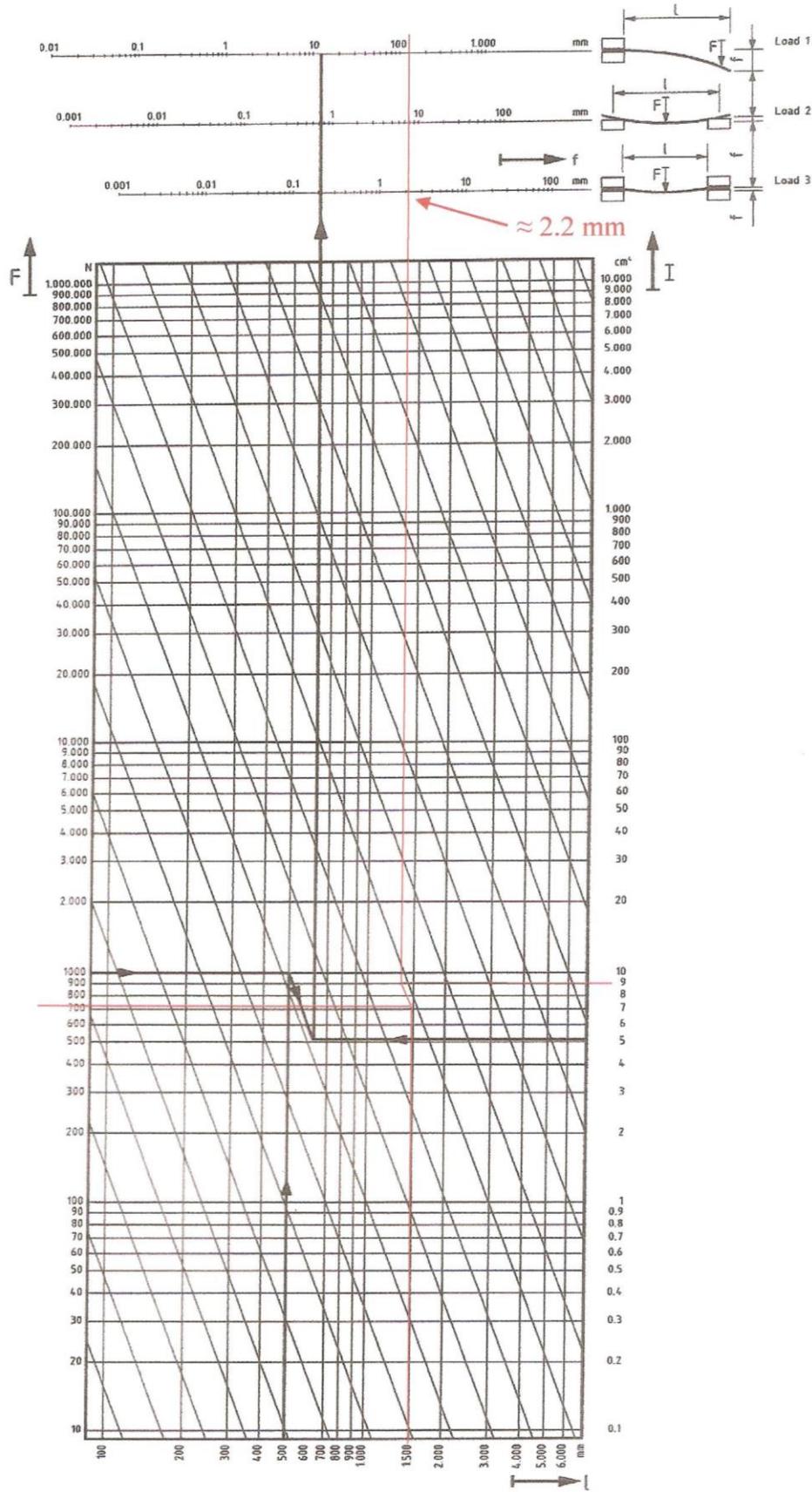
$$f = \frac{735.75 \cdot (1500)^3}{192 \cdot 70000 \cdot 9 \cdot 10^4}$$

$$f = 2.0528 \text{ mm}$$

2.4.1.5 Deflexión establecida por nomograma ITEM

El fabricante de los perfiles ITEM, establece un cálculo de la deflexión aproximada, a través de nomogramas, para lo cual se considera los datos anteriores. Tal como se puede evidenciar en la gráfica, la deflexión máxima para un perfil 40 x 40 corresponde a 2.2 mm aproximadamente.

Figura 2.9: Nomograma del ITEM



Fuente: ITEM, 2015, pág. 5

El fabricante no solo produce perfiles de aluminio de 40 x 40 mm, sino también de 30 mm x 30mm, pero el análisis para la selección del perfil se considera la deflexión máxima.

Por lo tanto, para un perfil de 30 mm x 30 mm se tiene los siguientes datos:

- Carga de 75 Kg (masa del operario)
- Longitud: 1500 mm
- Inercia: 2.9 cm⁴
- Módulo de elasticidad: E_{Al} = 70000 [N/mm²]

Donde:

$$f = \frac{735.75 * (1500)^3}{192 * 70000 * 2.9 * 10^4}$$

$$f = 6.37 \text{ mm}$$

Al considerar las recomendaciones de deflexión máxima para una longitud de viga 1500 mm se tiene:

$$f_{\text{max}} = 0.003 \text{ mm}_{\text{deflexión}} * \frac{1500\text{mm}_{\text{viga}}}{1\text{mm}_{\text{viga}}} = 4.5 \text{ mm}$$

Tabla 2.3: Deflexiones máximas recomendadas

Pieza general de máquina:	$y_{\text{máx}} = 0.0005$ a 0.003 plg/plg o mm/mm de longitud de viga.
Precisión moderada:	$y_{\text{máx}} = 0.00001$ a 0.0005 plg/plg o mm/mm de longitud de viga.
Alta precisión:	$y_{\text{máx}} = 0.000001$ a 0.00001 plg/plg o mm/mm de longitud de viga.

Fuente: Mott, 2011, pág. 431

Por ende:

- Deflexión máxima (perfil 30 x 30) = 6.37 mm > 4.5 mm

- Deflexión máxima (perfil 40 x 40) = 2.052 mm < 4.5 mm; la selección es aceptable.

2.4.2 Diseño del sistema de tornamesa

La función del tornamesa es girar n grados la materia prima y se caracteriza por el tamaño, rigidez, peso y la precisión en el giro. A continuación se indica las partes que conforman el sistema de tornamesa y los diferentes materiales que la conforman:

- Una base giratoria plástica sujeta a un disco de madera siendo la base soporte de la tornamesa.
- Base de madera para rotación de materia prima
- Sistema de engranajes de dientes rectos nylon ASTM 6.6
- Soporte del motor de pasos, NEMA 23, 1.8° paso (Se analizará en capítulo III el motor paso a paso)

Figura 2.10: Tornamesa diseñado - tornamesa fabricado



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

El sistema de tornamesa se diseña en función del volumen de poliestireno a rotar; para lo cual se define el volumen máximo del material; así:

Volumen del cilindro

$$V_c = \pi * \frac{\varnothing^2}{4} * h$$

(Ec. 11)

Donde:

- V_c = volumen de cilindro
- \varnothing = diámetro máximo
- H = altura

Por lo tanto:

$$V_c = \pi * \frac{(1.2m)^2}{4} * 1.2m$$

$$V_c = 1.3571m^3$$

Se procede a calcular la masa del EPS, considerando la densidad del material; 15 Kg/m³:

$$d = \frac{m}{v}$$

(Ec. 12)

Donde:

- d = densidad
- m = masa
- v = volumen

Al reemplazar valores:

$$m = 15 \frac{Kg}{m^3} * 1.3571m^3$$

$$m = 20.36 Kg$$

Ahora se determina la fuerza que genera el bloque de EPS;

Se determina la carga a rotar:

$$W = m * g \quad (\text{Ec. 13})$$

$$W = 20.36\text{Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$W = 199.528$ [N], en línea de acción.

2.4.2.1 Base giratoria (herraje giratorio)

La base giratoria es seleccionada para que cumpla la función de realizar la rotación cuando se active el motor paso a paso y permita realizar el corte de productos de revolución, esféricos, tridimensionales, etc. Se encuentra en función de la capacidad de giro y sobretodo su disposición en el mercado; al considerar una carga máxima de 25 Kg.

En la figura 2.11 se observa la base seleccionada, y a continuación los datos técnicos:

- Diámetro = 400 mm
- Altura = 25 mm
- Espesor = 3mm
- Carga máxima = 100 Kg
- Material = polipropileno
- Pista de rodaje = polipropileno con esferas (bolas) de acero al carbono.
- Masa = 1080 gr

Fuerza ejercida por el herraje giratorio:

$$W = m * g \quad (\text{Ec.13})$$

$$W = 1.080\text{Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$W = 10.584$ [N], en línea de acción

Figura 2.11: Base giratorio seleccionado del mercado



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

2.4.2.2 Base de madera para rotación de materia prima

La función de la base de madera es servir de soporte al EPS con una regleta grabada que permite centrarla, se considera que los parámetros de construcción de la máquina cortadora están en función del menor peso posible para la transmisión de potencia de los motores de paso; es decir que sus elementos estructurales y motrices sean de un material liviano pero a su vez consistente para las cargas de diseño. Con este criterio se enfoca al uso de la madera para la rotación del poliestireno expandido. La unión de la madera y la base giratoria se realiza mediante remaches 3/16 x 1 pulg. Las especificaciones técnicas para el disco de madera son las siguientes:

- Diámetro = 450 mm
- Espesor = 18 mm
- Material = madera de laurel
- Densidad = 501.24 Kg/m³
- Masa = 1435 gr

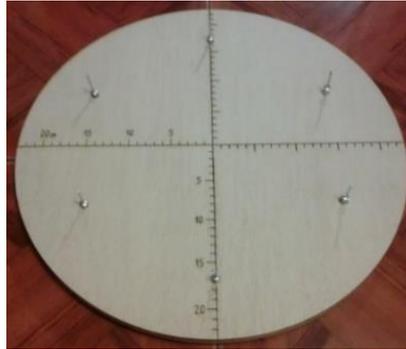
Fuerza ejercida por el disco de madera:

$$W = m * g \quad (\text{Ec.13})$$

$$W = 1.435 \text{Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$W = 14.063 \text{ [N]}$, en línea de acción

Figura 2.12 Base de madera



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

2.4.2.3 Sistema de engranajes

El sistema de engranajes se utiliza para transmitir el movimiento giratorio y así conseguir girar el material n grados; consta de dos engranajes rectos de material nylon 6.6.

Para el diseño de los engranajes se considerarán las cargas de los elementos a rotar, los mismos que son:

- Materia prima (poliestireno expandido) = 20.36 Kg
- Disco madera = 1.435 Kg
- Base giratoria plástica = $1.080 \text{ Kg} / 2 = 0.54 \text{ Kg}$
- Engranajes plásticos = 0.50 Kg
- Otros (remaches, pegamento, tornillos, disco, etc.) = 1.165 Kg

Hasta ahí, la masa total a rotar = 24 Kg

Consideraciones pre diseño:

- RPM máx. = 1.5
- Angulo de presión $\emptyset=20^\circ$
- Material = nylon ASTM 66
- $S_{ut}= 11000 \text{ lb/plg}^2$
- $S_y=8500 \text{ lb/plg}^2$

A continuación se indica en la tabla 2.4 las propiedades de los materiales para engranajes para fines generales y especiales:

Tabla 2. 4: Propiedades de materiales adicionales para engranajes para fines generales y especiales

Tabla 8.3.16 Propiedades de materiales adicionales para engranes para fines generales y especiales

Material y designación	Resistencia a la tracción, lb/pulg ²	Resistencia en el punto de fluencia, lb/pulg ²	Dureza, BHN	Condición
Hierros colados:				
ASTM 20	22 000	.....	156	Como sale de fundición
30	31 000	.....	201	Como sale de fundición
60	62 500	.....	262	Como sale de fundición
Aceros al carbono no aleado:				
AISI 1020	55 000	30 000	110	Laminado en caliente
1020	78 000	66 000	155	Trabajado en frío
1040	76 000	42 000	150	Laminado en caliente
1040	123 000	93 000	350	Trabajado en frío
1080	112 000	61 000	230	Laminado en caliente
1080	189 000	142 000	385	Trabajado en frío
1080	62 000	34 000	120	Laminado en caliente
1117	80 000	68 000	163	Trabajado en frío
Aceros aleados:				
AISI 3140	105 000	90 000	280	Tratado térmicamente
3140	228 000	209 000	450	Tratado térmicamente
4140	145 000	120 000	290	Normalizado
4140	215 000	190 000	440	Tratado térmicamente
4820	150 000	125 000	325	Tratado térmicamente
4820	206 000	166 000	415	Tratado térmicamente
6120	125 000	94 000	.....	Tratado térmicamente
8620	122 000	98 000	245	Normalizado
8620	173 000	142 000	375	Tratado térmicamente
9310	152 000	120 000	350	Tratado térmicamente
9310	180 000	140 000	375	Tratado térmicamente
Aceros inoxidables:				
AISI 303	90 000	35 000	160	Recocido
303	110 000	75 000	240	Trabajado en frío
416	75 000	40 000	155	Recocido
416	160 000	140 000	350	Tratado térmicamente
Bronces:				
Bronce al aluminio ASTM B139	105 000	60 000	B100*	
Bronce fosforado ASTM B1397	60 000	45 000	B70*	
Bronce al silicio ASTM B99	58 000	25 000	B100*	
Aleaciones de aluminio:				
2024-T4	68 000	47 000	120	Tratado térmicamente $\frac{1}{2}$ diam
7075-T6	83 000	73 000	150	Tratado térmicamente $\frac{3}{4}$ diam
No metálicos:				
Fenólico laminado				
NEMA, Grado C	11 000	.....	M-103*	
NEMA, Grado L	14 000	.....	M-105*	
Nylon				
ASTM 6	8 700	6 000	M-100*	5% de humedad
ASTM 66	11 000	8 500	M-108*	5% de humedad

*Rockwell.

Fuente: Avallone & III, Manual del Ingeniero Mecánico, 2007, pág. 8-122

Carga a rotar:

$$W = m * g \quad (\text{Ec.13})$$

$$W = 24\text{Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

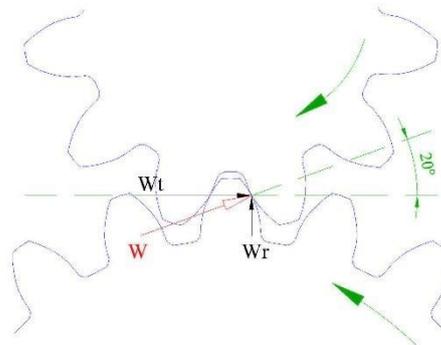
$W = 235.44 \text{ [N]}$ En línea de acción

$$\text{Sea: } \cos\phi = \frac{W_t}{W} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$W_t = 235.44 \text{ [N]} * \cos 20^\circ$$

$W_t = 221.241 \text{ [N]} = 49.737 \text{ lbf}$ Carga tangencial en el diente (ver figura 2.13)

Figura 2. 13: Diagrama de cuerpo libre de engranajes



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

- Parámetros geométricos del engranaje o rueda

Consideraciones:

- $\phi_{\text{ext}} = 450 \text{ mm}$
- $m = 3$
- Ancho de cara; $F = 10 \text{ mm} = 0.394 \text{ pulg}$

- Diámetro primitivo

$$\varnothing_{\text{ext}} = \varnothing_{\text{prim}} + 2m \quad (\text{Ec. 15})$$

$$\varnothing_{\text{prim}} = 450\text{mm} - 2(3)$$

$$\varnothing_{\text{prim}} = \mathbf{444\text{mm}}$$

- Diámetro interior

$$\varnothing_{\text{int}} = \varnothing_{\text{prim}} - 2.5m \quad (\text{Ec. 16})$$

$$\varnothing_{\text{int}} = 444\text{mm} - 2.5(3)$$

$$\varnothing_{\text{int}} = \mathbf{436.5\text{mm}}$$

- Número de dientes

$$N = \frac{\varnothing_{\text{prim}}}{m} \quad (\text{Ec. 17})$$

$$N = \frac{444\text{mm}}{3\text{mm}} = \mathbf{148 \text{ dientes}}$$

- Paso diametral

$$Pd = \frac{25.4}{m} \quad (\text{Ec. 18})$$

$$Pd = \frac{25.4}{3} = \mathbf{8.47 \text{ mm}}$$

- Paso circunferencial

$$p_c = m * \pi \quad (\text{Ec. 19})$$

$$p_c = 3 * \pi = \mathbf{9.423 \text{ mm}}$$

- Adendum

$$a = m = \mathbf{3mm} \quad (\text{Ec.20})$$

- Dedendum

$$b = 1.25m \quad (\text{Ec. 21})$$

$$b = 1.25(3) = \mathbf{3.75 \text{ mm}}$$

- Altura del diente

$$h = a + b \quad (\text{Ec. 22})$$

$$\mathbf{h = 6.75 \text{ mm}}$$

- Parámetros geométricos del piñón

Consideraciones

- $\text{Ø}_{\text{ext}} = 78 \text{ mm}$
- $m = 3$
- Ancho de cara $F = 10 \text{ mm} = 0.394 \text{ pulg}$

- Diámetro primitivo

$$\phi_{\text{ext}} = \phi_{\text{prim}} + 2m \quad (\text{Ec.15})$$

$$\phi_{\text{prim}} = 78\text{mm} - 2(2)$$

$$\phi_{\text{prim}} = \mathbf{72\text{mm}}$$

- Diámetro interior

$$\phi_{\text{int}} = \phi_{\text{prim}} - 2.5m \quad (\text{Ec.16})$$

$$\phi_{\text{int}} = 72\text{mm} - 2.5(3)$$

$$\phi_{\text{int}} = \mathbf{64.5\text{mm}}$$

- Número de dientes

$$N = \frac{\phi_{\text{prim}}}{m} \quad (\text{Ec.17})$$

$$N = \frac{72\text{mm}}{3\text{mm}} = \mathbf{24 \text{ dientes}}$$

- Paso diametral

$$Pd = \frac{25.4}{m} \quad (\text{Ec.18})$$

$$Pd = \frac{25.4}{3} = \mathbf{8.47 \text{ mm}}$$

- Paso circunferencial

$$p_c = m * \pi \quad (\text{Ec.19})$$

$$p_c = 3 * \pi = \mathbf{9.423 \text{ mm}}$$

- Adendum

$$a = m = \mathbf{3 \text{ mm}} \quad (\text{Ec.20})$$

- Dedendum

$$b = 1.25m \quad (\text{Ec.21})$$

$$b = 1.25(3) = \mathbf{3.75 \text{ mm}}$$

- Altura del diente

$$h = a + b \quad (\text{Ec.22})$$

$$h = 6.75 \text{ mm}$$

- Relación de transmisión

$$i = \frac{N_{\text{motor}}}{N_{\text{engrane conducido}}} \quad (\text{Ec.23})$$

$$i = \frac{24}{148} = 0.162 = \frac{1}{6}$$

Se concluye que 6 vueltas del piñón equivale a una vuelta de la rueda

- Análisis del esfuerzo de flexión

El sistema de engranes de la tornamesa se la analiza primeramente en función de los esfuerzos de flexión.

$$\sigma \leq [\sigma]$$

$$[\sigma] = \frac{S_y}{F_s}$$

Donde:

- σ = esfuerzo calculado
- $[\sigma]$ = esfuerzo admisible del material
- S_y = esfuerzo de fluencia
- F_s = factor de seguridad

“Ecuación de esfuerzo de flexión de la AGMA basada en la ecuación de Lewis”
(Norton, 2011, pág. 572)

$$\sigma = \frac{Wt * Pd * Ka * Km * Ks * Kb * Ki}{F * J * Kv} \tag{Ec.24}$$

- a) Ancho de cara; $F = 10 \text{ mm} = 0.3937 \text{ pulg}$; determinado por el autor.
- b) “Factor de carga transmitida $K_a = 1$; al suponer que a carga es uniforme en el tiempo”. (Norton, 2011, pág. 577)

Tabla 2. 5: Aplicación de factores K_a

Máquina impulsora	Máquina impulsada		
	Uniforme	Impacto moderado	Impacto fuerte
Uniforme (motor eléctrico, turbina)	1.00	1.25	1.75 o mayor
Impacto suave (motor de varios cilindros)	1.25	1.50	2.00 o mayor
Impacto medio (motor de un solo cilindro)	1.50	1.75	2.25 o mayor

Fuente: Norton, 2011, pág. 577

- c) Factor de distribución de carga, $K_m = 1,6$; para un $F = 10\text{mm}$. (Norton, 2011, pág. 577).

Tabla 2. 6: Factores K_m de distribución de carga

Ancho de cara in (mm)	K_m
<2 (50)	1.6
6 (150)	1.7
9 (250)	1.8
≥ 20 (500)	2.0

Fuente: Norton, 2011, pág. 577

- d) Factor dinámico; $K_v = \frac{6,1+v}{6,1}$ (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 719) (Ec. 25)

Tabla 2. 7: Ecuaciones para el factor de velocidad. Normas AGMA

En unidades SI, las ecuaciones (14-4a) a la (14-5b) se convierten en		
$K_v = \frac{3.05 + V}{3.05}$	(hierro fundido, perfil moldeado)	(14-6a)
$K_v = \frac{6.1 + V}{6.1}$	(perfil cortado o fresado)	(14-6b)
$K_v = \frac{3.56 + \sqrt{V}}{3.56}$	(perfil generado con fresa madre o cepillado)	(14-6c)
$K_v = \sqrt{\frac{5.56 + \sqrt{V}}{5.56}}$	(perfil cepillado o esmerilado)	(14-6d)

donde V está en metros por segundo (m/s).

Fuente: Budynas & Nisbett, 2008, pág. 719

- Velocidad lineal engranaje:

$$v = \omega * r \quad (\text{Ec. 26})$$

$$v = \frac{1,5 \text{ rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * 0,225 \text{ m}$$

$$v = 0,03534 \text{ [m/s]}$$

Se reemplaza en Kv;

$$Kv = 1.0057$$

- e) Factor de tamaño; $K_s = 1$; debido a que las secciones de los dientes están cargados axialmente, donde el espesor del diente es $4.71 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$ ($t=d$). (Norton, 2011, pág. 577).

Tabla 2. 8: Factores de tamaño

para $d \leq 0.3 \text{ in}$ (8 mm):	$C_{\text{tamaño}} = 1$
para $0.3 \text{ in} < d \leq 10 \text{ in}$:	$C_{\text{tamaño}} = 0.869d^{-0.097}$
para $8 \text{ mm} < d \leq 250 \text{ mm}$:	$C_{\text{tamaño}} = 1.189d^{-0.097}$

Fuente: Norton, 2011, pág. 261

- f) “Factor de espesor de aro (razón de respaldo) K_b ” (Norton, 2011, pág. 578)

“Este factor se debe tomar en cuenta cuando se tiene un engranaje con diámetro grande, hecho con un aro y brazos radiales, en lugar de un disco sólido, tiene una profundidad pequeña del aro, en comparación con la profundidad del diente. Tales diseños pueden fallar por fractura radial del aro, en lugar de en la raíz del diente. La AGMA define una razón de respaldo m_b como se indica a continuación”. (Norton, 2011, pág. 578).

$$m_b = \frac{t_r}{h}$$

(Ec. 27)

Figura 2.14: Parámetros de la AGMA para el factor K_b del espesor del aro



Fuente: Norton, 2011, pág.578

Por lo tanto:

$$m_b = \frac{18,25 \text{ mm}}{6,75 \text{ mm}} = 2,704$$

Para $m_b > 1,2$; $K_b = 1$

Tabla 2. 9: Parámetros de la AGMA para el factor K_b del espesor del aro

$K_B = -2m_B + 3.4$	$0.5 \leq m_B \leq 1.2$
$K_B = 1.0$	$m_B > 1.2$

Fuente: Norton, 2011, pág. 578

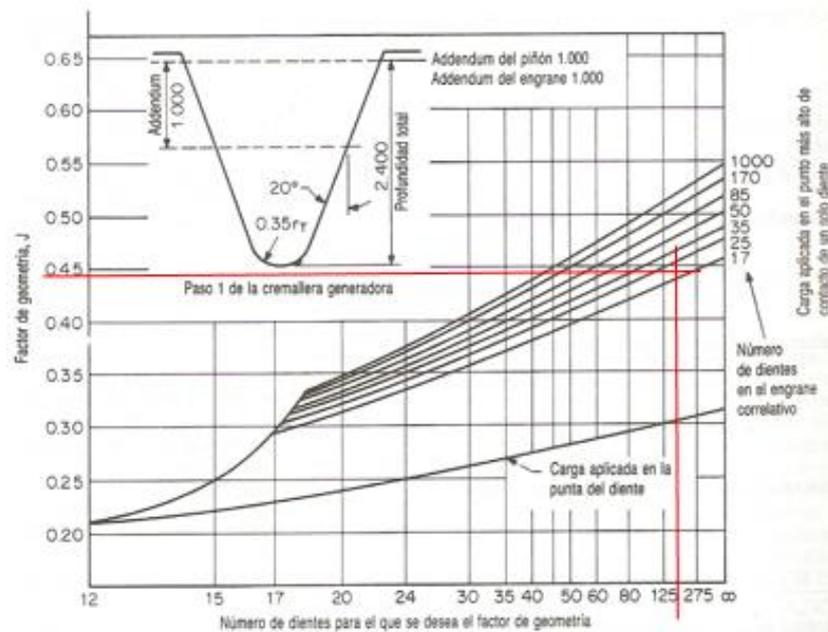
Por lo tanto:

$$K_b = -2m_b + 3,4; \text{ Para } 0,5 \leq m_b \leq 1,2 \quad (\text{Ec. 28})$$

g) “Factor de engranaje loco, $K_i = 1$ ” (Norton, 2011, pág. 578).

- h) “Factor geométrico de flexión J” (Avallone & III, Manual del Ingeniero Mecánico, 2007, págs. 8-116).

Figura 2.15: Factor de geometría J



Fuente: Avallone & III, Manual del Ingeniero Mecánico, 2007, págs. 8-116

Donde:

- $N_p = 24$ dientes
- $N_g = 148$ dientes
- $\emptyset = 20^\circ$

Por lo tanto; **J = 0,445**; según gráfica ver figura 2.14

Se reemplaza valores:

$$\sigma = \frac{49,7372 \cdot 8,47 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{0,3937 \cdot 0,445 \cdot 1,0057} \quad (\text{Ec.29})$$

$$\sigma = 3825,523 \text{ [psi]}$$

Al considerar un $F_s = 2$; para maquinaria en general; se tiene:

$$[\sigma] = \frac{S_y}{S} = \frac{8500 \text{ [psi]}}{2} = 4250 \text{ [psi]} \quad (\text{Ec.30})$$

$\sigma \leq [\sigma]$; entonces; **3825,523 [psi] \leq 4250 [psi]**; el diseño es aceptable.

- Análisis por desgaste superficial

Consideraciones:

- Material: nylon ASTM 6.6
- $E = 500000 \text{ [psi]}$; modulo elástico (Askeland & Phulé, 2008, pág. 681).

Tabla 2. 10: Propiedades de termoplásticos seleccionados

	Resistencia a la tensión (psi)	% de alargamiento	Módulo elástico (psi)	Densidad (g/cm ³)	Impacto Izod (pie-lb/ pulg)
Polietileno (PE):					
Baja densidad	3 000	800	40 000	0.92	9.0
Alta densidad	5 500	130	180 000	0.96	4.0
Peso molecular ultraalto	7 000	350	100 000	0.934	30.0
Cloruro de polivinilo (PVC)	9 000	100	600 000	1.40	
Polipropileno (PP)	6 000	700	220 000	0.90	1.0
Poliestireno (PS)	8 000	60	450 000	1.06	0.4
Poliacrilonitrilo (PAN)	9 000	4	580 000	1.15	4.8
Polimetilmetacrilato (PMMA) (acrílico, plexiglás)					
	12 000	5	450 000	1.22	0.5
Policlorotrifluoroetileno	6 000	250	300 000	2.15	2.6
Politetrafluoroetileno (PTFE, Teflón)	7 000	400	80 000	2.17	3.0
Polioximetileno (POM) (acetal)	12 000	75	520 000	1.42	2.3
Poliamida (PA) (nylon)	12 000	300	500 000	1.14	2.1
Poliéster (PET)	10 500	300	600 000	1.36	0.6
Policarbonato (PC)	11 000	130	400 000	1.20	16.0
Poliimida (PI)	17 000	10	300 000	1.39	1.5
Polietereterketona (PEEK)	10 200	150	550 000	1.31	1.6
Sulfuro de polifenileno (PPS)	9 500	2	480 000	1.30	0.5
Sulfona de poliéter (PES)	12 200	80	350 000	1.37	1.6
Poliamidaimida (PAI)	27 000	15	730 000	1.39	4.0

Fuente: Askeland & Phulé, 2008, pág. 681

- $\gamma = 0,41$; módulo poisse según información de tabla 2.10

Tabla 2. 11: Propiedades mecánicas del nylon Astm 6.6

Propiedades Mecánicas	
Coefficiente de Fricción	0,2-0,3
Módulo de Tracción (GPa)	3,3
Relación de Poisson	0,41
Resistencia a la Abrasión - ASTM D1044 (mg/1000 ciclos)	3-5
Resistencia a la Tracción (MPa)	82
Resistencia al Impacto Izod (J m-1)	40-110

Fuente: MTI CALI, 2015, pág. 1

Se calcula el coeficiente elástico Cp:

$$C_p = \sqrt{\frac{1}{\pi \left[\frac{1-\gamma_1^2}{E_1} + \frac{1-\gamma_2^2}{E_2} \right]}} \quad (\text{Ec.31})$$

$$C_p = \sqrt{\frac{1}{2\pi \left[\frac{1-\gamma^2}{E} \right]}}$$

$$C_p = \sqrt{\frac{1}{2\pi \left[\frac{1-0,41^2}{500000 \text{ psi}} \right]}}$$

$$C_p = 309,2855 \sqrt{\text{psi}}$$

Sea:

- En piñón, el $\phi_{\text{prim}} = 72\text{mm} = 2,835 \text{ pulg}$; $\phi=20^\circ$
- En rueda (engrane); el $\phi_{\text{prim}} = 444\text{mm} = 17,480 \text{ pulg}$; $\phi=20^\circ$

Por ende:

- Radio de curvatura del piñón; $r_p = \frac{\phi_{\text{prim}} \cdot \text{sen} \phi}{2} = 0,4847 \text{ pulg}$

- Radio de curvatura de la rueda (engrane); $r_g = \frac{\phi_{\text{prim}} \cdot \text{sen} \phi}{2} = \mathbf{2,9893 \text{ pulg}}$

Al considerar:

$$\sigma_c = Cp * \sqrt{\frac{W_t}{F \cdot \cos \phi \cdot Kv} \left(\frac{1}{r_p} + \frac{1}{r_g} \right)} \quad (\text{Ec. 32})$$

Donde:

- $F = 0.39$ pulg, ancho de cara
- $W_t = 49,737$ lbf
- $Kv = 1.0057$; dato del análisis de esfuerzo a flexión

Al sustituir valores; se tiene:

$$\sigma_c = 309,285 \sqrt{\text{psi}} * \sqrt{\frac{49,737 \text{ lbf}}{0,394 \text{ pulg} * \cos 20^\circ * 1.0057} \left(\frac{1}{0,4847 \text{ pulg}} + \frac{1}{2,9893 \text{ pulg}} \right)}$$

$$\sigma_c = 5534,992 \text{ psi; esfuerzo de compresión}$$

Sea; $\sigma_c \leq S_c$

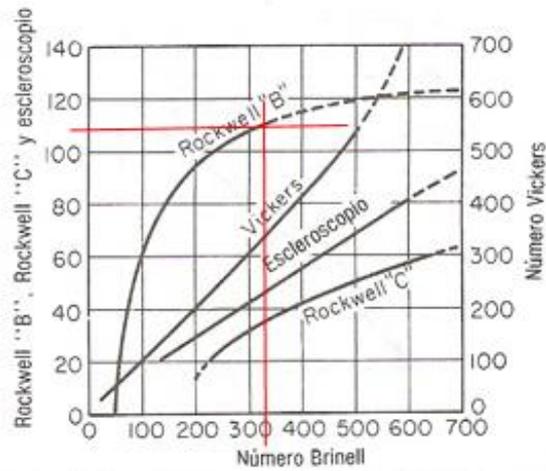
$$S_c = 0,32(\text{HB}) \quad (\text{Ec. 33})$$

- S_c = resistencia al desgaste del material en Kpsi
- HB = dureza escala Brinell

La dureza del nylon ASTM 6.6 es M-108 Rockwell. Tabla 2.4 Pág.8-122.

“M-108 Rockwell es equivalente en HB es 325” (Avalone & III, Manual del Ingeniero Mecánico, 2007, pág. 515)

Figura 2.16: Escala de dureza



Fuente: Avallone & III, Manual del Ingeniero Mecánico, 2007, págs. 5-15

Se concluye:

$$S_c = 0,32(325)$$

$$S_c = 104 \text{ Kpsi}$$

Por lo tanto; $\sigma_c \leq S_c$; **5534,992 psi \leq 104000 psi**; el diseño es aceptable.

En resumen el sistema de engranajes tiene módulo 3, a continuación los datos de cada uno de ellos para la respectiva construcción:

Piñón:

- $N_p = 24$
- $D_e = 78\text{mm}$
- $D_i = 64.5\text{mm}$
- $D_p = 72\text{mm}$
- $D_{eje} = 5\text{mm}$

Rueda:

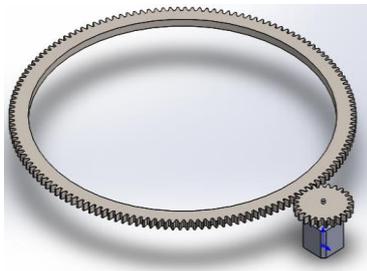
- $N_g = 148$
- $D_e = 450$
- $D_i = 437$
- $D_p = 444 \text{ mm}$
- $D_{eje} = 400\text{mm}$ (se acopla en plato giratorio)

Si el requerimiento es 1.5 rpm para la rueda se procede a calcular cuantas rpm realiza el piñón:

$$d_p \text{ piñón} * n_1 = d_p \text{ rueda} * n_2 \quad (\text{Ec. 34})$$

$$n_2 = \frac{444 \times 1.5}{72} = 9.25 \text{ rpm}$$

Figura 2.17: Sistema de engranajes de la tornamesa diseñado - sistema de engranajes de la tornamesa construido

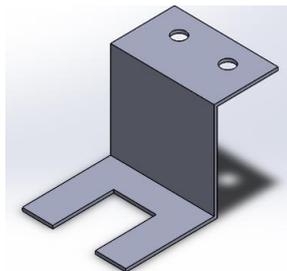


Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

2.4.2.4 Soporte de motor paso a paso

La función del soporte del motor paso a paso es mantener fijo al motor con el fin de lograr transmitir el movimiento giratorio de manera adecuada, se caracteriza por ser preciso, liviano, el material utilizado es acero al carbono.

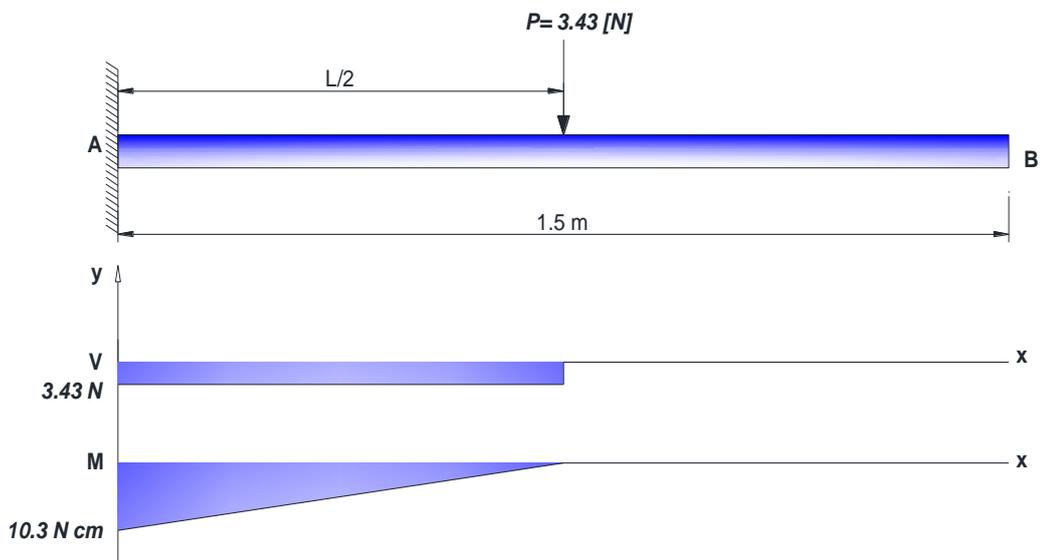
Figura 2.18: Soporte de motor paso a paso diseñado - soporte de motor paso a paso construido



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Por facilidad de diseño, el ala del soporte se analizará como una viga en voladizo empotrada en un extremo, así:

Figura 2.19: Diagrama de momento cortante y diagrama de momento



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Datos

- Peso del motor y piñón (nylon ASTM 6.6), masa total 350 gr = 3.4345 [N]
- Espesor del soporte: 2 mm
- Material: acero al carbono SAE 1018
- Ancho del soporte: 60 mm
- Largo del soporte: 60 mm

Donde:

$$f_b \leq F_b$$

$$F_b = 0.66S_y \quad (\text{Ec. 35})$$

$$f_b = \frac{M \cdot c}{I} \quad (\text{Ec. 36})$$

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (\text{Ec. 37})$$

Donde:

- F_b = esfuerzo permisible, [N/mm²]
- f_b = esfuerzo real a flexión, [N/mm²]
- S_y = límite de fluencia, [N/mm²]
- M = momento flector, [N mm]
- c = distancia del eje neutro; [mm]
- I = inercia; [mm⁴]

Cálculo de reacciones y momento flector, condición de equilibrio:

$$\Sigma F_y = 0 \quad (\text{Ec.4})$$

$$R_a = P = 3.4345 \text{ [N]}$$

$$\Sigma M = 0 \quad (\text{Ec.5})$$

$$M - P(L/2) = 0$$

$$M = P(L/2), \text{ [N mm]}$$

$$M_{\text{máx}} = 103.035 \text{ [N mm]}$$

El límite de fluencia del acero $S_y = 36000 \text{ psi} = 248.211 \text{ N/mm}^2$, se reemplaza en la fórmula del esfuerzo admisible a flexión:

- Esfuerzo permisible a flexión

$$F_b = 0.66S_y \quad (\text{Ec.35})$$

$$F_b = 0.66 (248.211) = \mathbf{163.82 \text{ [N/mm}^2\text{]}}$$

- Inercia de la sección del soporte

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (\text{Ec.37})$$

$$I = \frac{60 \text{ mm} * (2\text{mm})^3}{12} = 40 \text{ mm}^4$$

$$c = 1 \text{ mm}$$

- Esfuerzo de flexión

$$f_b = \frac{M*c}{I} \quad (\text{Ec.36})$$

$$f_b = \frac{103.035 \text{ [N mm]} * 1\text{mm}}{40 \text{ mm}^4} = 2.576 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

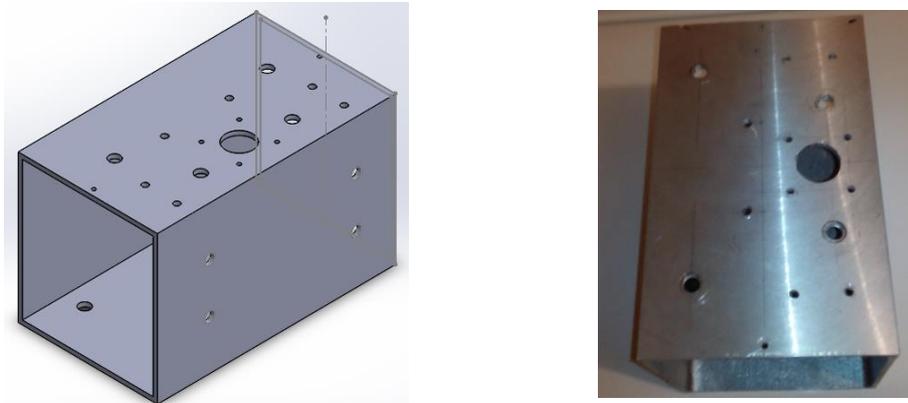
Por lo tanto; $2.576 \text{ [N/mm}^2\text{]} \leq 163.82 \text{ [N/mm}^2\text{]}$, el diseño es aceptable.

2.4.3 Caja soporte de mecanismo

La función de la caja soporte de mecanismo es mantener el motor de paso y el sistema de poleas tensoras en el caso de las carrileras que generan el movimiento en el eje x, lo mismo sucede con las carrileras que generan el movimiento en el eje y, solo que en este último se incluye el soporte al sistema de corte; las cajas se caracterizan por ser livianas y estéticas.

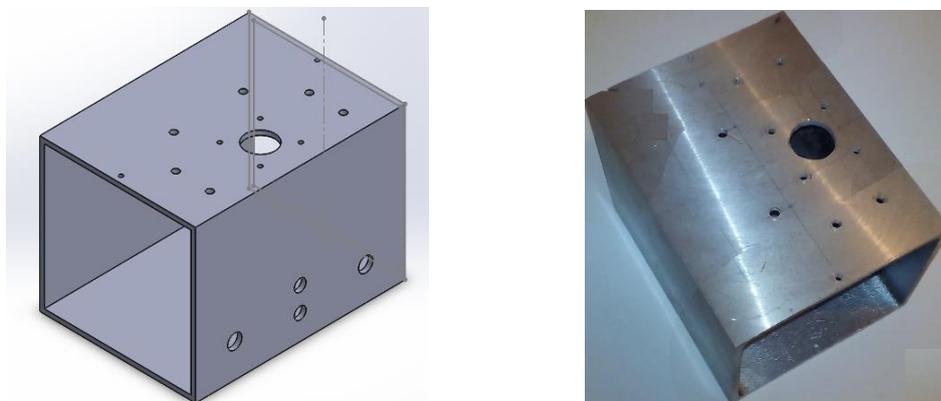
El material utilizado es aluminio fundido lo que permite precisión en el funcionamiento de la máquina.

Figura 2.20: Caja soporte del mecanismo diseñado para eje y - caja soporte del mecanismo construido



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Figura 2.21: Caja soporte del mecanismo diseñado para eje x - caja soporte del mecanismo construido



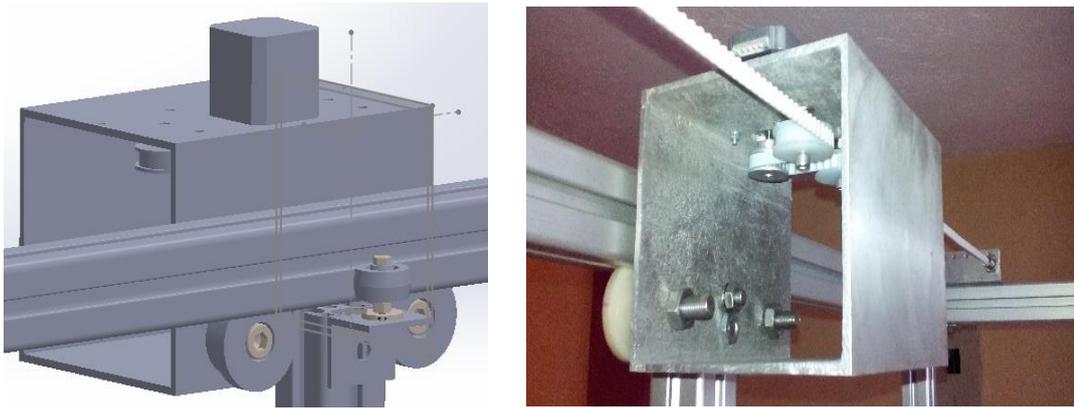
Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

2.4.4 Sistema de movimiento horizontal

La función del sistema de movimiento horizontal es permitir el direccionamiento en el eje x, al igual que los anteriores sistemas se caracteriza por ser liviano y consta de las siguientes partes principales:

- Rueda carrilera
- Motor paso a paso

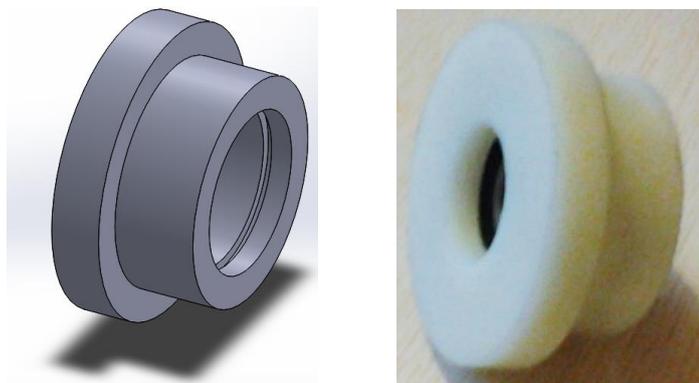
Figura 2.22: Sistema de movimiento horizontal diseñado - sistema de movimiento horizontal construido



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

- Rueda carrilera

Figura 2.23: Rueda carrilera diseñado - rueda carrilera construido

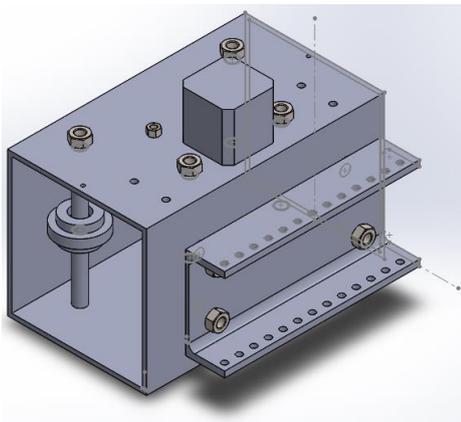


Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

2.4.5 Sistema de movimiento vertical

La función del sistema de movimiento vertical es permitir el direccionamiento en el eje Y, al igual que los anteriores sistemas se caracteriza por ser liviano y se puede apreciar a continuación:

Figura 2.24: Sistema de movimiento vertical diseñado - sistema de movimiento vertical construido

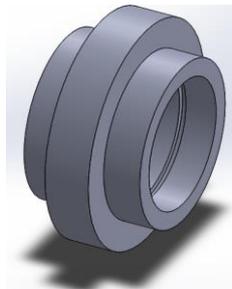


Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Consta de las siguientes partes:

- Rueda carrilera vertical

Figura 2.25: Rueda de carrilera vertical diseñado - rueda de carrilera vertical construido



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

2.4.6 Sistema de corte

La función de este sistema es soportar el alambre de nicromo que se calentará a 120°C aprox. para cortar el bloque de EPS; se ubicará en las placas soporte del mecanismo que ejecuta el movimiento vertical. Se caracteriza por ser un sistema flexible y consta de las siguientes partes:

- Resorte de tracción; material de acero zincado
- Alambre de nicromo (se explicará en el capítulo III con mayor detalle)
- Dimmer de 600W; (se explicará en el capítulo III con mayor detalle)

2.4.6.1 Resorte de tracción

La función del resorte de tracción es soportar las fuerzas de tracción generadas por el alambre cuando se calienta a 120°C.

Figura 2.26: Resorte diseñado - resorte construido



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

El material utilizado en el resorte es acero zincado y se sabe que el poliestireno expandido tiene buenas cualidades térmicas actuando como aislante, pero su uso es limitado a altas temperaturas (80° a 100° C) se considera una carga al material de 20kPa. (ANAPE Asociación Nacional de Poliestireno Expandido, 2015, pág. 2).

Se procede a calcular la fuerza requerida para el corte, por lo tanto:

$P = 20 \text{ kPa} = 20000 \text{ N/m}^2 = \mathbf{0.204 \text{ kgf/cm}^2}$, carga mínima para el corte del poliestireno expandido a 80°C .

- Área de incidencia del alambre de corte:

Al considerar las dimensiones de la materia prima a cortarse preliminarmente (1.2m largo x 1.2 m ancho x 1.0 m espesor); y, los alambres de resistencia para corte (21 SWG, diámetro 0.813mm); por lo tanto:

- $L = 100 \text{ cm}$, longitud de materia prima para el corte.
- $\varnothing = 0.0813 \text{ cm}$, diámetro de alambre de corte.

Sea el área de incidencia:

$$\text{Área de incidencia} = L \times \varnothing \text{ [cm}^2\text{]} \quad (\text{Ec.38})$$

$$\text{Área de incidencia} = 100 \times 0.0813 = \mathbf{8.13 \text{ cm}^2}$$

- Resistencia teórica al corte del poliestireno

$$P = F / A \quad (\text{Ec.39})$$

Donde:

- $P =$ carga mínima para el corte de poliestireno [kgf/cm^2]
- $F =$ fuerza requerida para el corte [kgf]
- $A =$ área de incidencia [cm^2]

Al reemplazar valores:

$$F = P \times A$$

$$F = 0.2039432 \text{ [kgf/cm}^2\text{]} \times 8.13 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$\mathbf{F = 1.66 \text{ Kgf}}$$

Esta fuerza corresponde a una fuerza máxima estática para la deflexión del resorte.

- Diseño del resorte tensor de hilo de corte.

Se considera las características de trabajo para el corte del poliestireno en función de la distancia entre los soportes del hilo de nicromo, el cual es 1,225 m; a su vez el material a cortar es de 1.2 m x 1.2 m x 1 m, siendo esta última magnitud la preponderante para saber que será la longitud de trabajo del hilo de corte. En sus extremos se emplea terminales tipo ojal de bronce para mayor facilidad en la colocación del alambre en los soportes.

Por ende la distancia para el uso, acople y/o manipulación de un resorte será de 92.5 mm; y el grosor del material del soporte es de 5 mm, en donde se sujetara el hilo metálico para el corte.

A continuación se establece los parámetros iniciales para el adecuado dimensionamiento de los resortes:

- Diámetro del resorte máximo 2 veces el grosor de los soportes.
- Longitud máxima de resorte: ≈ 50 mm
- Material: acero al carbono zincado
- Grosor de alambre: ≈ 1 mm
- Tensión del hilo: aprox. 1.66 Kgf, según la fuerza F encontrada anteriormente

Por lo tanto, al verificar resortes en el mercado local se tiene lo siguiente:

- Diámetro exterior = 13 mm
- Diámetro del alambre = 1.25 mm
- Longitud del resorte = 52 mm
- Numero de espirales = 26 espirales
- Material: acero zincado
- Tipo: resorte helicoidal de extensión con media espira de maquina abierta

2.4.6.2 Determinación de los parámetros físicos del resorte

- Índice de resorte: (C)

$$C = \frac{D}{d} \quad (\text{Ec. 40})$$

$$C = \frac{11.75 \text{ mm}}{1.25 \text{ mm}} = \frac{0.4625 \text{ pulg}}{0.0492 \text{ pulg}} = 9.4$$

El índice es adecuado debido a que debe estar entre 4 y 12. (Norton, 2011, pág. 659).

- Esfuerzos iniciales de espira en resorte (τ_i)

Para la determinación de los esfuerzos iniciales de la espira a la que fue construido, razón por lo cual se empleará las siguientes expresiones:

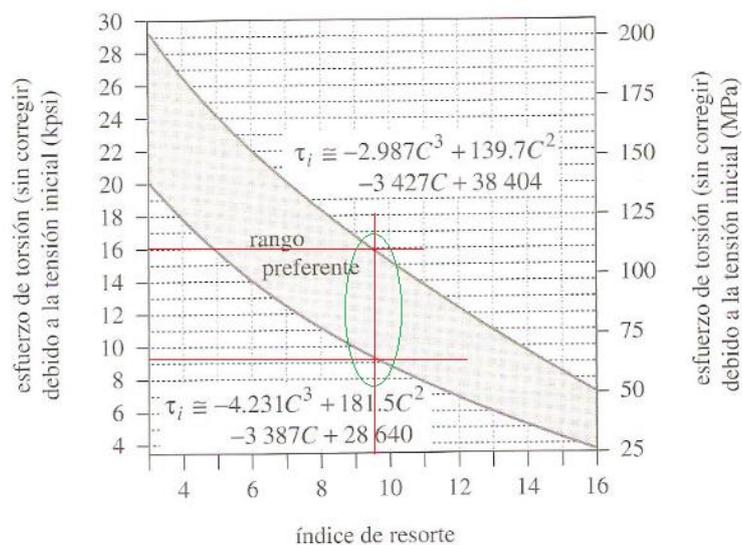
$$\tau_i \cong -4.231C^3 + 181.5C^2 - 33.87C + 28640 \quad (\text{Ec. 41})$$

$$\tau_i \cong 9325.33 \text{ psi}$$

$$\tau_i \cong -2.987C^3 + 139.7C^2 - 34.27C + 38404$$

$$\tau_i \cong 16053.13 \text{ psi}$$

Figura 2.27: Rango preferente del esfuerzo inicial en resortes de tensión en función del índice del resorte



Fuente: Norton, 2011, pág. 684

Por lo tanto, se puede evidenciar que el resorte ha sido construido dentro del rango de referencia como se observa en la figura 2.27. La τ_1 promedio será igual a **12689.23 psi**.

- Factor cortante directo (K_s)

$$K_s = 1 + \frac{0.5}{c} \quad (\text{Ec.42})$$

$$K_s = 1 + \frac{0.5}{9.4} = 1.053$$

- Precarga de la espira en resorte (F_i)

Esta precarga es la tensión inicial en el resorte que debe superarse para que el resorte se deflexione o estire y se determina con la siguiente ecuación:

$$F_i = \frac{\pi d^3 \tau_1}{8 K_s D} \quad (\text{Ec. 43})$$

$$F_i = \frac{\pi * 0.04625^3 * 12689.23}{8 * 1.053 * 0.4625}$$

$$\mathbf{F_i = 1.218 \text{ lb}}$$

- Constante del resorte (k)

La constante del resorte se calcula con la siguiente ecuación (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 502):

$$k = \frac{d^4 G}{8 D^3 N_a} \quad (\text{Ec. 44})$$

$$N_a = N_b + G/E \quad (\text{Ec. 45})$$

Donde:

- N_a : número de vueltas helicoidales

- N_b : número de espiras del resorte
- G : módulo de elasticidad al cortante
- E : módulo de elasticidad a la tensión

Por lo tanto:

$$N_a = 26 + 11.85/29$$

$$N_a = \mathbf{26.41 \text{ vueltas}}$$

Al reemplazar valores se tiene:

$$k = \frac{0.0492^4 * 11.85 * 10^6}{8 * 0.4625^3 * 26.41}$$

$$k = \mathbf{3.32 \text{ lbf/pulg}}$$

- Deflexión máxima (y), (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 528)

Para la deflexión máxima se ha de considerar la siguiente ecuación:

$$y_{\max} = \frac{F_{\max} - F_i}{k} \quad (\text{Ec.46})$$

$$y_{\max} = \frac{3.659 - 1.218}{3.32} = 0.7352 \text{ pulg} \approx 18.67 \text{ mm}$$

- Longitud final de elongación, corresponde a $L = 33.79 \text{ mm} + 18.67 \text{ mm} = \mathbf{52.46 \text{ mm}}$

Por lo tanto, la longitud final es: $\mathbf{52.46 \text{ mm} < 92.5 \text{ mm}}$; la elongación es aceptable.

- Esfuerzo del alambre del resorte, (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 528):

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \quad (\text{Ec. 47})$$

Los parámetros de la ecuación anterior son establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 2.12: Constantes A y m de $S_{ut} = A/d^m$ para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes.

Tabla 10-4
Constantes A y m de $S_{ut} = A/d^m$ para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes
Fuente: De Design Handbook, 1987, p. 19. Cortesía de Associated Spring.

Material	ASTM num.	Exponente m	Diámetro, pulg	A, kpsi-pulg ^m	Diámetro, mm	A, MPa-mm ^m	Costo relativo del alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.106-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite [†]	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro [‡]	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo vanadio [§]	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo silicio [¶]	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302 ^{**}	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
		0.263	0.10-0.20	128	2.55	2 065	
		0.478	0.20-0.40	90	5-10	2 911	
Alambre de bronce fosforado***	B159	0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.0
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2-7.5	932	

*La superficie es lisa, sin defectos y tiene un acabado brillante y lustroso.
[†]Tiene escamas ligeras debido al tratamiento térmico, que se deben remover antes del galvanizado.
[‡]La superficie es lisa y brillante sin marcas visibles.
[§]Alambre revenido de calidad aerodinámica; también se obtiene recocido.
[¶]Revenido a Rockwell C49, pero se puede obtener sin revenir.
^{**}Aceros inoxidable tipo 302.
^{***}Temple CAS10.

Fuente: Budynas & Nisbett, 2008, pág. 507

El material del resorte es alambre de piano (ASTM A228), donde; $m = 0.145$ y $A = 201 \text{ kpsi} \cdot \text{pulg}^m$; por lo tanto:

$$S_{ut} = \frac{201}{0.0492^{0.145}} = 311.072 \text{ kpsi} \quad (\text{Ec.47})$$

- Esfuerzo de torsión:

$$S_{sy} = 0.45 S_{ut}$$

$$S_{sy} = 0.45 (264.7) = \mathbf{119.11 \text{ kpsi}}$$

- Esfuerzo cortante máximo (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 529):

El esfuerzo cortante bajo la carga de servicio es:

$$\tau_{\max} = \frac{8K_B F_{\max} D}{\pi d^3} \quad (\text{Ec. 48})$$

Donde:

El factor de concentración del esfuerzo de la curvatura K_B se determina de la siguiente manera:

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} \quad (\text{Ec. 49})$$

$$K_B = \frac{4 * 9.4 + 2}{4 * 9.4 - 3}$$

$$\mathbf{K_B = 1.144}$$

Se reemplaza valores:

$$\tau_{\max} = \frac{8 * 1.144 * 3.659 * 0.4625}{\pi * 0.0492^3} \quad (\text{Ec.48})$$

$$\tau_{\max} = 41.394 \text{ kpsi}$$

- Factor de seguridad

Para el cálculo del factor de seguridad se tiene:

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{\max}} \quad (\text{Ec. 50})$$

$$n = \frac{119.11}{41.394} = 2.87$$

Por lo tanto es suficiente para la tensión de trabajo establecida; el resorte es aceptable.

2.4.7 Sistema transmisión

La función de este sistema es convertir el movimiento rotacional del motor en un movimiento lineal que se desplaza en sentido ortogonal 'X-X', 'Y-Y', 'X-Y' para ello es importante dimensionar bien las partes que lo componen y se indican a continuación:

- Banda sincrónica dentada T3 y engranaje para motor paso a paso.
- Motor paso a paso (se explicará en el capítulo III con mayor detalle)
- Sistema de poleas tensoras de banda

2.4.7.1 Selección de la banda sincrónica

Para producir el movimiento, se emplea bandas dentadas sincrónicas, para lo cual se considera la siguiente simbología, fórmulas y tablas según el fabricante MEGADYNE:

Tabla 2.13: Simbologías, fórmulas y factores de conversión

The following pages contain data, formulae and tables that are required to design a new belt drive. For critical and difficult drives, it is recommended that you contact your supplier's Technical Staff for advice.

Symbol	Unit	Definition	Symbol	Unit	Definition
a	m/s ²	acceleration	g	m/s ²	gravity (9.81)
b	mm	belt width	μ	-	friction coefficient
C_s	-	safety factor	m	Kg	conveyed mass
Δl/∞	%	elongation	M_t	Nm	drive torque
d	mm	idler pitch diameters	n₁	1/min	revs/min (RPM) of drive sprocket 1
d₁	mm	sprocket pitch diameter	P	KW	drive power
F_p	N	pretension	Q	N	force exerted by mass (m)
F_u	N	peripheral force	V	m/s	belt speed
F_{p, sp}	N/cm	transmittable force per tooth per unit width	Z₁		number of teeth of sprocket
MTL	N	max traction load	Z_m		number of teeth in mesh on driver sprocket (12)
BS	N	breaking strength	Z_L		number of teeth of large pulley
c	mm	centre distance	Z_s		number of teeth of small pulley
			P		belt pitch

Max traction load is maximum acceptable traction on cords.
 Breaking strength is necessary load to break belt cords.
 Elongation is belt elongation under load.

USEFUL FORMULAE AND CONVERSION FACTORS

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{d_1 \cdot n_1}{19100} & n_1 &= \frac{V \cdot 19100}{d_1} & d_1 &= \frac{V \cdot 19100}{n_1} & Q &= m \cdot g \\
 P &= \frac{M_t \cdot n_1}{9550} & M_t &= \frac{9550 \cdot P}{n_1} & M_t &= \frac{F_u \cdot d_1}{2000}
 \end{aligned}$$

Fuente: MEGADYNE, 2012, pág. 6

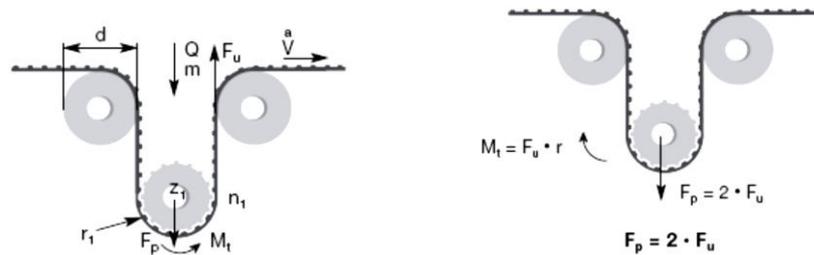
2.4.7.2 Diagrama de cuerpo libre del sistema de tensión de banda

Se determina las fuerzas generadas en el sistema de transmisión; para lo cual:

$$\Sigma F_y = 0 \quad (\text{Ec.4})$$

$$2F_u = F_p$$

Figura 2.28: DCL sistema transmisión tipo omega



Fuente: MEGADYNE, 2012, págs. 6-12

- Parámetros para el diseño

Para el desarrollo de la cortadora de poliestireno; se establece los siguientes parámetros:

Motores de paso:

- Amperaje: 1.5 A
- Voltaje: 5 Vcc
- Potencia: 7.5 Watts
- Torque: 2.4 Kg-cm; 0.2354 N-m; 33.33 onz-pulg
- Tipo de transmisión: Omega (según catálogo Megalinear)

Datos de la banda sincrónica:

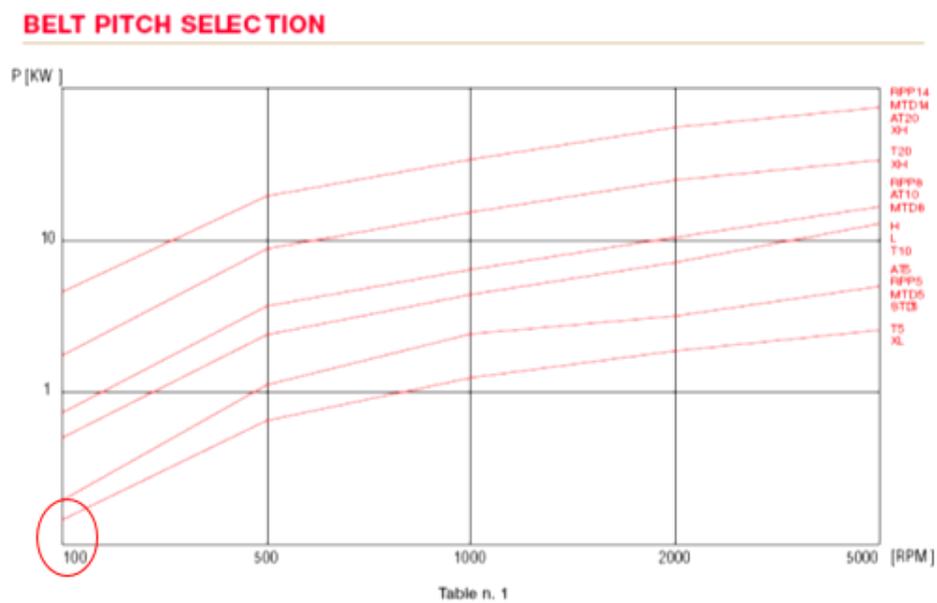
- Marca: Megadyne
- Paso: 5mm, tipo T5 de poliuretano con alma de acero
- Ancho de banda: 6 mm

Piñones:

- RPM: 88 aprox.

Al considerar los parámetros establecidos, se verifica la banda seleccionada en las curvas de funcionamiento del catálogo del fabricante, sea en la curva P [KW] Vs. RPM, o, b [mm] Vs. F_u [N].

Figura 2.29: Selección del paso de la banda. Curva de funcionamiento P [KW] vs. RPM



Fuente: MEGADYNE, 2012, pág. 10

Al considerar 2 motores por carrilera se transmite una potencia de 15 Watts, y a 88 rpm aproximadamente, se evidencia que dichos valores son menores que los existentes en la gráfica; razón por lo cual se toma como parámetro la primera curva de funcionamiento T5; corroborando la selección del tipo de banda en los parámetros.

- Fuerza de tensión (F_u)

Se toma en cuenta las características de la banda y del piñón motriz, para lo cual se tiene los siguientes datos:

- $Z_1 = 15$ dientes, (tabla 2.14)
- $d_1 = 23.87$ mm, (tabla 2.14)

En el anexo 2 se presenta las características de la banda sincrónica T5 Megadyne seleccionada. Dentro del catálogo se encuentra la resistencia a la flexión y las opciones de piñones para la banda T5.

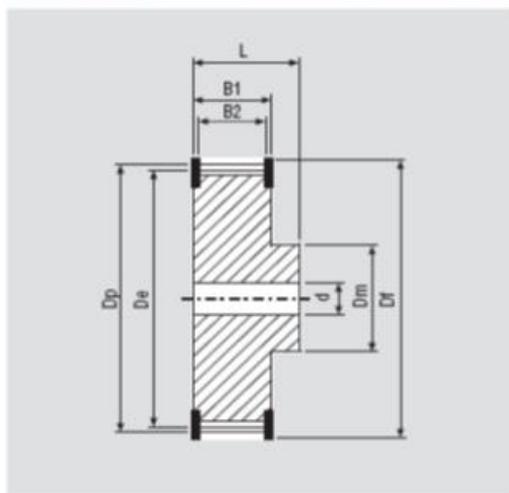
Tabla 2.14: Resistencia a la flexión y opciones de piñones para banda T5

FLEXION RESISTANCE



	Z min	Z min	Idler min dia (mm)	Z min	Idler min dia (mm)
Standard steel cords	10	15	30	10	30
Kevlar cords	12	15	30	12	30
High Power cords	15	15	40	15	60
High Flexibility cords	10	12	30	10	30
Stainless steel cords	15	18	40	15	40

PULLEYS (for more details please see our pulleys catalogue)



N° Teeth	Dp	De	N° Teeth	Dp	De
10	15,92	15,09	25	39,79	38,96
12	19,10	18,27	28	44,56	43,73
14	22,28	21,45	30	47,75	46,92
15	23,87	23,04	32	50,93	50,10
16	25,46	24,64	36	57,30	56,47
18	28,65	27,82	40	63,66	62,93
19	30,24	29,41	42	66,85	66,02
20	31,83	31,00	44	70,03	69,20
22	35,01	34,19	48	76,39	75,57
24	38,20	37,37	60	95,49	94,67

Fuente: MEGADYNE, 2012, pág. 29

Al conocer la potencia, rpm y diámetro del piñón motriz se tiene:

$$F_u = 19.1 * 10^6 * \frac{P}{(d_1 * n_1)} \quad (\text{Ec. 51})$$

$$F_u = 19.1 * 10^6 * \frac{0.0075}{(23.87 * 88)}$$

$$F_u = 68.196 \text{ [N]}$$

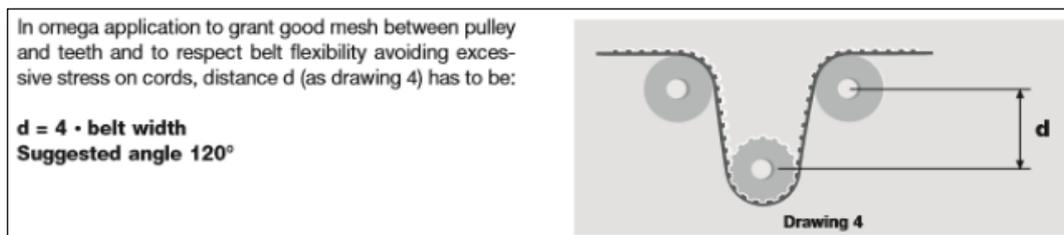
- Cálculo del número de dientes engranados (Z_m)

$$Z_m = \left[0.5 - \left(\frac{4 * p}{79 * c} \right) * (Z_L + Z_S) \right] * Z_S \quad (\text{Ec.52})$$

Donde:

- Z_L = número de dientes de engranaje conducido
- Z_S = número de dientes de piñón conductor
- p = paso de diente
- c = distancia entre centros

Figura 2.30: Distancia ejes de sistema de tensión



Fuente: MEGADYNE, 2012, pág. 13

$$c = d = 4 * 6 = 24 \text{ mm}$$

Al reemplazar valores:

$$Z_m = \left[0.5 - \left(\frac{4 * 5}{79 * 24} \right) * (0 - 15) \right] * 15$$

$$Z_m = 9.87 \text{ dientes} \approx 10 \text{ dientes}$$

- Ancho de la banda (b)

Para determinar el ancho de la banda, se determina lo siguiente:

- Factor de seguridad

Donde $C_s = 1.4$, sea que la máquina trabaje en baja fluctuación de carga, de la tabla siguiente:

Tabla 2.15: Tabla de coeficientes de fricción y factores de seguridad

Table n. 3 - Friction coefficient		
Rolling friction on dry surface		
Polyurethane / smooth steel		$\mu = 0.5$
Polyurethane / rough steel		$\mu = 0.7$
Polyurethane / abrasive steel		$\mu = 0.9$
Polyurethane NFT / smooth steel		$\mu = 0.25$
Polyurethane NFT / rough steel		$\mu = 0.35$
Polyurethane NFT / abrasive steel		$\mu = 0.6$
Polyurethane / nylon		$\mu = 0.35$
Polyurethane NFT / nylon		$\mu = 0.15$
Polyurethane / aluminium		$\mu = 0.8$
Polyurethane NFT / aluminium		$\mu = 0.45$
Volvent friction on dry surface		
Bearing		$\mu = 0.015$
Roller / PU Belt		$\mu = 0.03 / 0.06$
Bush		$\mu = 0.15$
Table n. 4 - Safety factor		
The choice of the Safety factor's, depends on the operating conditions. The following table shows the value to be used:		
Steady Load		1
Shock Load	Low	1.4
	Average	1.7
	High	2
Elevators, hoists		1.8
Line shafts		1.6
Paper machines:		
agitators, calenders, driers, winding frames,		1.6
wilows, Jordan machines, pumps, slicers, grinders		1.8
Machines for pottery and earthenware:		
cutters, granulators,		1.7
pulping machines		2.0
Laundry machines: general		
extractors, washers		1.8
Machines for rubber processing		
Woodworking machines:		
lathes, band saws, cutters,		1.7
circular saws, planers, jointer		1.7
Printing machinery:		
rotary, newspaper, linotype, cutters, folders, magazine		1.6
Textile machines:		
wreping machines, winders,		1.7
spinners, twisting frames, looms		1.8
Machines tools: drilling machines, lathes,		
read cutting machines, gears cutters, boring machines		1.6
millers, planers,		1.7
grinding machines		1.7
Conveyors:		
hoists, light package		1.3
oven screw flight		1.8
apron bucket, elevator		1.8
screw		1.8
Brick machinery		1.8

Fuente: MEGADYNE, 2012, pág. 11

– Fuerza de transmisión por diente

Donde $F_{p\text{ spec}} = 22 \text{ N/cm}$; para 88 rpm, fuerza de transmisión por diente por unidad de ancho, tal como se observa en la tabla siguiente:

Tabla 2.16: Fuerza de transmisión por diente por unidad de ancho

TOOTH RESISTANCE																		
RPM (1/min)	0	20	40	60	80	100	200	300	400	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	5000	8000
$F_{p\text{ spec}}$ (N/cm)	24	23	23	22	22	22	20	19	19	18	17	16	15	14	12	11	11	9

Minimum suggested number of teeth in clamp for linear movement: 7

Fuente: MEGADYNE, 2012, pág. 28

Al reemplazar valores, se tiene:

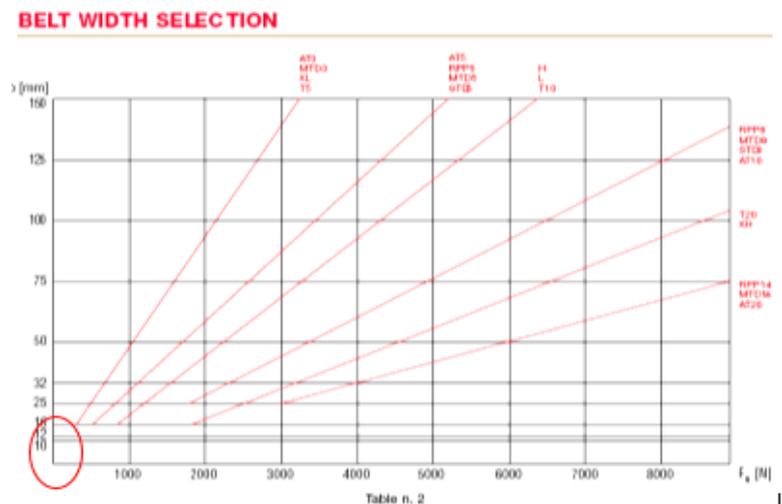
$$b = \frac{(F_U * C_S * 10)}{(F_{P\text{ spec}} * Z_m)} \quad (\text{Ec.53})$$

$$b = \frac{(68.196 * 1.4 * 10)}{(22 * 10)}$$

$$b = 4.34 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se considera un ancho de banda de 6mm, según catálogo megalinear, pág. 28, al igual que se comprueba en la siguiente gráfica:

Figura 2.31: Gráfica para determinar ancho de banda. Curva de funcionamiento b [mm] Vs. Fu [N]



Fuente: MEGADYNE, 2012, pág. 10

- Fuerza de pretensión (F_p)

Para calcular la fuerza de pretensión F_p para una configuración de transmisión tipo omega, se considera:

$$F_p = 2F_u \quad (\text{Ec.4})$$

$$F_p = 2(68.196 \text{ N})$$

$$\mathbf{F_p = 136.392 [N]}$$

- Resistencia de la banda

Del catálogo megalinear, pág. 28 se toma la máxima carga a la tracción de la banda sincrónica T5:

- Ancho de banda: 6mm
- Carga máxima a la tracción: **175 [N]**, al considerar con alma de acero.

Sea:

$$\text{Máxima carga de tracción de la banda seleccionada} > \left[\frac{F_p}{2} + (F_u * C_s) \right]$$

$$175 \text{ [N]} > \left[\frac{136.4}{2} + (68.196 * 1.4) \right]$$

$$175 \text{ [N]} > 163.67 \text{ [N]}$$

Por lo tanto la selección de la banda es **acceptable**.

- Elongación $\Delta l/_{00}$

Durante la operación de trabajo de la banda, la elongación está en función de la máxima carga de tracción, como lo recomienda el fabricante, según catálogo megalinear pág. 7.

Donde:

$$\Delta l/_{00} = \frac{F_u * 4}{\text{max.carga tracción}} \quad (\text{Ec. 54})$$

$$\Delta l/_{00} = \frac{68.196 * 4}{175}$$

$$\Delta l/l_0 = 1.56 \text{ [mm/m]}$$

Por lo que durante el trabajo de la banda, se producirá una elongación máxima de 1.56 mm por metro.

2.4.8 Selección de pernos

Los pernos que conforman la estructura de la máquina son del tipo M8, según recomendación del fabricante de los perfiles ITEM (40 x 40). Razón por lo cual, se trata en este tema comprobar su resistencia al cortante para las cargas expuestas en temas anteriores (masa del operario $\approx 75\text{Kg}$).

Al considerar las reacciones del perfil horizontal (perfil más crítico $L=1.5\text{m}$), donde $R = P = 367.87 \text{ [N]}$.

Tabla 2.17: Carga de tensión de tornillería- perfilería ITEM

Tensile Loading					
Groove shape	6	6	6	10	12
Normal	500 N	1,750 N	5,000 N	7,000 N	10,000 N
Light		500 N	2,500 N		5,000 N
E			1,750 N	3,500 N	

The permissible tensile forces F on the groove flanks. These nominal loads include safety factors ($S > 2$) against plastic deformation.

Fuente: ITEM, 2015, pág. 2

Sea el esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{P}{A} = [\tau] \quad (\text{Ec. 55})$$

$$[\tau] = \frac{s_{sy}}{F_s} = \frac{k \cdot S_y}{F_s} \quad (\text{Ec. 56})$$

Donde:

- τ = esfuerzo de corte
- $[\tau]$ = esfuerzo admisible
- P = carga en [N]
- A = área de la sección en $[\text{mm}^2]$
- S_y = límite de fluencia
- $F_s = 2$; factor de seguridad según tabla ITEM.
- S_{sy} = resistencia a la fluencia por cortante

Se considera pernos grado 4.8 clase métrica, se tiene:

$$S_{sy} = 0.6 * S_y \quad (\text{Ec. 57})$$

$$S_y = 4 * 8 = 32 \text{ Kg/mm}^2$$

Al reemplazar valores:

$$[\tau] = \frac{0.6 * (32)}{2} = 9.6 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \quad (\text{Ec.58})$$

$$\tau = \frac{37.5 \text{ Kg}}{A} = 9.6 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \quad (\text{Ec.59})$$

$$A = 3.9 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

$$\phi = 2.2 \text{ mm}$$

Se concluye que los pernos M8 recomendados para este perfil (40 x 40), son resistentes a las cargas planteadas para el diseño. **Los pernos son aceptables.**

2.4.9 Selección de rodamientos

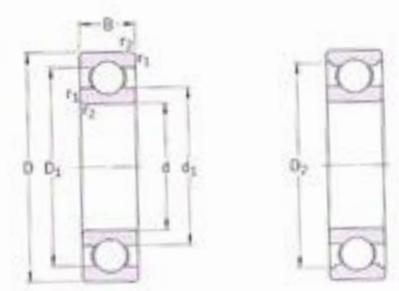
Para la selección de los rodamientos se considera el espacio disponible en la máquina, la carga radial y axial moderada, por ende mediante tabla del manual SKF se procede a seleccionar los siguientes rodamientos:

Rodamiento rígido de bolas 6000 para el sistema de movimiento horizontal.

Rodamiento rígido de bolas 608 para el sistema de movimiento vertical.

Tabla 2. 18: Selección de rodamientos rígidos de bolas

Rodamientos rígidos de una hilera de bolas
d 3 - 10 mm



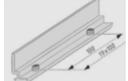
Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	C	C ₀	P _v	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	-
3	10	4	0,54	0,18	0,007	130 000	80 000	0,0015	623
4	9	2,5	0,54	0,18	0,007	140 000	85 000	0,0007	618/4
	11	4	0,715	0,232	0,010	130 000	80 000	0,0017	619/4
	12	4	0,806	0,28	0,012	120 000	75 000	0,0021	604
	13	5	0,936	0,29	0,012	110 000	67 000	0,0031	624
5	16	5	1,11	0,38	0,016	95 000	60 000	0,0054	634
	11	3	0,637	0,255	0,011	120 000	75 000	0,0012	618/5
	13	4	0,884	0,34	0,014	110 000	67 000	0,0025	619/5
6	16	5	1,14	0,38	0,016	95 000	60 000	0,0050	*625
	19	6	2,34	0,95	0,04	80 000	50 000	0,0090	*635
	13	3,5	0,884	0,345	0,015	110 000	67 000	0,0020	618/6
7	15	5	1,24	0,475	0,02	100 000	63 000	0,0039	619/6
	19	6	2,34	0,95	0,04	80 000	50 000	0,0084	*626
	14	3,5	0,956	0,4	0,017	100 000	63 000	0,0022	618/7
8	17	5	1,48	0,56	0,024	90 000	56 000	0,0049	619/7
	19	6	2,34	0,95	0,04	85 000	53 000	0,0075	*607
	22	7	3,45	1,37	0,057	70 000	45 000	0,013	*627
	16	4	1,33	0,57	0,024	90 000	56 000	0,0030	618/8
9	19	6	1,9	0,735	0,031	80 000	50 000	0,0071	619/8
	22	7	3,45	1,37	0,057	75 000	48 000	0,012	*608
	24	8	3,9	1,66	0,071	63 000	40 000	0,017	*628
	17	4	1,43	0,64	0,027	85 000	53 000	0,0034	618/9
10	20	6	2,08	0,865	0,036	80 000	48 000	0,0076	619/9
	24	7	3,9	1,66	0,071	70 000	43 000	0,014	*609
	26	8	4,75	1,96	0,083	60 000	38 000	0,020	*629
	19	5	1,38	0,585	0,025	80 000	48 000	0,0055	618/10
10	22	6	2,08	0,85	0,036	75 000	45 000	0,010	619/10
	26	8	4,75	1,96	0,083	67 000	40 000	0,019	*6000
	28	8	4,62	1,96	0,083	63 000	40 000	0,022	61100
	30	9	5,4	2,36	0,1	56 000	34 000	0,032	*6200
	35	11	8,52	3,4	0,143	50 000	32 000	0,053	*6300

Fuente: Catálogo general SKF, pág. 302

2.5 Lista de materiales

Una vez que se ha definido los sistemas que componen la máquina se procede a la adquisición de los mismos y a continuación se indica el listado de los materiales para la parte mecánica Tabla 2.18.

Tabla 2.19: Listado de materiales mecánicos de la máquina cortadora de EPS

Materiales mecánicos para la máquina de cortar EPS				
Sistema bastidor - proveedor ECUAINSETEC				
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Foto
1	Perfil 8 40x40 luz natural	30	m	
2	Tapa 8 40x40 negro	4	Un	
3	Fijación de normas set 8	34	Un	
4	Nudillo del pie D60 M10*75 negro	10	Un	
5	Caucho insertar D60 negro	10	Un	
6	Tuerca deslizante	32	Un	
7	Perfil 8 Al M6	1	Un	

Sistema tornamesa				
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Foto
8	Triplex 4818C (Proveedor EDIMCA)	1.22x 2.44	m	
9	Base giratoria (Proveedor Ferrisariato)	1	Un	
10	Tren de engranajes (Proveedor Servisoluciones)	2	Un	
11	Soporte motor	1	Un	

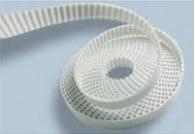
Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Continuación:

Sistema placa soporte de mecanismo				
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Foto
12	Caja de aluminio (Proveedor Fundimac)	6	Un	

Sistema movimiento horizontal y vertical				
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Foto
13	Nylon ASTM 6.6 D=45mm	0.25	M	
14	Nylon ASTM 6.6 D=40mm	0.25	M	

Sistema de corte				
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Foto
15	Resorte (Proveedor Tecmin)	6	Un	

Sistema de transmisión				
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Foto
16	Banda (Proveedor Reprinter)	10	M	
17	Tensores	6	Un	

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

CAPÍTULO III

AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA CORTADORA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

3.1 Introducción

En el presente capítulo se explica la automatización de la máquina para cortar EPS, se considera que trabajará con motores paso a paso y controlará los movimientos en el eje X, eje Y; y el tornamesa el cual girará n grados, se indica la selección del control, y la automatización siguiendo cuatro pasos principales de control: direccionamiento, identificación de entradas y salidas, nemónicos y programación, también se desarrolla los cálculos relevantes del sistema de motores, sistema eléctrico, sistema electrónico, sistema de corte con sus respectivos esquemas.

3.2 Selección del PLC

Para el control de la máquina se utiliza un controlador lógico programable (PLC) con el fin de controlar los motores paso a paso. El sistema de control seleccionado debe permitir la visualización y definición de parámetros para el proceso de corte manual y automático, para conseguir este objetivo se realizó el análisis en “Casa de la calidad” de las alternativas que se observa en la figura 3.1:

Figura 3. 1 Opciones de control para la máquina

Control con PLC-Logo	
Control con tarjeta PIC	
Control con PLC S7-1200	

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Figura 3. 2: “Casa de calidad” para determinar el sistema de control de la máquina

CASA DE CALIDAD															
Llave de Techo															
(+) Positivo / Soporte (-) Negativo / Compensación															
REQUERIMIENTOS TÉCNICOS		REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE						MATRIZ DE PLANIFICACIÓN							
		Accesibilidad		Tiempo		Detalle Técnico		SISTEMA CONTROL		VALORACIÓN		PUNTA DE VENTA			
REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE		Costo	Limitaciones	Cumplimiento Standards	Accesibilidad Programa	Horas de Implementación	Nivel de Automatización	PLC S7-1200	PIC	PLC LOGO	VALORACIÓN	FACTOR DE MEJORA	PUNTA DE VENTA	PROMEDIO	PORCENTAJE TOTAL (%)
FACILIDADES	Seguridad	5	●	■	▲	■	■	5	4	4	5	1,0	1,5	7,5	21
	Operatividad	5	●	■	▲	■	■	4	5	5	4	1	1,5	6,0	16
	Flexibilidad	4	●	■	▲	■	■	5	3	4	5	1	1,3	6,5	18
	Comunicación	5	●	■	▲	■	■	4	3	4	4	1	1,3	5,2	14
	Diseño	4	●	■	▲	■	■	4	3	4	4	1	1,4	5,6	15
	Implementación	4	●	■	▲	■	■	4	2	3	4	1	1,4	5,6	15
PRIORIDADES TÉCNICA		180	148,2	197	145	105	141,3	916,8						36,4	
PORCENTAJE TOTAL		20	16	21	16	11	15								
EVALUACIÓN COMPARATIVA TÉCNICA	PLC S7-1200	1000	NO	5	5	20	5	TOTAL 100%							
	PIC	1500	SI	5	3	40	5								
	PLC LOGO	800	SI	5	4	30	4								
	OBJETIVOS DEL DISEÑO	1000	NO	5	5	20	5								

9 ● Fuerte Interrelación

3 ■ Media Interrelación

1 ▲ Baja Interrelación

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Del análisis anterior figura 3.2 se concluye que el sistema de control cumplirá las siguientes características: independientemente del costo del sistema de control seleccionado este no debe tener limitaciones, deberá cumplir standards, el programa debe ser accesible y el tiempo de implementación debe ser corto asegurando un excelente nivel de automatización. El PLC S7-1200 llegará a satisfacer las necesidades de la máquina en rendimiento, seguridad y operación; puesto que todas estas variables se consideran en el análisis.

3.2.1 Características del PLC S7-1200

El PLC SIEMENS S7-1200 seleccionado cumple las características técnicas:

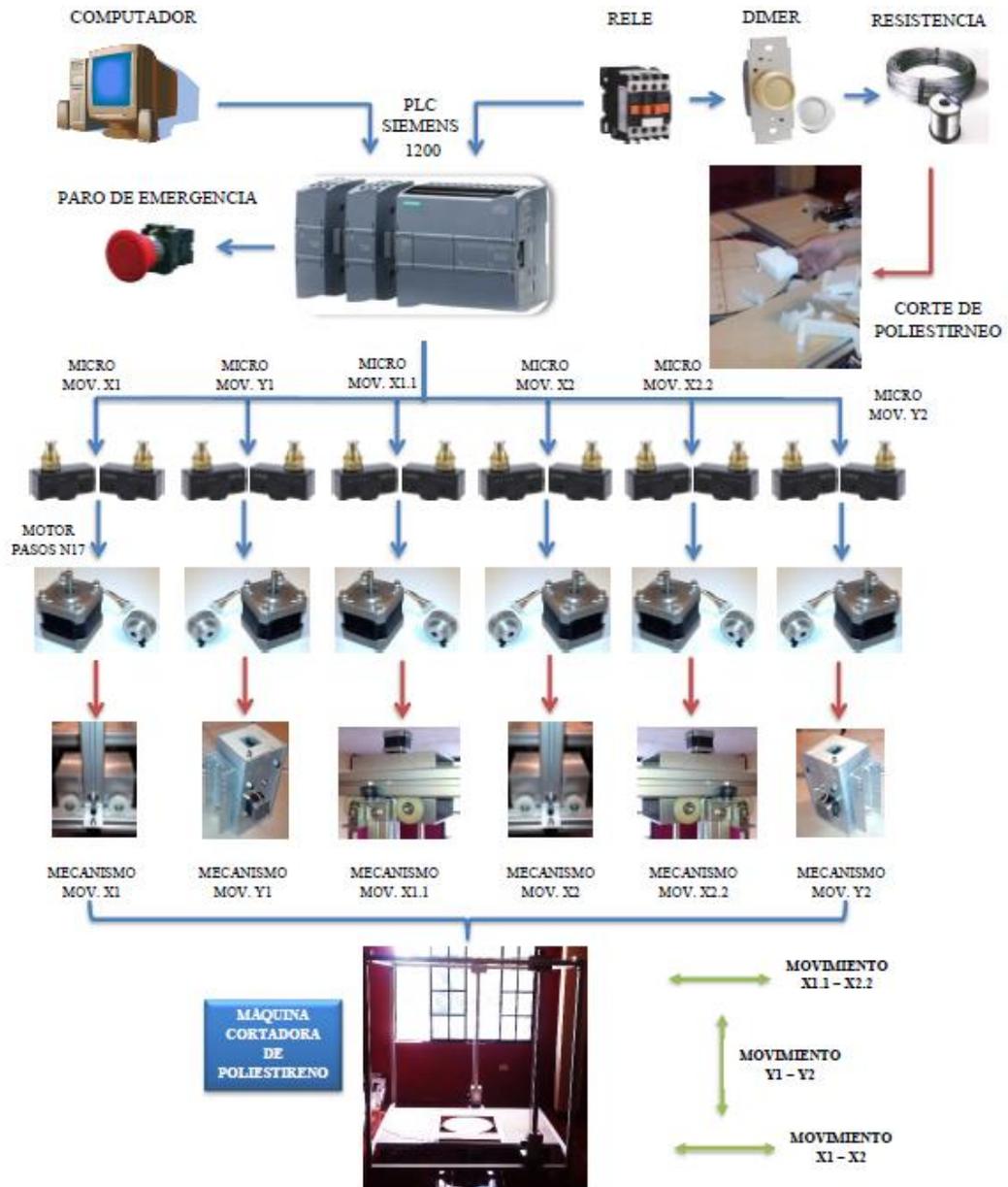
CPU 6ES7 315-214-1AG31-0XB0

- Puertos de comunicación: profibus, DP, ethernet
- Entradas digitales: 14 X 24 VDC
- Salidas digitales: 10 X 24 VDC

3.3 Estructura del sistema de control de la máquina para cortar EPS

El sistema de control se ha definido como se indica en la figura 3.3:

Figura 3. 3: Sistema de control de la máquina para cortar EPS



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

3.4 Software de programación

El desarrollo de la programación en un Software depende del tipo de PLC a utilizar por ejemplo se indica en la tabla 3.1 los más comerciales:

Tabla 3. 1: Ejemplos de PLC's con sus respectivos softwares

PLC	Nombre del software
S7-200	Step 7 Microwin
S7-1200	Step Basic o Profesional
S7-300	WinCC Profesional
S7-400	WinCC Profesional

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 a utilizarse en la máquina a cortar EPS permite controlar las siguientes tareas de automatización, las mismas que se indican a continuación:

- Prender y apagar la máquina
- Control de la resistencia
- Control de distancia de una determinada carrilera a ejecutar el movimiento (eje x, eje y, rotación).
- Sistema de seguridad micros

La programación en el “Portal virtual versión 13.0” del PLC Siemens S7-1200 permite lograr un objetivo a la vez, se prueba y cuando funciona, se establece un nuevo objetivo.

3.5 Automatización

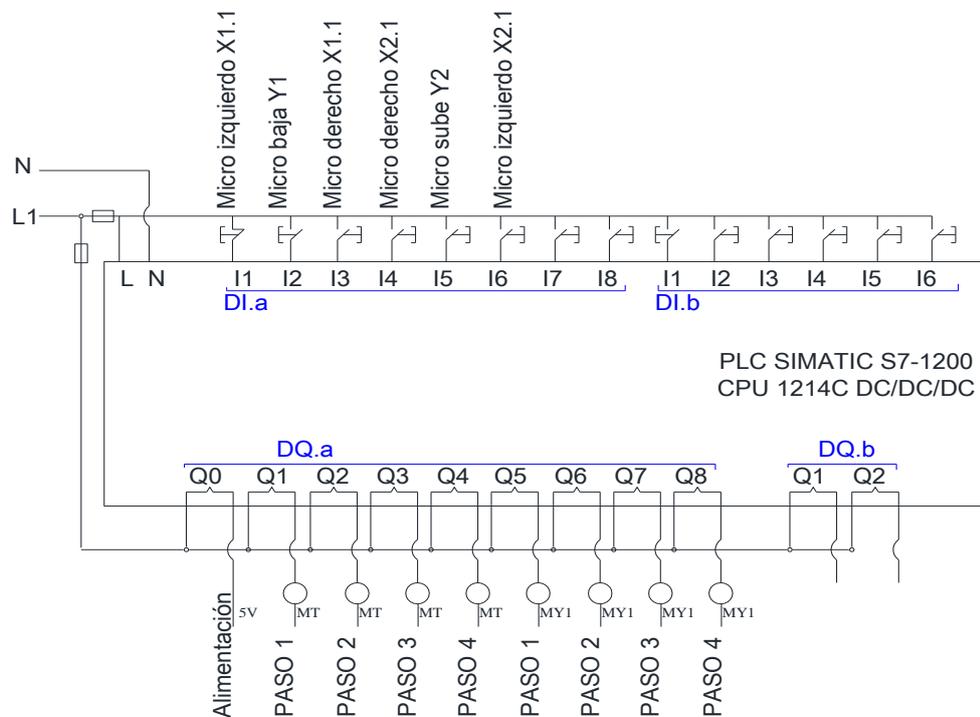
La automatización en la máquina se procederá a explicar siguiendo los pasos para el control los cuales se indican a continuación:

- Direccionamiento
- Identificación de entradas /salidas
- Nemónicos
- Programación.

3.5.1 Direccionamiento

Considerando que la máquina tenga los micros de seguridad se procede a indicar las mismas en las entradas (I) del PLC y las conexiones de los motores paso a paso en las salidas (Q):

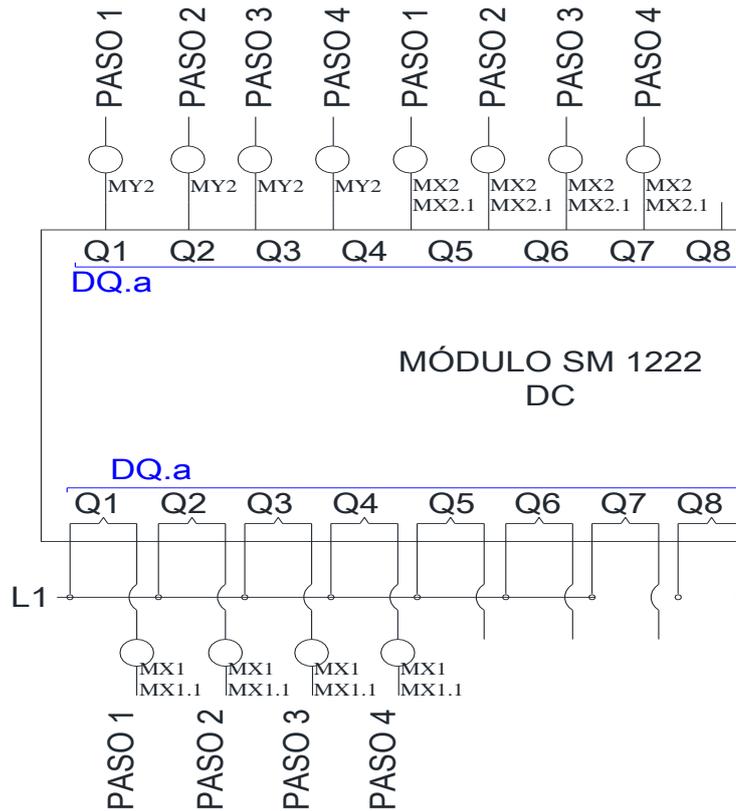
Figura 3. 4: Direccionamiento de las entradas y salidas de la máquina de cortar EPS en PLC S7-1200



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Debido a la cantidad de motores a utilizar se debe emplear un módulo de expansión el cual se detalla el direccionamiento del mismo a continuación en la figura 3.5:

Figura 3. 5: Direccionamiento de salidas de la máquina de cortar EPS en módulo de expansión



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

El módulo de expansión se seleccionó de acuerdo al número de E/S disponibles para satisfacer este proyecto, por lo tanto se tiene:

Módulo 6ES7 222-1BH30-0XB0

- Salidas digitales: 8 X 24 VDC

3.5.2 Identificación de entradas y salidas

Las entradas y salidas digitales del PLC se indican en la siguiente tabla 3.2:

Tabla 3. 2: Identificación de entradas y salidas de la máquina para cortar EPS

Control con PLC S7-1200	salida 1	Paso 1	motor tornamesa	MT
	salida 2	Paso 2	motor tornamesa	MT
	salida 3	Paso 3	motor tornamesa	MT
	salida 4	Paso 4	motor tornamesa	MT
	salida 5	Paso 1	motor Y1	MY1
	salida 6	Paso 2	motor Y1	MY1
	salida 7	Paso 3	motor Y1	MY1
	salida 8	Paso 4	motor Y1	MY1
	salida 1	Paso 1	motor Y2	MY2
	salida 2	Paso 2	motor Y2	MY2
	salida 3	Paso 3	motor Y2	MY2
	salida 4	Paso 4	motor Y2	MY2
	salida 5	Paso 1	motor X1, X1.1	MX1, MX1.1
	salida 6	Paso 2	motor X1, X1.1	MX1, MX1.1
	salida 7	Paso 3	motor X1, X1.1	MX1, MX1.1
	salida 8	Paso 4	motor X1, X1.1	MX1, MX1.1

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Continuación:

Control con PLC S7-1200	salida 1	Paso 1	motor X2, X2.1	MX2, MX2.1
	salida 2	Paso 2	motor X2, X2.1	MX2, MX2.1
	salida 3	Paso 3	motor X2, X2.1	MX2, MX2.1
	salida 4	Paso 4	motor X2, X2.1	MX2, MX2.1
	Entrada 1	Paso 3	Micro izquierdo X1.1	
	Entrada 2	Paso 4	Micro baja Y1	
	Entrada 3	Paso 1	Micro derecho X1.1	
	Entrada 4	Paso 2	Micro izquierdo X2.1	
	Entrada 5	Paso 3	Micro baja Y2	
	Entrada 6	Paso 4	Micro derecho X2.1	

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

En resumen se tiene el total de señales digitales:

- Entradas digitales: 6
- Salidas digitales: 20
- Entradas y salidas analógicas: 0

El proyecto tiene 7 motores paso a paso, en el eje x de carrilera 1 y el eje x de la carrilera 2 se tiene compartidas las señales porque se mueven simultáneamente, tal como se indica en tabla 3.3:

Tabla 3. 3: Distribución de motores paso a paso en máquina

Movimiento	Cantidad de motores	Observación
Eje x	4	Señales compartidas para 2 motores
Eje y	2	Señales compartidas
Tornamesa	1	Señales independientes

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

3.5.3 Nemónicos

Los nemónicos se utilizarán en programación tal como se indica a continuación:

Tabla 3. 4: Nemónicos utilizados en programación

Código nemónico	Objeto
MT	Motor 1
MY1	Motor 2
MY2	Motor 3
MX1	Motor 4
MX1.2	Motor 5
MX2	Motor 6
MX2.1	Motor 7

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Continuación

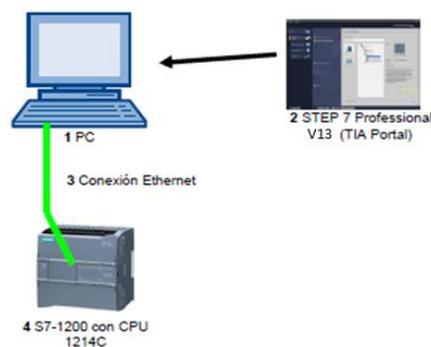
Código nemónico	Objeto
MdX1	Micro derecho x1
MiX1	Micro izquierdo x1
MsX1	Micro sube x1
MbX1	Micro baja x1
MdX1.1	Micro derecho x1.1
MiX1.1	Micro izquierdo x1.1
MdX2	Micro derecho x2
MiX2	Micro izquierdo x2
MsX2	Micro sube x2
MbX2	Micro baja x2
MdX2.1	Micro derecho x2.1
MiX2.1	Micro izquierdo x2.1

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

3.5.4 Programación

Antes de iniciar la programación es necesario disponer del hardware y software que se indica en la figura 3.6:

Figura 3. 6: Hardware y software utilizado



Fuente: Siemens, 2015, pág. 5

3.5.5 Inicio de programación

Se detalla los pasos a seguir para programar en el software “Totally Integrated Automation” TIA.

Primero se ingresa al software con doble clic al ícono de TIA, figura 3.8:

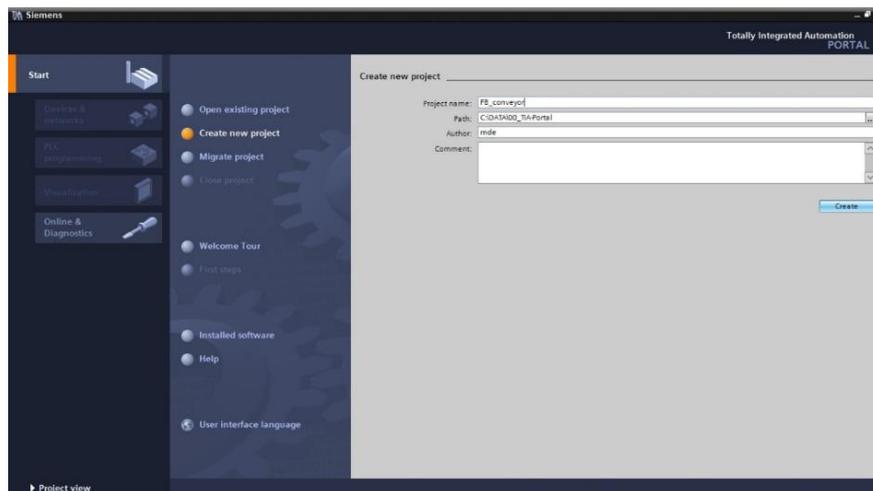
Figura 3.8: Icono de TIA portal V13



Fuente: Siemens, 2015, pág. 14

Los programas para SIMATIC S7-1200 se administran en proyectos. Un proyecto de este tipo se crea en la vista del portal ver figura 3.9:

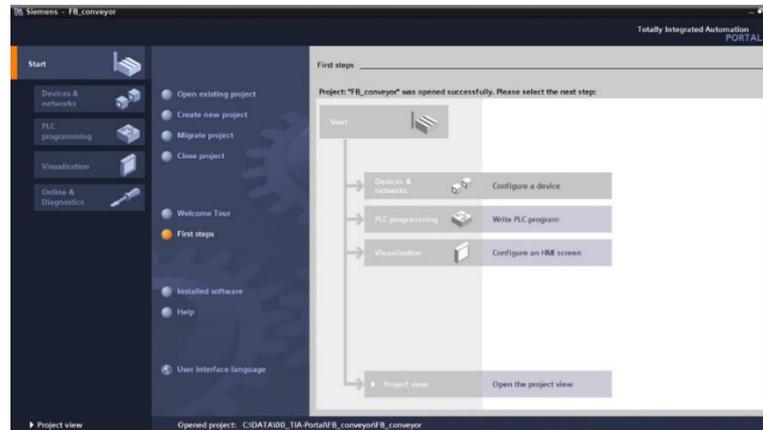
Figura 3.9: Ventana principal de TIA portal v13, crear proyecto



Fuente: Siemens, 2015, pág. 15

Es importante seleccionar la opción de configurar los dispositivos, figura 3.10:

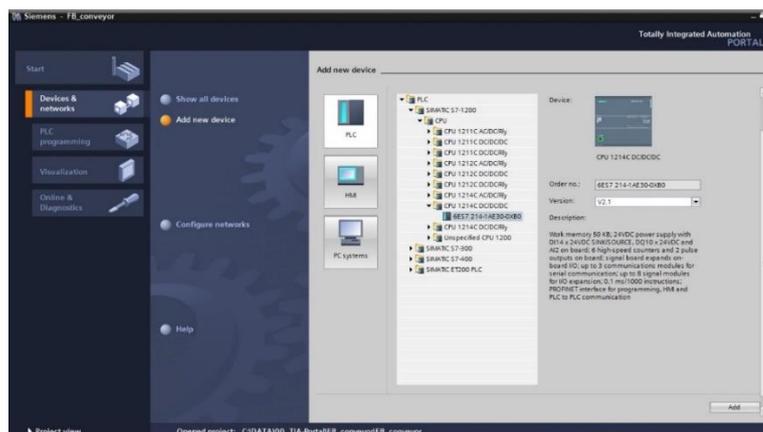
Figura 3.10: Ventana de TIA portal V13 para seleccionar la opción de configurar dispositivo



Fuente: Siemens, 2015, pág. 16

En la venta de configurar dispositivo se agrega el PLC, figura 3.11:

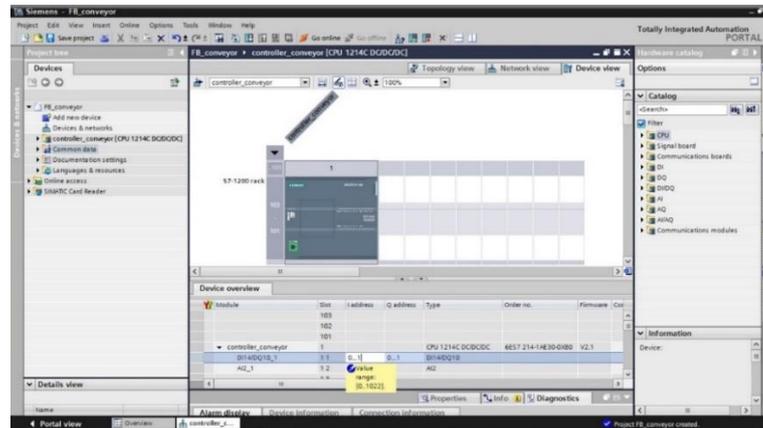
Figura 3.11: Ventana de TIA portal v13 para agregar dispositivo



Fuente: Siemens, 2015, pág. 17

El software cambia automáticamente a la vista del proyecto con la configuración de hardware abierta. Aquí se pueden agregar más módulos, figura 3.12:

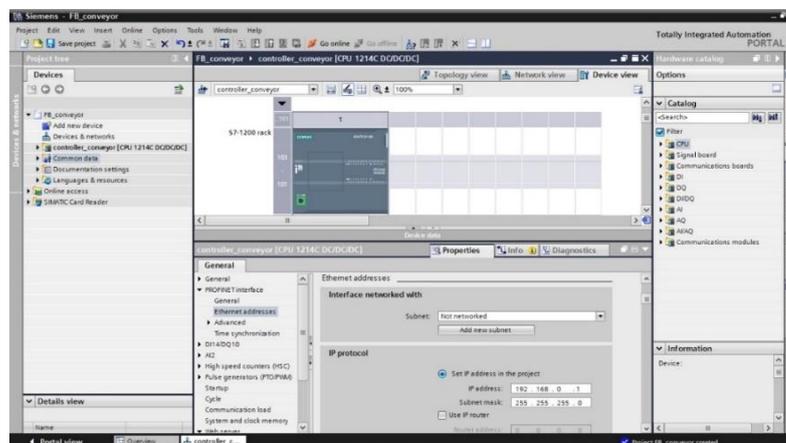
Figura 3.12: Ventana de TIA portal v13 para agregar módulos



Fuente: Siemens, 2015, pág. 18

Para que el software acceda posteriormente a la CPU correcta, deben configurarse su dirección IP, figura 3.13:

Figura 3.13: Ventana de TIA portal v13 para configurar IP



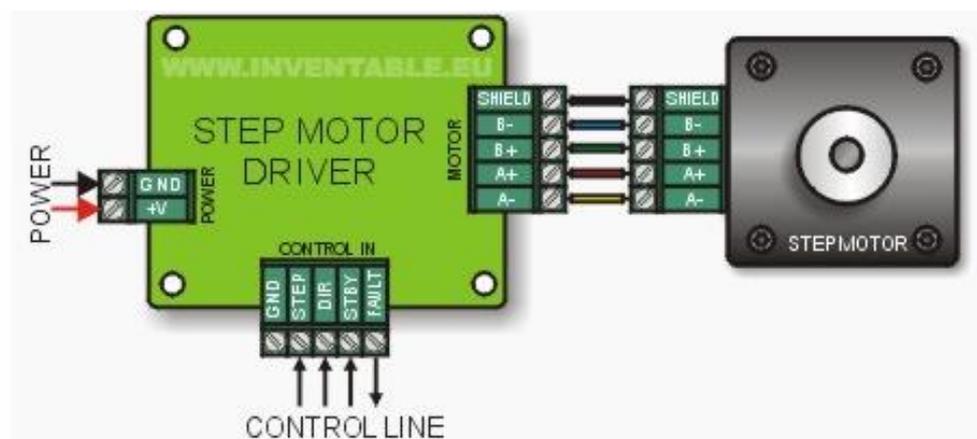
Fuente: Siemens, 2015, pág. 19

3.5.5.1 Control de motor paso a paso con PLC

El PLC tiene salidas digitales rápidas por lo que es adecuado para el control del motor paso a paso, el control se transfiere a una serie de pulsos junto con una señal direccional para las unidades de potencia de la unidad, las señales son posteriormente observadas en un movimiento del eje por las unidades motrices del motor, depende del motor paso a paso a utilizar para que el eje se mueva por un ángulo definido con cada pulso, como resultado la velocidad del motor se determina por el número de pulsos por segundo, número de pulsos con el mayor dinamismo posible de la unidad se calcula a partir de la frecuencia máxima de impulsos del control y de la velocidad nominal del motor.

En la figura 3.14 se puede observar una unidad de potencia para un motor paso a paso bipolar, un error en la conexión de cables del motor no produce ningún daño, lo único que sucede es que el motor no gire o gire mal. En el proyecto es necesario probar en distintos modos hasta encontrar la conexión correcta que permita una adecuada secuencia de accionamiento.

Figura 3.14: Unidad de potencia del motor paso a paso



Fuente: Electrónica Unicrom, 2015, pág. 1

3.6 Selección de los principales sistemas eléctricos y/o electrónicos de la máquina

Los sistemas principales a desarrollarse desde el punto de vista eléctrico, electrónico son:

- Sistema de corte con hilo de nicromo
- Motores paso a paso
- Sistema eléctrico

3.7 Sistema de corte hilo de nicromo

El hilo de nicromo es una aleación de níquel y cromo y en pequeñas cantidades hierro y manganeso, entre sus propiedades físicas se tiene la resistividad eléctrica, resistencia a la oxidación en altas temperaturas, resiste a la alta temperatura de fusión. Se debe considerar en el diseño las siguientes propiedades del hilo de nicromo. (Calderón, 2010, pág. 14)

- Coeficiente de expansión térmica: se refiere a la variación en la longitud del hilo cuando cambia de temperatura, cuando este se calienta a la temperatura de corte, la expansión térmica hará que mida más que a temperatura ambiente, por ende se debe tensar el hilo para evitar que se curve. Un ejemplo es para el alambre de nicromo (80%Ni 20%Cr) su coeficiente es $13 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- Resistencia eléctrica: es un parámetro que se determina a partir de la longitud del alambre y varía de acuerdo al espesor del hilo y la temperatura, el fabricante provee la información.
- Temperatura del hilo: este dato por lo general provee el fabricante. (Calderón, 2010, págs. 14-16).

3.7.1 Cálculos del hilo de corte

Se debe considerar la temperatura de corte y la longitud del alambre

$$R = r * L \quad (\text{Ec.60})$$

Donde:

R: resistencia eléctrica del alambre

r : resistencia eléctrica del hilo por unidad de longitud

L: longitud del hilo

Para determinar la tensión necesaria se aplica la Ley de Ohm:

$$V = I * R \quad (\text{Ec.61})$$

Donde:

V: tensión eléctrica aplicada en los bornes del alambre

I: intensidad

R: resistencia eléctrica del alambre

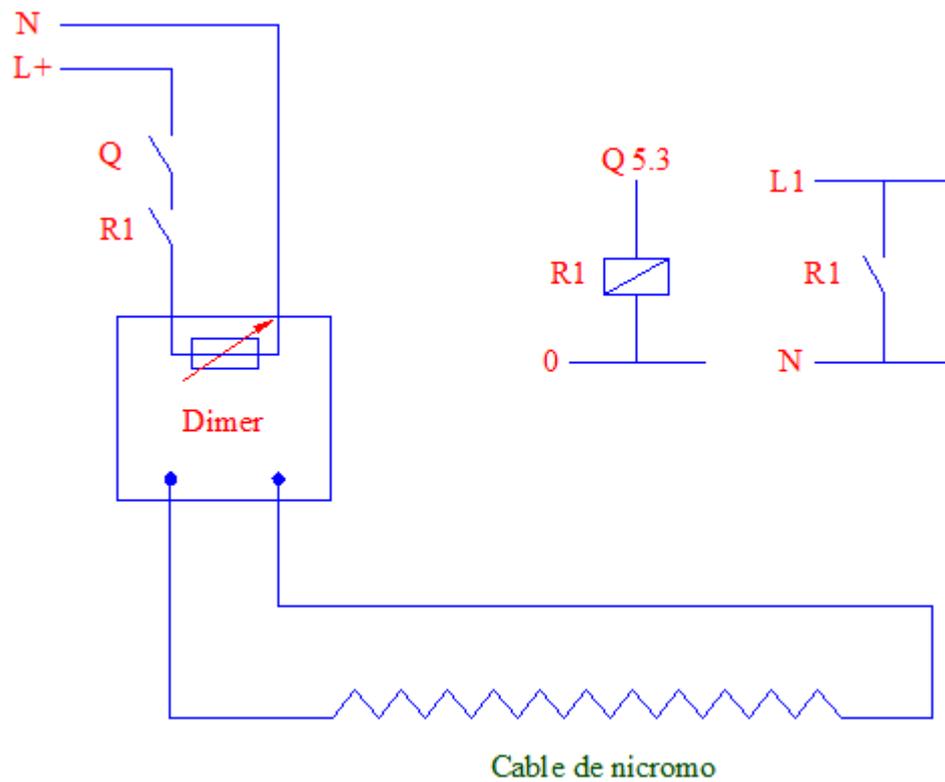
Por lo tanto:

$$V = 20 \text{ VAC} * 20\text{A} = 400\text{W}$$

Se utiliza un control de potencia con triac (dimmer), que es apropiado para cargas resistivas como el alambre que se desea calentar. La ventaja del dimmer es su bajo costo y facilidad de construcción. El dimmer soporta hasta 600W.

En el proyecto el alambre de nicromo se calentará cuando se active un relé el mismo que recibe la señal del PLC, esto se realiza por seguridad de las personas que estén operando la misma para evitar accidentes y se puede en la figura 3.15 observar el control de temperatura con dimmer.

Figura 3. 15: Control de temperatura del alambre de nicromo con dimmer



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

3.8 Cálculo de sistema motriz

A continuación se procede al cálculo del sistema motriz para la selección del motor de pasos requerido en la máquina cortadora de poliestireno, al considerar los datos de la tabla 3.4:

Tabla 3. 5: Datos para el cálculo de los motores de paso

Masa de carrilera	4.5 Kg
Fuerza externa (resistencia al corte del EPS)	2 Kgf aprox.
Coefficiente de fricción de superficie de contacto	0.05
Ángulo de desplazamiento	0°
Eficiencia de la correa y la polea	0.8
Diámetro de la polea de la banda	18 mm
Grosor de la polea	15 mm
Material de la polea	Acero de transmisión SAE1018
Resolución deseada	0.283mm/paso \approx 0.3 mm/paso
Reducción de velocidad	1:1
Distancia de movimiento	1300 mm
Tiempo de movimiento	104 seg
Tiempo de aceleración y desaceleración	1 seg
Inercia de reductor de engranajes	0
Velocidad máx.	750mm/min
Paso	1.8°
Número de dientes piñón del motor	10
Desplazamiento de la carga ($2\pi r$)	56.55 mm/rev
Frecuencia de inicio	20Hz
Diámetro de poleas tensoras (locas)	30mm
Grosor poleas tensoras	15mm
Cantidad de poleas tensoras	2 unidades

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

3.8.1 Pulsos que se debe generar en el PLC para conseguir el movimiento hasta una posición deseada

El desarrollo se indica a continuación. (AUTOMATIONDIRECT, 2015, págs. A13-A20).

- D_{total} : distancia total del movimiento
- d_{carga} : distancia que se mueve la carga por rotación del eje del actuador
- $P=paso=1/d_{carga}$
- Θ_{paso} : resolución del paso del accionamiento (pasos/rev. motor)
- i = razón de la reducción (rev. motor/rev. eje del reductor)
- P_{total} : pulso total

$$\text{Pulso total} = (D_{total}/(d_{carga}/i)) * \Theta_{paso} \quad (\text{Ec.62})$$

$$\text{Pulso total} = (1300\text{mm}/(56.55 \frac{\text{mm}}{\text{rev}}/1)) * 200 \frac{\text{pasos}}{\text{rev}}$$

$$P_{total} = 4597.7 \text{ pulsos}$$

- Resolución de posición

Sea:

3.8.1.1 $L\Theta$: resolución de posición

$$L\Theta = (d_{carga}/i) / \Theta_{paso} \quad (\text{Ec.63})$$

$$3.8.1.2 \quad L\Theta = (56.55 \frac{\text{mm}}{\text{rev}}/1) / 200 \frac{\text{pasos}}{\text{rev}}$$

$$L\Theta = 0.283 \text{ mm/paso}$$

3.8.1.3 Perfil del movimiento

3.8.1.4 Sea:

$$P_{total} = 4597.7 \text{ pulsos}$$

3.8.1.5 Frecuencia máxima para un movimiento trapezoidal

$$f_{\text{trapezoidal}} = (P_{\text{total}} - (f_o * t_{\text{acel}})) / (\text{total} - t_{\text{aceler}}) \quad (\text{Ec.64})$$

$$- f_{\text{trapezoidal}} = (4598 - (20 * 1)) / (104 - 1)$$

$$f_{\text{trapezoidal}} = 44.45 \text{ Hz}$$

Sea: La velocidad inicial 20Hz

$$f_{\text{trapezoidal}} = 44.45 \text{ Hz} (60 \text{ seg} / 1 \text{ min}) / 200 \text{ pasos / rev}$$

$$f_{\text{trapezoidal}} = 13.33 \text{ RPM}$$

3.8.1.6 Torque necesario para mover la carga

Se tomará en cuenta lo siguiente:

$$J_{\text{total}} = J_{\text{motor}} + J_{\text{reductor}} + ((J_{\text{poleas}} + J_w) / i^2) \quad (\text{Ec.65})$$

3.8.1.7 $J_{\text{reductor}} = 0$; no existe reductor

$$J_{\text{polea motor}} = [(\pi * L * \delta * r^4) * 1] \quad (\text{Ec.66})$$

$$- J_{\text{polea motor}} = [(\pi * 0.015 \text{ m} * 2700 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (0.009 \text{ m})^4) * 1]$$

$$J_{\text{polea motor}} = 0.000000835 \text{ [Kg-m}^2\text{]}$$

3.8.1.8 $J_{\text{polea tensora}} = [(\pi * L * \delta * r^4) * 1]$

$$- J_{\text{polea tensora}} = [(\pi * 0.015 \text{ m} * 2700 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (0.015 \text{ m})^4) * 2]$$

$$J_{\text{polea tensora}} = 0.000012882 \text{ [Kg-m}^2\text{]}$$

3.8.1.9 Inercia de la carga J_w ;

$$J_w = \text{Peso} \cdot r^2 \quad (\text{Ec.67})$$

$$J_w = 6.5 \text{Kg} \cdot (0.009\text{m})^2$$

$$\mathbf{J_w = 0.0005265 [Kg \cdot m^2]}$$

Por lo tanto, la inercia de la carga y poleas reflejadas al motor (J_{total}) es:

$$J(\text{poleas+carga})/\text{motor} = ((J_{\text{poleas}} + J_w)/i^2) \quad (\text{Ec. 68})$$

$$- J(\text{poleas+carga})/\text{motor} = ((0.000000835 + 0.000018882 + 0.0005265)/1^2)$$

$$\mathbf{J(\text{poleas+carga})/\text{motor} = 0.00054021 [Kg \cdot m^2]}$$

Torque necesario para acelerar la inercia es:

$$T_{\text{acel}} [\text{N} \cdot \text{m}] \approx J_{\text{total}} [\text{Kg} \cdot \text{m}^2] \cdot (\Delta \text{velocidad} [\text{RPM}] / \Delta \text{tiempo} [\text{s}]) \cdot 2\pi/60 \quad (\text{Ec. 69})$$

$$- T_{\text{acel}} [\text{N} \cdot \text{m}] \approx 0.00054021 [\text{Kg} \cdot \text{m}^2] \cdot 13.33 \cdot 2\pi/60$$

$$\mathbf{T_{\text{acel}} [\text{N} \cdot \text{m}] \approx 0.0007541 [\text{N} \cdot \text{m}]}$$

3.8.1.10 Torque para mover la carga:

$$T_{\text{resist}} = (F_{\text{total}} \cdot r) / i \quad (\text{Ec. 70})$$

$$F_{\text{total}} = F_{\text{ext}} + F_{\text{fricción}} + F_{\text{gravedad}} \quad (\text{Ec.71})$$

$$F_{\text{total}} = 0 + \mu \cdot \text{peso} \cdot \cos\Theta + \text{peso} \cdot \text{gravedad} \quad (\text{Ec.72})$$

$$F_{\text{total}} = 0.05 \cdot 6.5 \text{ Kg} \cdot 9.81 \text{N/Kg} + 6.5 \cdot 9.81 [\text{N}]$$

Sea:

$$T_{\text{resist}} = (66.9532 [\text{N}] \cdot 0.009\text{m}) / 1 \quad (\text{Ec.73})$$

$$T_{resist} = 0.60257 \text{ N.m}$$

Por lo tanto en torque necesario para mover la carga es:

$$T_{motor} = T_{acele} + T_{resist} \quad (\text{Ec.74})$$

$$T_{motor} = 0.0007541[\text{Nm}] + 0.60257[\text{Nm}]$$

$$T_{motor} = 0.60333[\text{Nm}]$$

Por lo tanto, este es el torque requerido antes de escoger un motor y se haya incluido la inercia del motor.

3.9 Sistema eléctrico

Se procede a diseñar el tablero eléctrico donde se integra todos los elementos de control y potencia ver anexo 3. A continuación se indica el tablero eléctrico en la figura 3.16:

Figura 3. 16: Montaje de dispositivos de control en el tablero



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Tabla 3. 6: Listado de materiales eléctricos de la máquina cortadora de EPS

Sistema eléctrico			
Proveedor Ingel-pro			
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Disyuntor 1P x 2Amp marca Steck	1	Un
2	Canaleta ranurada 40x60mm color gris	2	Un
3	Riel DIN longitud 1Mt. marca Leipole	2	Un
4	Terminal tipo PIN para cable #16AWG	100	Un
5	Bornera para riel 2.5mm #12- #14AWG Marca Leipole	50	Un
6	Bornera para riel 4mm conexión a tierra. Marca Leipole	15	Un
7	Relé industrial miniatura 11 pines 5Amp	1	Un
8	Base para relé miniatura 11 pines	6	Un
9	Cable flexible #16AWG	100	Un
10	Libretín marcado 450 marcadores	2	Un
11	Gabinete 80*60*25cm	1	Un
12	Disyuntor 1P x 4Amp marca Steck	4	Un
13	Fuentes de 10Amp marca Delta	1	Un
14	Disyuntor 2P x 10Amp marca Steck	2	Un
15	Disyuntor 3P x 32Amp marca Steck	1	Un

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

CAPÍTULO IV

ENSAYOS Y PRUEBAS

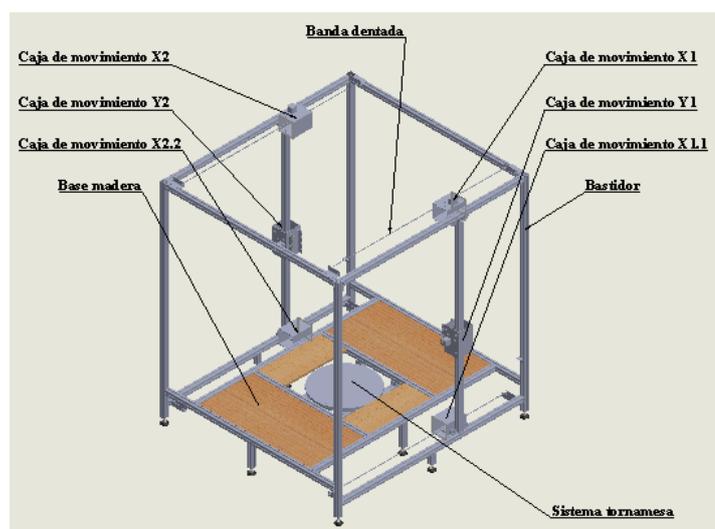
4.1 Introducción

Para garantizar un adecuado funcionamiento de la máquina se debe realizar una serie de pruebas con el fin de disminuir errores en el sistema de control; en este capítulo se observará los cambios realizados para conseguir el objetivo de disponer de una máquina confiable para el operador y por ende obtener productos de calidad.

4.2 Pruebas de funcionamiento mecánicas

La verificación de la parte mecánica en la máquina cortadora de EPS consiste en observar el movimiento de las carrileras que generan el movimiento en el eje x, eje y, sistema tornamesa para lo cual se procede a identificar los sistemas involucrados en esta parte de la siguiente manera:

Figura 4. 1: Identificación de sistemas en máquina para cortar EPS



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

La verificación visual y funcional es importante por la seguridad de operación. A continuación se indica en la tabla 4.1 el análisis realizado en la máquina:

Tabla 4. 1: Tabla de indicadores de funcionamiento de la parte mecánica de la máquina construida

Sistema	Observaciones	Funcionamiento	
		Óptimo	Aceptable
Carrileras- movimiento X	<ul style="list-style-type: none"> – Baja vibración – Ruido moderado 	ok	
Carrileras- movimiento Y	<ul style="list-style-type: none"> – Baja vibración – Ruido moderado 	ok	
Poleas tensoras de banda	<ul style="list-style-type: none"> – Cierta desbalanceo – Baja vibración – Ruido moderado 		ok
Bastidor	<ul style="list-style-type: none"> – Resistente a cargas moderadas planteadas en el diseño – Aceptables tolerancias de ensamble y ajuste – Deflexiones bajo el límite admisible <4.5mm – Tornillería con factor de seguridad > 2 	ok	
Tornamesa	<ul style="list-style-type: none"> – Baja vibración – Rotación adecuada – Bajo nivel de ruido 	ok	
Placa motor PaP de tornamesa	<ul style="list-style-type: none"> – Tolerancias geométricas regulares – Resistencia a la flexión aceptable – Instalación regular 		ok

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Continuación:

Sistema	Observaciones	Funcionamiento	
		Óptimo	Aceptable
Sistema de corte	<ul style="list-style-type: none">– Instalación regular– Peso bajo– Resistencia a la fuerza de tensión del hilo metálico aceptable.		ok
Banda dentada	<ul style="list-style-type: none">– Bajo peso– Resistencia aceptable del alma de acero– Vibración regular– Baja elongación por metro (4mm/m)		ok
Bases de madera	<ul style="list-style-type: none">– Buena resistencia a flexión– Bajo peso– Baja resistencia a la humedad y a líquidos corrosivos.		ok

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

4.3 Pruebas de funcionamiento eléctricas

Con el tablero armado se procede a realizar las pruebas eléctricas que a continuación se indican:

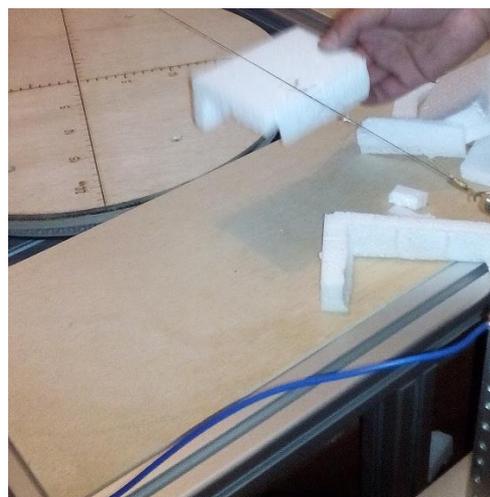
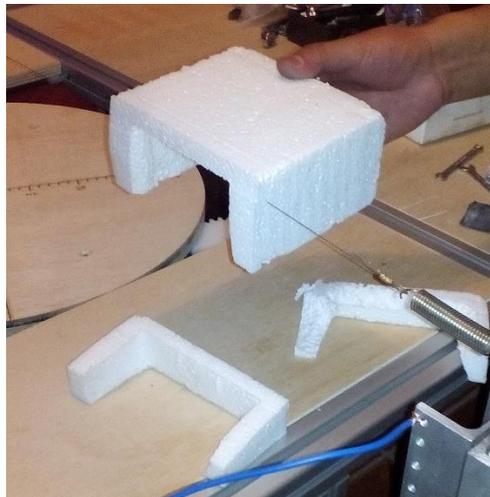
- Sistema de corte
- Sistema tornamesa
- Sistema de movimiento X
- Sistema de movimiento Y
- Pruebas para determinar velocidades apropiadas

4.3.1 Pruebas de funcionamiento de corte

El dimmer de 600 W utilizado para calentar el alambre de nicromo o resistencia en la primera prueba funciona adecuadamente, se debe considerar que no debe estar al rojo vivo para cortar EPS.

El consumo de la resistencia en la prueba realizada es 13 voltios y 2.6 amperios, a continuación se indica imágenes de las pruebas realizadas figura 4.2:

Figura 4. 2: Imágenes de las pruebas realizadas del sistema de corte



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

4.4 Pruebas de funcionamiento electrónicas

Cada motor paso a paso tiene su driver L298N que permite activar la secuencia de accionamiento de 4 pasos la misma que se indica a continuación en la tabla 4.2:

Tabla 4. 2: Secuencia de accionamiento de motores paso a paso bipolares

Pasos	Secuencia de accionamiento			
Paso 1	1	1	0	0
Paso 2	1	0	0	1
Paso 3	0	0	1	1
Paso 4	0	1	1	0
Off	1	1	1	1

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

En cada motor paso a paso se determina las conexiones que permitan cumplir la secuencia de accionamiento para asegurar el correcto funcionamiento y se identifica las conexiones en motor, tablero y driver.

Se procedió a realizar la primera prueba de programación y el acoplamiento con el driver con el objetivo de determinar consumo de voltaje, corriente y torque de cada motor.

Los resultados se indican a continuación en la tabla 4.3:

**Tabla 4. 3: Resultados de pruebas en motores paso a paso controlados desde
PLC**

MOTOR	UBICACION	VOLTAJE Voltios	CORRIENTE Amperios	TORQUE Kg-cm
M X1	Eje x1 parte superior carrilera 1	9.5	1.25	2.5
M X1.1	Eje x1.1 parte inferior carrilera 1	9.5	1.8	2.5
M X2	Eje x2 parte superior carrilera 2	9.5	1.9	2.5
M X2.2	Eje x2.1 parte inferior carrilera 2	9.5	2.2	2.5
M Y1	Eje y1 carrilera 1	9.5 *	1.4	7
M Y2	Eje y2 carrilera 2	9.5	1	7
M T	Tornamesa	7.6	1.3	2.5

*Conexión unipolar

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

En el anexo 3, se muestra las características técnicas de un motor de pasos, al igual que su curva de funcionamiento, que a su vez son referenciales para los motores empleados en el presente proyecto.

4.4.1 Pruebas de determinación de velocidad

En la tabla 4.2 se puede observar los parámetros recomendados:

Tabla 4. 4: Los parámetros recomendables de trabajo con diferentes materiales según pruebas

Ítem	Material	Movimiento	Velocidad	T° *
1	Poliestireno	Lineal X-X, Y-Y, X-Y	250 mm/ min	30%
2	expandido 15Kg/m ³	Rotacional (tornamesa)	0.15 rpm**	25%
3	Poliestireno	Lineal X-X, Y-Y, X-Y	200 mm/ min	30%
4	expandido 30Kg/m ³	Rotacional Z (tornamesa)	0.09 rpm**	25%
5	Poliuretano flexible	Lineal X-X, Y-Y, X-Y	180 mm/ min	60%
6	de baja densidad (esponja)	Rotacional (tornamesa)	0.06 rpm**	40%
7	Etilvinilacetato ó Copolímero de etileno y acetato de vinilo (EVA) Fómix.	Lineal X-X, Y-Y, X-Y	120 mm/ min***	75%

Nota:

* La temperatura se considera en función del porcentaje de giro del dimmer empleado para alimentar con corriente al hilo de corte.

** La velocidad de la tornamesa estará en función del volumen a rotar, al igual que el diámetro del hilo de corte.

*** La velocidad y temperatura de corte del poliestireno expandido dependerá del grosor del material, al igual que el diámetro del hilo de corte.

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Por lo tanto, se necesita baja velocidad para un adecuado corte y la velocidad promedio de las carrileras será 250 mm/min, para un poliestireno con densidad 15 kg/m³.

4.5 Análisis económico

A continuación se indica una comparación entre la máquina construida y la máquina comercial importada para determinar las bondades de la misma, considerando lo siguiente:

La máquina construida tiene un costo inicial de 6000 usd, una vida útil de 8 años sus costos de operación anuales son de 4080 usd para mano de obra y 200 usd para mantenimiento. Una máquina nueva costaría 35000 usd, tendría una vida útil de 12 años, los costos anuales de operación sería de 6000 usd para mano de obra y 200 usd para mantenimiento.

Tabla 4. 5: Análisis económico

MÁQUINA CONSTRUIDA			MÁQUINA NUEVA	
Costo inicial (usd)	6000	3313.75	35000	19330.19
Costos de operación CAO (usd)	4280	11976.21	6200	17348.72
Interés (I)	16%		16%	
Vida útil (n)	8		12	
TOTAL (usd)		15289.96		36678.91
Valor Presente (VP)				

Según el análisis realizado la opción de la máquina construida es adecuada.

En la tabla 4.6 se observa las diferencias entre las dos máquinas:

Tabla 4. 6 Diferencias entre máquina construida y máquina comprada:

Comparación	Máquina construida	Máquina comercial
Costo	Bajo	Alto
Servicio técnico	Limitado	Accesible
Software	Programación limitada	Programación desarrollada propia para la aplicación
Componentes electrónicos	Genéricos de bajo costo	Originales
Versatilidad	Alta	Alta
Calidad de corte	Alta	Alta
Tiempo de operación	0.5	1
Voltaje	110	220
Tiempo de ensamblaje	1	1
Cantidad de ejes de operación	X, Y, rotación	X, Y, rotación, torno horizontal

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

En el anexo 5 se indica el manual de configuración de la máquina construida

En el anexo 6 se indica el manual de usuario.

CONCLUSIONES

- La máquina permite cortar poliestireno expandido en forma de planchas de diferentes espesores mediante cortes ortogonales tanto en el eje X como en el eje Y, también se realiza cortes diagonales ingresando coordenadas en los dos ejes X,Y; finalmente se realiza cortes simétricos cuando se utiliza el sistema de la tornamesa que consiste en girar n grados la materia prima formando los lados respectivos.
- La aplicación de la teoría de “Casa de calidad” sirve para analizar varias alternativas de carácter comercial o técnico, seleccionar o definir parámetros de un determinado producto, y por ende realizar un adecuado diseño. Del análisis realizado se concluye que los sistemas seleccionados para el proyecto son: sistema de guías el cual consiste del tipo de ruedas de acero con perfil V; sistema de transmisión definido por una correa de distribución y polea tensora. Los motores a usarse serán paso a paso de tipo bipolar con 1.8° por paso; el control de la máquina se lo realiza mediante un PLC S7-1200 y un HMI que permite el ingreso de los principales parámetros de funcionamiento como es la distancia de recorrido y velocidad para el corte.
- El perfil seleccionado tipo 8 40 x 40 es adecuado para la construcción del bastidor puesto que su forma o geometría permitió armar con rapidez ya que el fabricante también distribuye los accesorios para dicho perfil, tales como: pernos deslizantes, soportes de máquina, uniones, fijación set 8,etc.
- Actualmente el país no cuenta con proveedores para el sistema de motores paso a paso ni los accesorios para estos sistemas tales como: piñones, bandas de sincronización T2.5 , T3; por lo que para la realización de este proyecto, se utilizó motores paso a paso usados que cumplan los parámetros de selección tales como: voltaje, amperaje, potencia, torque, etc. La banda se seleccionó de acuerdo a lo que los proveedores ofertan en el país, tal es el caso de la banda dentada marca Megadyne T5, pero los piñones se enviaron a construir localmente para la transmisión con este tipo de banda.

- La inversión realizada en la máquina construida es de 6000 usd mientras que adquirir una máquina comercial de marca cuesta alrededor de 35000 usd, a pesar de emplear un software que se limita a realizar cortes rectos, el proyecto presentado permite obtener la misma calidad de corte en los productos similares que pudieran realizarse en una máquina de marca.

- Para el sistema de control se utiliza el software propio del PLC S7-1200 llamado TIA Portal Versión 13.0 en el que se procede a programar el control de cada driver L298N que utiliza el motor paso a paso. Para el acoplamiento se utiliza resistencias de 220 Ω .

- La programación y la conexión de los cables es importante para conseguir una secuencia adecuada de accionamiento en los motores paso a paso y así disponer de un torque adecuado cuando trabaja con carga sin trabamientos ni ruidos. Considerar que la secuencia de accionamiento de las bobinas de un motor bipolar respecto a un unipolar son diferentes.
 - Los componentes electrónicos genéricos adquiridos a bajos costos permitió controlar la máquina construida de una forma adecuada como si se hubiera empleado drivers originales.

 - El tratar de utilizar un proto board como elemento de control fue perjudicial en las primeras pruebas de funcionamiento del presente proyecto debido a que los acoplamientos de los cables y resistencias no tenían un adecuado contacto; por ende se empleó una placa electrónica perforada para que sus elementos sean unidos a través de suelda.

 - Del análisis económico realizado se concluye que es más factible construir una máquina para cortar poliestireno expandido debido a que los valores actuales son menores que los de una máquina importada.

RECOMENDACIONES

- Los perfiles ítem empleados en la construcción de la máquina tienen gran versatilidad de instalación, razón por la cual si en un futuro se desea incrementar las dimensiones de trabajo (largo x alto x ancho) es recomendable la utilización de las mismas características.
- Si posteriormente se desea cortar vectores de diferentes formas de corte y/o complejas, se recomienda el uso de software propio de CNC que generan código G tales como: Bob Cadcam, Match 3, Foamworks 3.0, Mastercam, etc.
- Para el desarrollo de este tipo de proyectos se recomienda mínimo dos personas y que los estudiantes tengan bases de electrónica, control y programación de PLC puesto que abarca temas mecánicos, eléctricos y electrónicos.
- Se recomienda que el sistema de la tornamesa disponga de un sistema de transmisión por correas dentadas, engranajes planetarios; con el fin de reducir el ruido generado cuando trabaja en alta velocidad, es decir valores menores a 5ms.
- Se recomienda utilizar para las conexiones cable AWG No. 18 para reducir el peso de los cables de conexión que se acoplan al tablero eléctrico.
- Procurar usar pantalla HMI de la misma marca de PLC en este caso SIEMENS para evitar inconvenientes de reconocimiento de variables en el momento de migrar datos.
- Se recomienda instalar un sistema de freno que impida la caída libre de las carrileras del eje Y al momento de cortar la alimentación eléctrica.

LISTA DE REFERENCIAS

- ABF Foam Cutters. (2002). Cortadoras de espumas Aixia. *ABF Foam Cutters International*, 34.
- ANAPE Asociacion Nacional de Poliestireno Expandido. (07 de 03 de 2015). *Propiedades del Poliestireno Expandido* . Obtenido de Propiedades del Poliestireno Expandido : http://www.anape.es/eps_pr.htm
- Askeland, D. R., & Phulé, P. P. (2008). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. México: Cengage Learning Editores S.A.
- AUTOMATIONDIRECT. (15 de 01 de 2015). *Sistemas de motores paso a paso Sure Step*. Obtenido de Sistemas de motores paso a paso Sure Step: <https://www.automationdirect.com/static/manuals/surestepmanualsp/surestepmanualsp.html>
- Avallone, E. A., & III, T. B. (2007). *Manual del Ingeniero Mecánico*. México: Mc Graw Hill.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México: McGraw Hill.
- Calderón, D. M. (2010). *Sistema de Control Numérico Computarizado para corte de Poliestirenos Expandido*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Calidad, C. d. (13 de 12 de 2014). *Casa de la Calidad Gestión de Calidad Total*. Obtenido de Casa de la Calidad Gestión de Calidad Total: http://www.gestiondecalidadtotal.com/casa_de_la_calidad.html
- Catálogo Megalinear*. (05 de 03 de 2015). Obtenido de Catálogo Megalinear: <http://www.megadynegroup.com/sites/default/files/Megalinear.pdf>

Electrónica Unicrom. (20 de 03 de 2015). *Electrónica Unicrom*. Obtenido de

Electrónica Unicrom:

http://www.unicrom.com/topic.asp?TOPIC_ID=8917&FORUM_ID=56&CAT_ID=16&Forum_Title=Rob%F3tica+general&Topic_Title=Proyectar+una+plataforma+movil+con+motor+step

Ikoportex. (21 de 09 de 2014). Obtenido de Ikoportex:

<http://ikoportex.webnode.es/reciclaje/>

ITEM. (01 de 03 de 2015). *ITEM PERFILES*. Obtenido de ITEM PERFILES:

<http://www.item24.es/>

Lowe, D. A. (18 de 03 de 2015). *HOQ Webducate*. Obtenido de HOQ Webducate:

<http://www.webducate.net/qfd/qfd-hoq-tutorial.swf>

Manufacturas Técnicas Industriales de Cali Ltda. (14 de Diciembre de 2014). *MTI de Cali*. Obtenido de Manufacturas Técnicas Industriales de Cali:

<http://www.mticali.com/index.html>

McCormac, J. C. (1999). *Diseño de Estructuras Metálicas*. México: AlfaOmega Grupo Editor S.A.

MEGADYNE. (2012). MEGALINEAR. *Open - end belts*, 99.

Mott, R. L. (2011). *Resistencia de Materiales Aplicada*. México: Pearson.

MTI CALI. (05 de 03 de 2015). *Manufacturas Técnicas Industriales de Cali*.

Obtenido de Manufacturas Técnicas Industriales de Cali:

<http://www.mticali.com/nylon66.html>

NANDE Laser e Teconologia, L. (01 de 11 de 2014). *NANDE Laser e Teconologia, Lda*. Obtenido de http://www.nande.pt/upload/produtos/28_imagem_d65.jpg

Norton, R. L. (2011). *Diseño de Máquinas. Un Enfoque integrado*. México: Pearson Educación de México S.A.

Overby, A. (2011). *CNC Machining Handbook Building, Programming and Implementation*. New York: Mc Graw Hill.

Poliexpandidos. (17 de 03 de 2015). *Poliexpandidos*. Obtenido de Poliexpandidos: www.poliex.com.ec

Polinorte. (21 de 9 de 2014). Obtenido de Polinorte: <http://www.polinorte.com/que-es-eps.html>

Quiminet. (21 de 09 de 2014). Obtenido de Quiminet: <http://www.quiminet.com/articulos/usos-del-poliestireno-expandido-en-el-empaque-de-diversas-industrias-2704720.htm>

Siemens. (20 de 03 de 2015). *Documentación didáctica SCE para la solución de automatización homogénea TIA*. Obtenido de Documentación didáctica SCE para la solución de automatización homogénea TIA: https://w3.siemens.com/mcms/sce/de/fortbildungen/ausbildungsunterlagen/tia-portal_module/tabcardseiten/Documents/SCE_ES_010-060_R1209_S7-1200_PID.pdf

SIEMENS. (11 de 03 de 2015). *SIEMENS*. Obtenido de SIEMENS: http://w3.siemens.com/mcms/sce/de/fortbildungen/ausbildungsunterlagen/tia-portal_module/tabcardseiten/Documents/SCE_ES_010-020_R1209_S7-1200_Bausteine.pdf

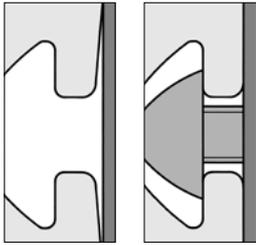
Sinerges, I. (27 de 12 de 2014). *Item Sinerges*. Obtenido de Item Sinerges: <http://www.item24.es/es/pagina-de-inicio/productos/catalogo-de->

productos/detalles-del-producto/products/perfiles-de-construccion-
8/45280.html

ANEXOS

Anexo 1: Datos generales del perfil tipo 8 40 x 40

Technical Data for Profiles



Extruded Profile

Symbol Al Mg Si 0.5 F 25
 Material number 3.3206.72
 Status: artificially aged

Mechanical values (apply only in pressing direction)

Tensile strength R_m min. 245 N/mm²
 Yield point R_{p0.2} min. 195 N/mm²
 Density 2.7 kg/dm³
 Ductile yield A₅ min. 10 %
 Ductile yield A₁₀ min. 8 %
 Linear coefficient of expansion 23.6x10⁻⁶ 1/K
 Modulus of elasticity E approx. 70,000 N/mm²
 Modulus of rigidity G approx. 25,000 N/mm²
 Hardness approx. 75 HB - 2.5/187.5

Tolerances

Deformations such as straightness and flatness tolerance to DIN EN 12020 Part 2.

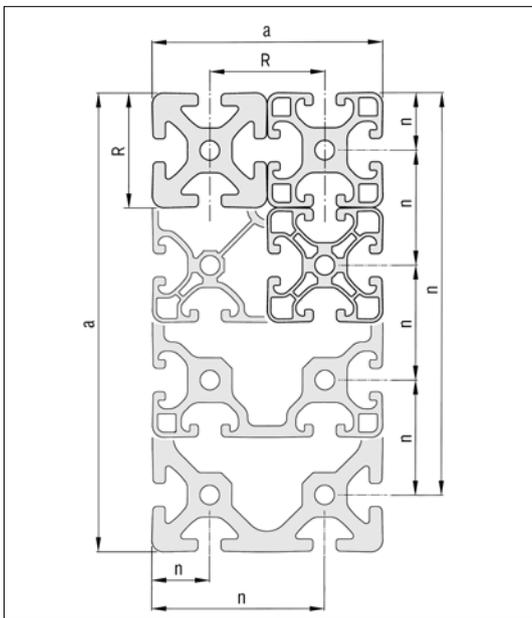
Profiles not cut to size may be up to 100 mm longer than specified, due to manufacturing methods.

Surface

The aluminium profiles are natural (C0) or black (C35) anodized and are therefore permanently resistant to scratching and corrosion. Surface with matt finish (E 6), compressed with anodic oxidation. Minimum layer thickness 10 µm, layer hardness 250 - 350 HV. The all-round hard anodized surface covering makes saw cuts virtually burr-free, thereby eliminating the need for remachining.

All standard Profiles and Profiles "light" and Profiles "E" feature defined points of support on the Profile exterior and inclined groove flanks. These ensure a firm and stable connection with other components. Thanks to controlled elastic deformation in the groove flanks, the fastening screw creates a vibration-free connection.

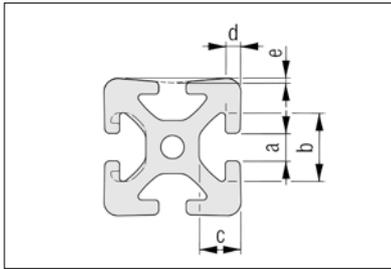
Groove position, external dimensions and modular dimensions



Modular dimension R [mm]				
5	6	8	10	12
20	30	40	50	60

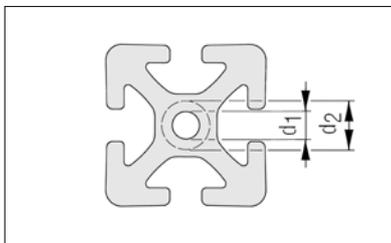
Profile edge length a [mm]		Tolerances of external dimensions a and groove position n ± [mm]
from	up to	
0	10	0.10
10	20	0.15
20	40	0.20
40	60	0.30
60	80	0.40
80	100	0.45
100	120	0.50
120	160	0.60
160	240	0.80
240	320	1.50

Groove Dimensions

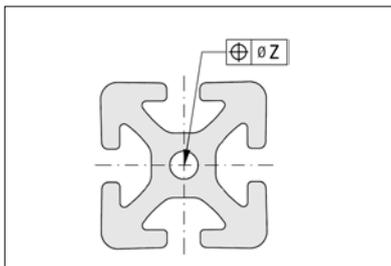


	5	6	8	10	12
a	5.0 ^{+0.3}	6.2 ^{+0.3}	8.0 ^{+0.4}	10.0 ^{+0.4}	12.0 ^{+0.4}
b	11.5 ^{+0.3}	16.3 ^{+0.3}	20.0 ^{+0.4}	25.0 ^{+0.4}	30.0 ^{+0.3}
c	6.35 ^{±0.15}	9.75 ^{+0.2}	12.25 ^{+0.3}	15.5 ^{+0.3}	18.3 ^{+0.3}
d	1.8 ^{±0.1}	3.0 _{0.25}	4.5 ^{+0.3}	5.3 ^{+0.3}	6.6 ^{+0.3}
e	0.15 ^{±0.1}	0.15 ^{±0.1}	0.2 ^{±0.1}	0.25 ^{±0.1}	0.3 ^{±0.1}

Core Bores



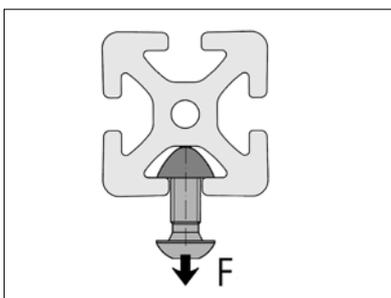
	5	6	8	10	12
Drilled hole d ₁	∅ 4.3 ^{+0.1} mm for M5	∅ 5 ^{+0.2} mm for M6	∅ 6.8 _{0.2} mm for M8	∅ 8.5 _{0.2} ^{+0.1} mm for M10	∅ 10.2 _{0.2} mm for M12
Reborable up to d ₂	∅ 6 mm or M6	∅ 8 mm or M8	∅ 13 mm or M12 (not Profile E)	∅ 16 mm or M16 (not Profile E)	∅ 20 mm or M20



Profiles with Open Grooves		Closed Grooves	
Number of Holes	z [mm]	Number of Holes	z [mm]
1	0.4	1	0.6
2 to 4	0.6	> 1	0.8
> 4	0.8		

The hole position tolerance depends on the number of core bores and the profile contour.

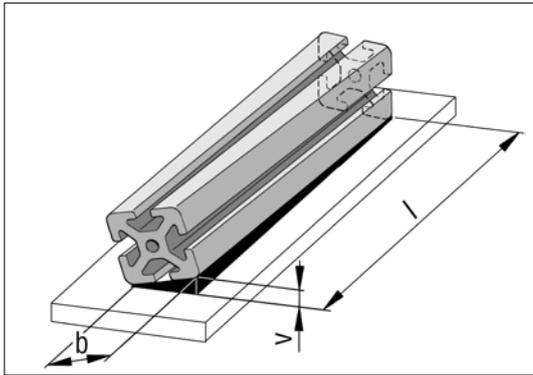
Tensile Loading



Groove shape	5	6	8	10	12
Normal	500 N	1,750 N	5,000 N	7,000 N	10,000 N
Light		500 N	2,500 N		5,000 N
E			1,750 N	3,500 N	

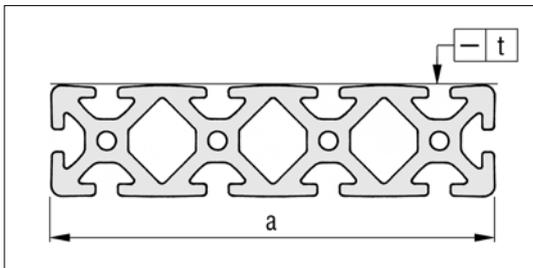
The permissible tensile forces F on the groove flanks. These nominal loads include safety factors (S > 2) against plastic deformation.

Torsion



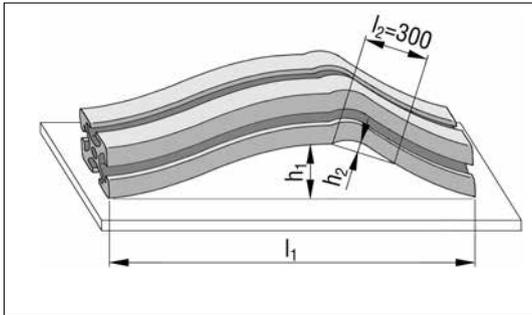
b [mm]		Torsion tolerance v for Length l [mm]					
from	up to	up to 1,000	up to 2,000	up to 3,000	up to 4,000	up to 5,000	up to 6,000
-	25	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0
25	50	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.0
50	75	1.0	1.2	1.2	1.5	2.0	2.0
75	100	1.0	1.5	1.8	2.2	2.5	3.0
100	125	1.2	1.5	1.8	2.2	2.5	3.0
125	150	1.2	1.5	1.8	2.2	2.5	3.0
150	200	1.5	1.8	2.2	2.6	3.0	3.5
200	300	1.8	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
300	320	2.0	2.0	3.5	4.0	4.5	5.0

Straightness Tolerance transverse



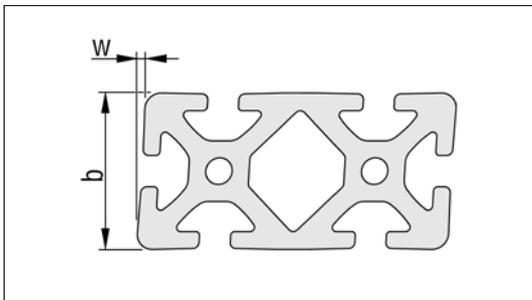
Width a [mm]		Straightness Tolerance
from	up to	t [mm]
0	80	0.3
80	120	0.4
120	160	0.5
160	240	0.7
240	320	1.0

Straightness Tolerance longitudinal



Length		Tolerances	
l_1 [mm]	h_1 [mm]	h_2	
up to 1,000	0.7	For every length section of $l_2 = 300$ mm, a maximum deviation of 0.3 mm is allowed	
up to 2,000	1.3		
up to 3,000	1.8		
up to 4,000	2.2		
up to 5,000	2.6		
up to 6,000	3.0		

Angular Tolerance



Width b [mm]		Angular Tolerance
from	up to	$w \pm$ [mm]
0	20	0.2
20	40	0.4
40	80	0.6
80	120	0.8
120	200	1.2
200		1.5

Construction profiles: Determination of the Profile Deflection

The following equations apply for calculating deflection f:

Example load 1

$$f = \frac{F \times l^3}{3 \times E \times I \times 10^4}$$

Example load 2

$$f = \frac{F \times l^3}{48 \times E \times I \times 10^4}$$

Example load 3

$$f = \frac{F \times l^3}{192 \times E \times I \times 10^4}$$

The following equations are to be used for calculating the deflection caused by the dead weight:

As example load 1

$$f = \frac{F \times l^3}{8 \times E \times I \times 10^4}$$

As example load 2

$$f = \frac{5 \times F \times l^3}{384 \times E \times I \times 10^4}$$

As example load 3

$$f = \frac{F \times l^3}{384 \times E \times I \times 10^4}$$

F = Load in N
 l = Free profile length in mm
 I = Moment of inertia in cm⁴
 E = Modulus of elasticity in N/mm²
 E_{Al} = 70,000 N/mm²

An approximate calculation of the deflection is possible with the help of the nomogram shown on the right.
 The example shown is worked through in the direction of the arrow to determine the deflection.

Example:

Given:

F = 1,000 N

l = 500 mm

I_y = 5,14 cm⁴ (Profile 5 40x20, upright)

Find:

f = Deflection in mm

Results:

Example load 1

f = 11.6 mm

Example load 2

f = 0.72 mm

Example load 3

f = 0.18 mm

The bending values that are either calculated or determined using graphs must be added to the deflection caused by the dead weight of the profiles.

For an approximate calculation of the deflection caused by the dead weight, the dead weight is entered as F in the nomogram and the resulting values should be halved.

Check of the bending stress

$$\sigma = \frac{M_b}{W \times 10^3}$$

σ = Bending stress in N/mm²
 M_b = Max. bending moment in Nmm
 W = Resistance moment in cm³
 Rp_{0,2Al} = 195 N/mm²

The calculated bending stress σ must be compared with the permissible bending stress σ_{perm}.

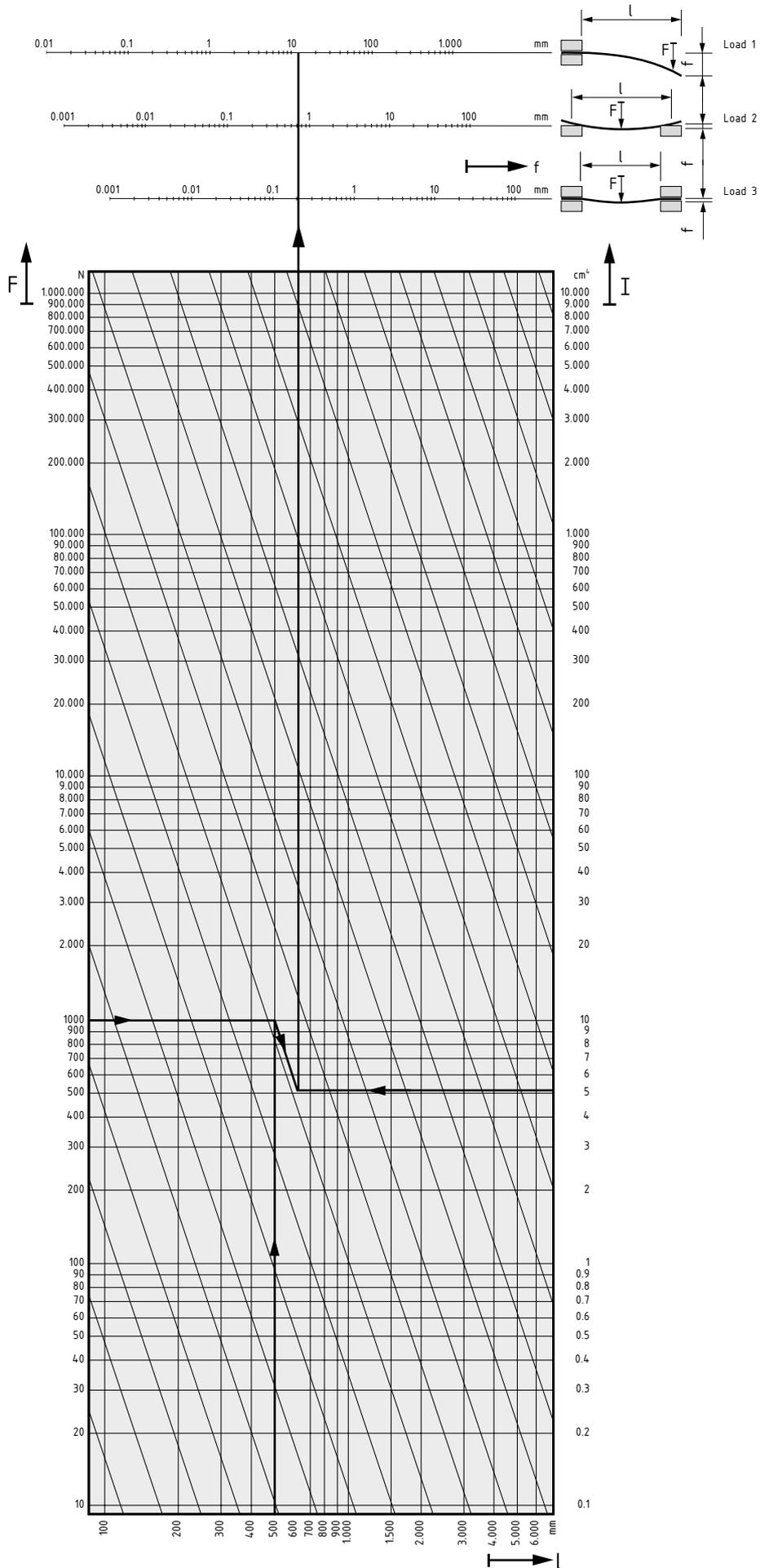
$$\sigma_{perm} = \frac{Rp_{0,2}}{S}$$

The safety factor S must be selected depending on the required application conditions.



Note:

Calculate the deflection in a profile easily online: A profile deflection calculator that takes into account all three load scenarios is available online at www.item24.com.



Construction profiles: Determination of the torsion angle

The following equations apply for calculating the torsion angle ϑ :

Example load 1

$$\vartheta = \frac{180^\circ \times M_t \times l}{\pi \times G \times I_t \times 10}$$

Example load 2

$$\vartheta = \frac{180^\circ \times M_t \times l}{\pi \times 4 \times G \times I_t \times 10}$$

Where:

M_t = Torsional moment in Nm

l = Free profile length in mm

I_t = Moment of inertia in cm^4

G = Modulus of rigidity in N/mm^2

$G_{Al} = 25,000 \text{ N/mm}^2$

ϑ = Torsion angle in decimal degrees

The example shown on the nomogram opposite is based on the free profile length and a given torsional moment. The result is the torsion angle as a deformation of Profile 8 80x80.

It is naturally also possible to use the nomogram in reverse and begin with a maximum permissible torsion to calculate the required profile sizes or the maximum loading moments for a specified profile length.

Example:

Given:

$M_t = 20 \text{ Nm}$

$l = 2,000 \text{ mm}$

$I_t = 136.98 \text{ cm}^4$ (Profile 8 80x80)

Find:

ϑ = Torsion angle in decimal degrees

Results:

Example load 1

$\vartheta = 0.07^\circ$

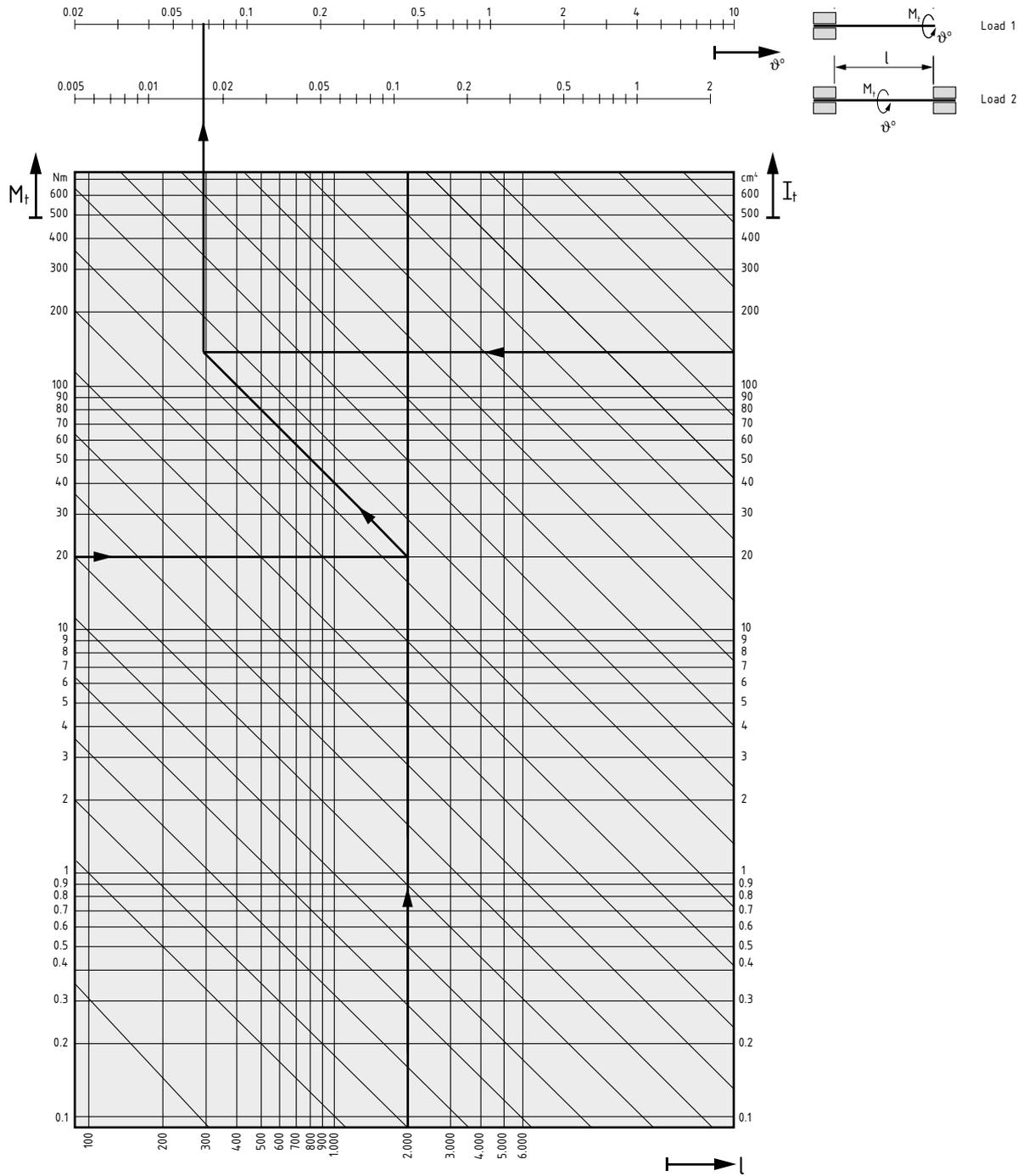
Example load 2

$\vartheta = 0.02^\circ$

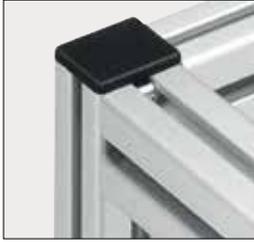
The values for the profiles' torsional moments of inertia were determined experimentally or through an approximate calculation. Component tolerances and simplifying assumptions mean the actual torsion angles can differ from the calculated value by up to 15%.

Check of the torsional stress

In practice, the criterion for a profile to fail under a torsional load is less the fact that the permissible torsional stress is exceeded, but rather the presence of excessive twist (torsion angle) even though it is still within the elastic limit. This deformation greatly impairs correct functioning of the components. Consequently, a more torsionally rigid profile must be selected long before the permissible stress values are reached.



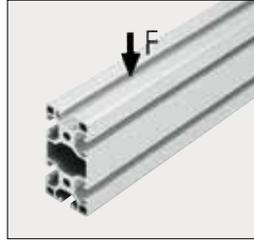
Recommended Assembly Configurations



Where possible, the vertical profiles should extend through the entire height; this simplifies connection of the floor elements and improves the overall appearance.



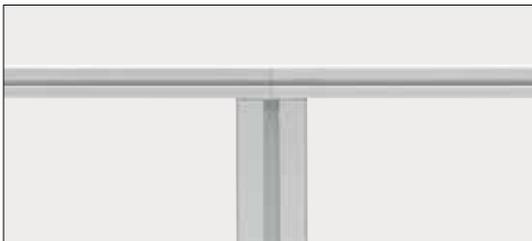
Structures should be designed to withstand the loads likely to be placed on them, i.e. by avoiding torsional stress at the connection points and by giving preference to positive locking over friction resistance in the direction of applied force in all the connections.



Where possible, profiles should be installed so that the largest section dimension opposes the load in order to achieve the maximum flexural strength.



Avoid breaks in the supporting profile when installing additional attachments; the benefits include greater stability, fewer cuts, fewer connections and reduced assembly time.



Extend the profiles only with the aid of the corresponding fastening elements and, where possible, support them at the joints.



If it is not possible to avoid anodized surfaces being in direct contact with one another, the contact points must be greased. This will help to avoid any noise which might result from movement.



If profile-based structures are likely to be exposed to extremes of stress, e.g. impact loads, which might cause displacement at the points of attachment, pin elements should be installed in order to provide additional support.

Anexo 2: Características técnicas de la banda T5 seleccionada

MEGALINEAR T5 OPEN-END

BELT CHARACTERISTICS

STANDARD WIDTHS (mm)	6	10	16	25	32	50	75	150
Weight (gr/m)	15	20	35	55	70	105	160	330

Standard compound: **white Polyurethane thermoplastic 92 ShA**

Standard back cover: **none**

Standard tooth cover: **none**

Standard cords: **S and Z torsion zinked steel**

Standard width tolerance: **+/- 0,5 mm**

Standard thickness: **2,2 +/- 0,15 mm**

Standard length tolerance: **+/- 0,8 mm/m**

Standard roll length: **100 m**

Belt options on request with minimum quantity:

Nylon fabric back

Nylon fabric teeth

Antistatic nylon fabric

Transparent FDA compound

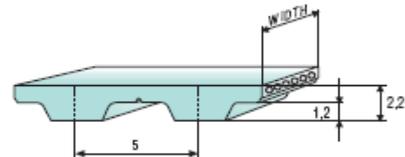
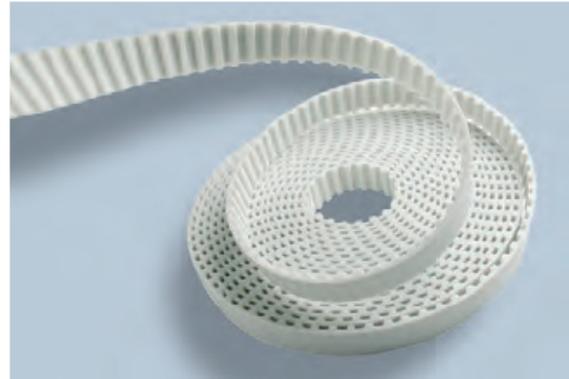
AVAFC 60/70/85 ShA

APL

Fishbone

Ribbed

Cleats



Different back coating materials see page 94

TOOTH RESISTANCE

RPM (1/min)	0	20	40	60	80	100	200	300	400	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	5000	8000
F _{p spec} (N/cm)	24	23	23	22	22	22	20	19	19	18	17	16	15	14	12	11	11	9

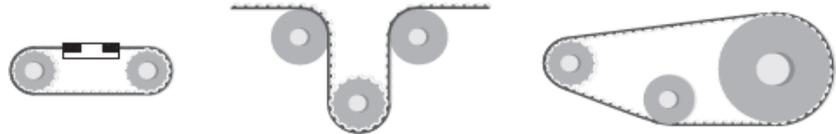
Minimum suggested number of teeth in clamp for linear movement: 7

TRACTION RESISTANCE

	Belt width (mm)	6	10	16	25	32	50	75	100	150
Steel	Max Traction Load (N)	175	355	475	800	1005	1660	2280	3060	3460
	Breaking Strength (N)	710	1425	1900	3205	4035	6650	8665	11635	12110
	Elongation at MTL (mm/m)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Kevlar	Max Traction Load (N)	395	795	1060	1795	2260	3720	5110	6860	7750
	Breaking Strength (N)	1595	3190	4255	7180	9040	14895	19415	26065	27130
	Elongation at MTL (mm/m)	8	8	8	8	8	8	8	8	8
HP	Max Traction Load (N)	-	555	740	1250	1570	2590	3555	4775	-
	Breaking Strength (N)	-	2220	2960	5000	6295	10370	13520	18150	-
	Elongation at MTL (mm/m)	-	4	4	4	4	4	4	4	-
HF	Max Traction Load (N)	-	465	620	1050	1320	2180	2990	4015	-
	Breaking Strength (N)	-	1865	2490	4205	5295	8720	11370	15265	-
	Elongation at MTL (mm/m)	-	5	5	5	5	5	5	5	-
Stainless	Max Traction Load (N)	105	210	285	480	-	-	-	-	-
	Breaking Strength (N)	425	855	1140	1920	-	-	-	-	-
	Elongation at MTL (mm/m)	3,8	3,8	3,8	3,8	-	-	-	-	-
Average values										

MEGALINEAR T5 OPEN-END

FLEXION RESISTANCE



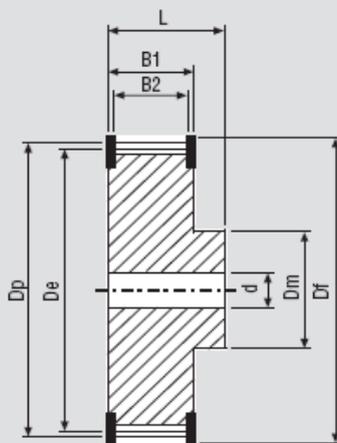
	Z min	Z min	Idler min dia (mm)	Z min	Idler min dia (mm)
Standard steel cords	10	15	30	10	30
Kevlar cords	12	15	30	12	30
High Power cords	15	15	40	15	60
High Flexibility cords	10	12	30	10	30
Stainless steel cords	15	18	40	15	40

JOINED BELT INFORMATIONS

- Minimum splice length 900 mm
- Traction and tooth resistances = 50% less than open-end
- Joined belt can be used only in conveyor systems
- Rolls with NFT, NFB, AVAFC and APL can be joined too
- Minimum diameters according above table
- For coated belts, minimum diameters on page 94

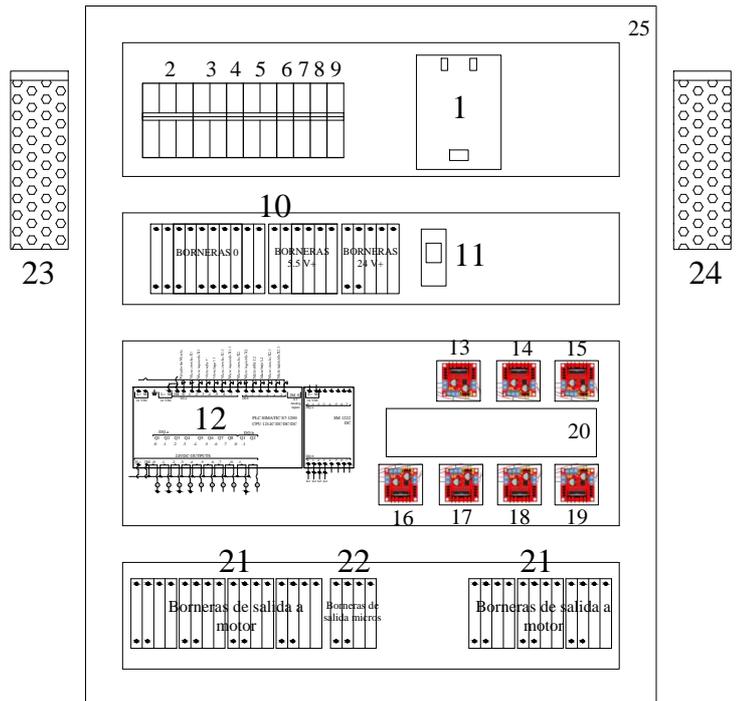
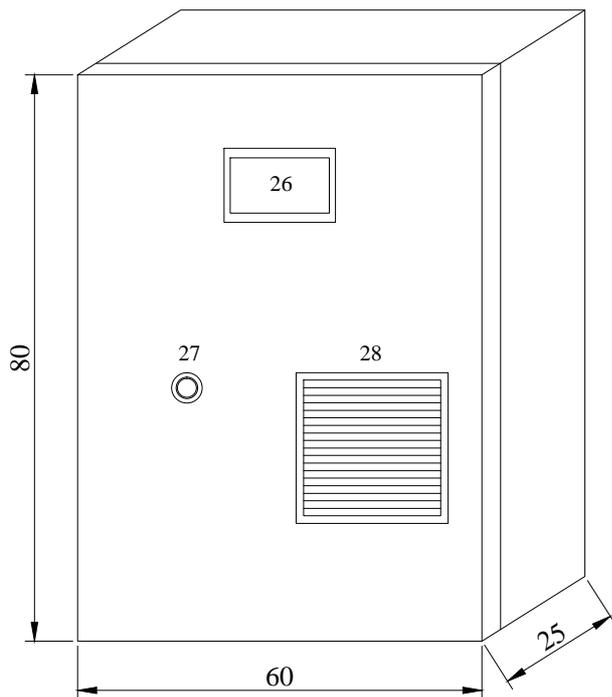


PULLEYS (for more details please see our pulleys catalogue)



N° Teeth	Dp	De	N° Teeth	Dp	De
10	15,92	15,09	25	39,79	38,96
12	19,10	18,27	28	44,56	43,73
14	22,28	21,45	30	47,75	46,92
15	23,87	23,04	32	50,93	50,10
16	25,46	24,64	36	57,30	56,47
18	28,65	27,82	40	63,66	62,93
19	30,24	29,41	42	66,85	66,02
20	31,83	31,00	44	70,03	69,20
22	35,01	34,19	48	76,39	75,57
24	38,20	37,37	60	95,49	94,67

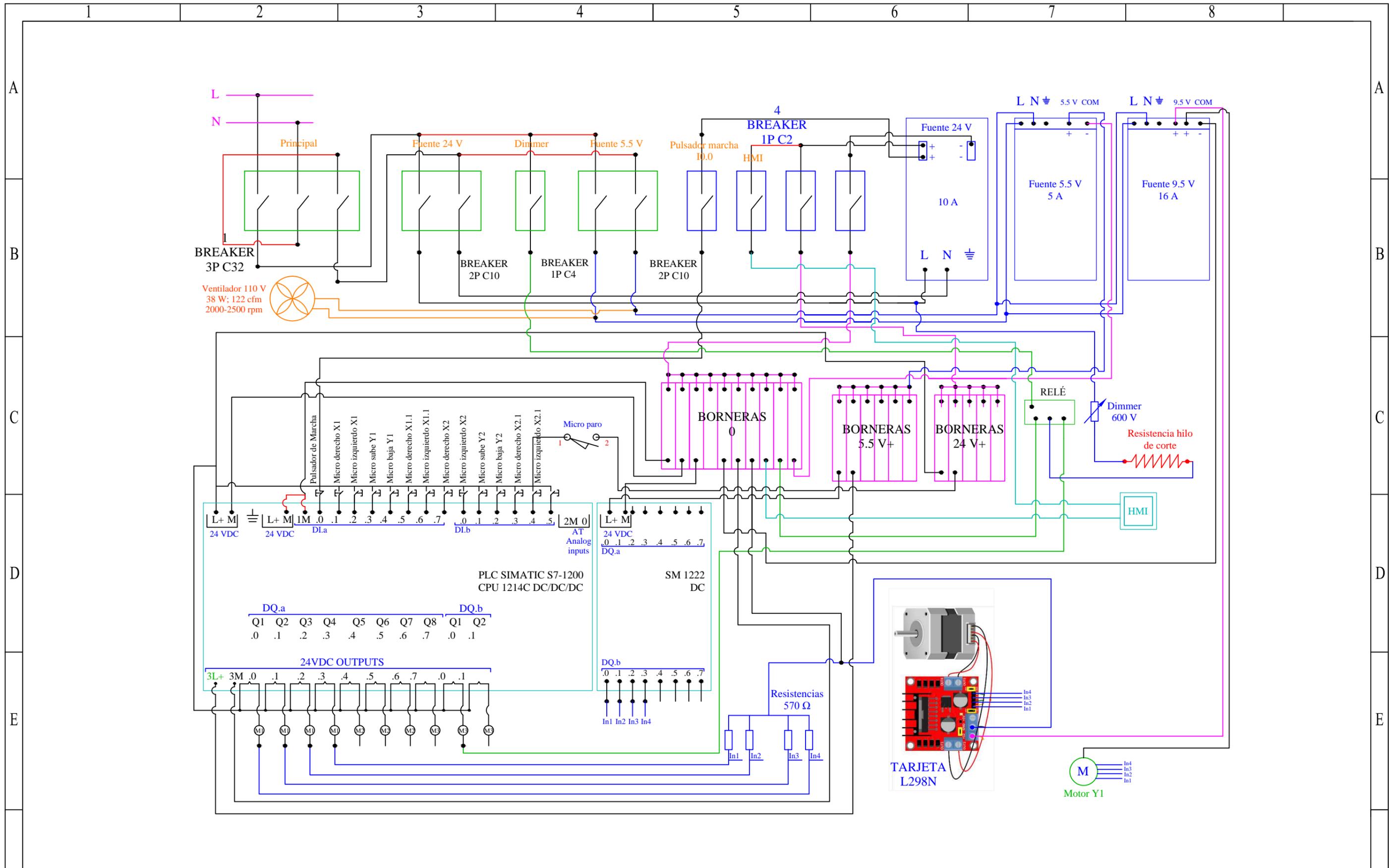
Anexo 3: Distribución de tablero eléctrico



DISTRIBUCIÓN EN TABLERO	
Descripción	No.
Fuente de 10 A	1
Breaker energía principal	2
Breaker energía para fuente 10 A	3
Breaker de energía para sistema de corte (dimmer)	4
Breaker de energía para fuente de 5.5 V	5
Breaker - pulsador de marcha I0.0	6
Breaker de energía para pantalla HMI	7
Breaker de energía para 24 V+	8
Breaker para punto COM 0-	9
Borneras de polarización 0V; 5.5V+; 24 V+	10
Relé de activación para sistema de corte	11
PLC Siemens S1200 y módulo 1222 DC	12
Driver L298N motor pasos Y2	13

Driver L298N motor pasos X2	14
Driver L298N motor pasos X2.2	15
Driver L298N motor pasos TORNAMEASA	16
Driver L298N motor pasos Y1	17
Driver L298N motor pasos X1	18
Driver L298N motor pasos X1.1	19
Tarjeta electrónica con resistencias de 570 Ω	20
Borneras de salida a motores de pasos	21
Borneras de salida a micros de paro	22
Fuente de 5.5 V+	23
Fuente de 9.5 V+	24
Canaletas para cableado eléctrico	25
Pantalla HMI DELTA	26
Controlador de temperatura (dimmer)	27
Ventilador axial, 122 cfm; 110 V; 2500 RPM; 38 W	28

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS: 80 cm x 60 cm x 25 cm	
RECUBRIMIENTO	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015	
CONTIENE: Distribución en tablero eléctrico	ESCALA: N/A	CÓDIGO: 10.8932542-8932586-E1		TOL. GRAL N/A	



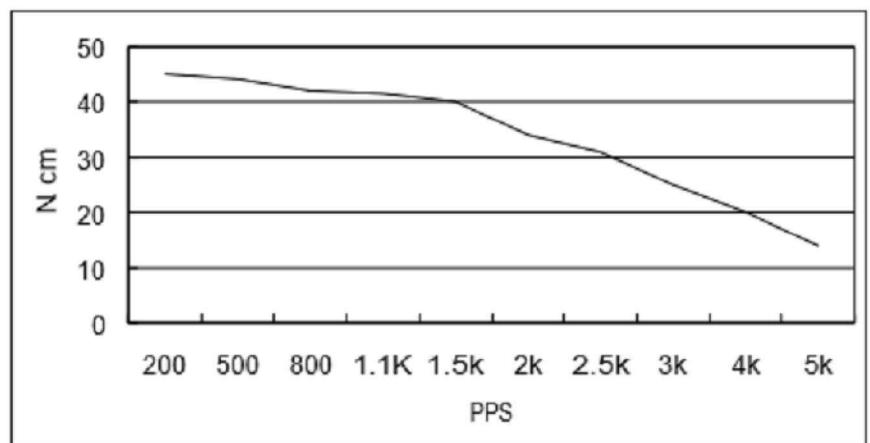
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:		
RECUBRIMIENTO	N/A					
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS		DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
				DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
				REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE:	ESCALA:	CÓDIGO:		TOL. GRAL		
Diagrama eléctrico	N/A	10.8932542-8932586-E2		±0.5		

HIGH TORQUE HYBRID STEPPING MOTOR SPECIFICATIONS

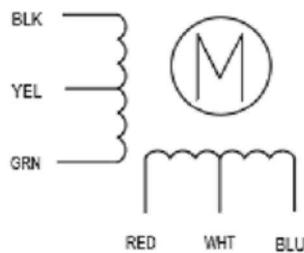
General specifications		Electrical specifications	
Step Angle (°)	1.8	Rated Voltage (V)	4
Temperature Rise (°C)	80 Max (rated current, 2 phase on)	Rated Current (A)	1.2
Ambient temperature (°C)	-20 ~ +50	Resistance Per Phase ($\pm 10\% \Omega$)	3.3 (25°C)
Number of Phase	2	Inductance Per Phase ($\pm 20\% mH$)	2.8
Insulation Resistance	100M Ω , Min (500VDC)	Holding Torque (Kg.cm)	3.17
Insulation Class	Class B	Detent Torque (g.cm)	200
Max. radial force (N)	28 (20mm from the flange)	Rotor Inertia (g.cm ²)	68
Max. axial force (N)	10	Weight (Kg)	0.365

● Pull out torque curve:

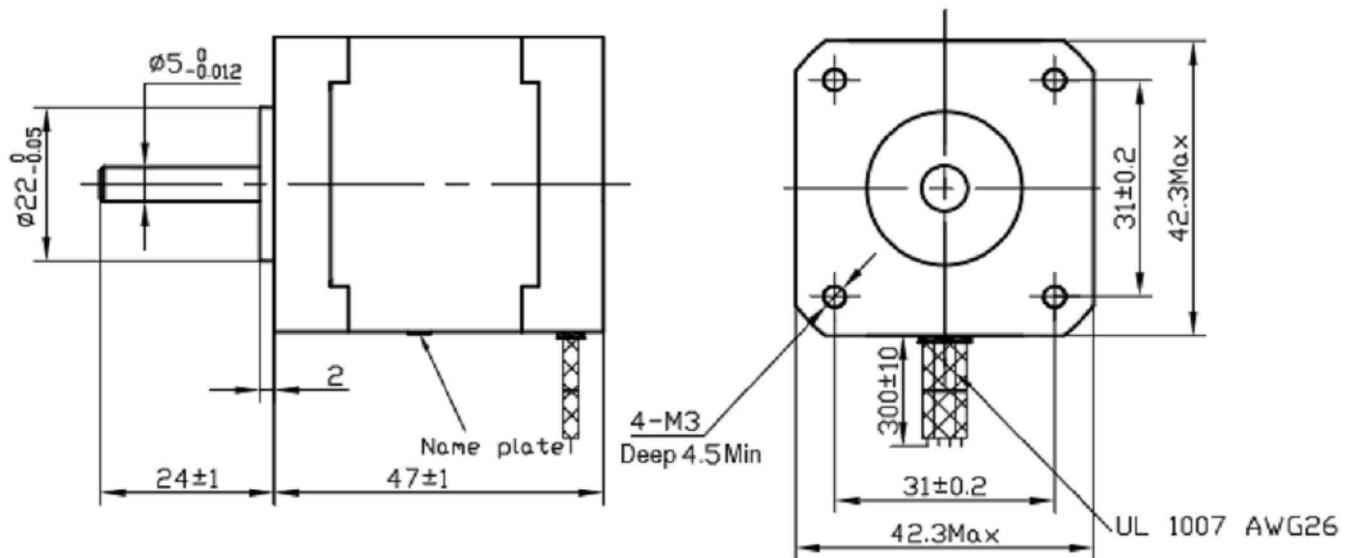
VOLTAGE: 24VDC, CONSTANT CURRENT: 1.2A, HALF STEP



● Wiring Diagram:



● Dimensions: (unit=mm)

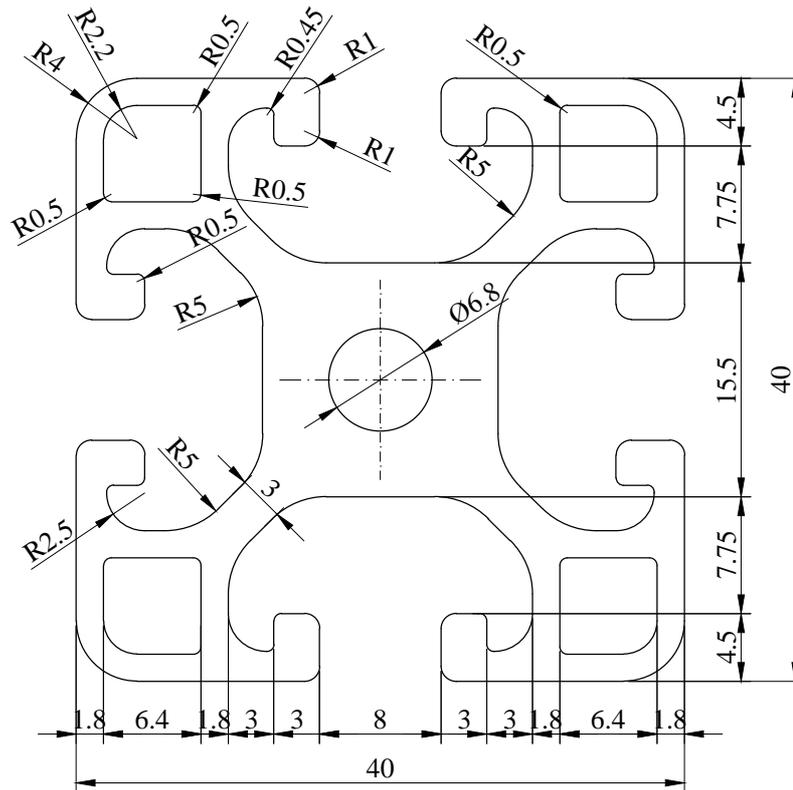


MODEL SY42STH47-1206A
CHANGZHOU SONGYANG MACHINERY & ELECTRONICS
NEW TECHNIC INSTITUTE

Fuente: <http://www.micropap.com/pdf/nema17/SY42STH47-1206A.pdf>

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015	
CONTIENE: Especificaciones técnicas de motor de pasos	ESCALA: N/A	CÓDIGO: 10.8932542-8932586-E3		TOL. GRAL N/A	

Anexo 4: Detalle dimensional perfil Ítem 40 x 40 mm



Nota: ver anexo 1, para detalles técnicos

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio extruido, Al Mg Si 0.5 F 25		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Perfil ítem 40 mm x 40 mm	ESCALA: 2:1	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.M1	TOL. GRAL ±0.5	

Anexo 5: Manual de configuración

Para la construcción de la máquina es necesario considerar los detalles más relevantes del comportamiento mecánico, eléctrico y electrónico.

Comportamiento mecánico

La máquina debe instalarse en un área ventilada para eliminar gases emanados durante el proceso de corte.

La máquina requiere tener libertad de movimiento de traslación para eje x, eje y, adicionalmente facilidad de rotación para el sistema tornamesa, por ende todos los sistemas deben ser construidos de material liviano como es aluminio.

El peso total de la máquina es de 70 Kg-f aproximadamente.

La velocidad de corte está en 624mm/min dependiendo de la densidad del material (12 Kg/m^3), como ejemplo de operación.

Comportamiento eléctrico:

La distribución de los componentes eléctricos y electrónicos dentro del tablero de control debe asegurar el correcto funcionamiento de la máquina evitando el sobrecalentamiento en los drivers de cada motor por ende se debe trabajar considerando el consumo de corriente y el voltaje de cada motor en las pruebas iniciales.

Todos los componentes eléctricos se han colocado con las seguridades que amerita y están colocados en un tablero eléctrico de 80cm x 60cm x 25cm.



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Fuente de alimentación al tablero eléctrico:

Tensión	110 V	60Hz
Potencia instalada	12.32 W	Motor 1 (X1) superior Eje X1
	9.68 W	Motor 2 (X1.2) inferior Eje X1
	5.5 W	Motor (Y1) Eje Y1
	12.60 W	Motor (X2) superior Eje X2
	11.70 W	Motor (X2.1) inferior Eje X2
	10.80 W	Motor (Y2) Eje Y2
	13.3 W	Motor (T) Tornamesa

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

PATO [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa

DATOS_MEMORIZADOS [DB3]

DATOS_MEMORIZADOS Propiedades

General

Nombre	DATOS_MEMORIZADOS	Número	3	Tipo	DB	Idioma	DB
Numeración	automática						

Información

Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Static			
TIEMPO_X1	Time	T#500MS	True
TIEMPO_X2	Time	T#500MS	True
TIEMPO_Y1	Time	T#500MS	True
TIEMPO_Y2	Time	T#500MS	True
TIEMPO_Z1	Time	T#500MS	True
RPM X1	DInt	3	False
RPM X2	DInt	3	False
RPM Y1	DInt	3	False
RPM Y2	DInt	3	False
RPM Z1	DInt	3	False
RESET_CONTADOR_X1	Bool	false	False
RESET_CONTADOR_X2	Bool	false	False
RESET_CONTADOR_Y1	Bool	false	False
RESET_CONTADOR_Y2	Bool	false	False
RESET_CONTADOR_Z1	Bool	false	False
LONG_DESEADA_X1	Real	0.0	True
LONG_DESEADA_X2	Real	0.0	True
LONG_DESEADA_Y1	Real	0.0	True
LONG_DESEADA_Y2	Real	0.0	True
LONG_DESEADA_Z1	Real	0.0	True
PULSOS A DESPLAZAR X1	Int	0	False
PULSOS A DESPLAZAR X2	Int	0	False
PULSOS A DESPLAZAR Y1	Int	0	False
PULSOS A DESPLAZAR Y2	Int	0	False
PULSOS A DESPLAZAR Z1	Int	0	False
PULSOS DESPLAZADOS X1	Int	0	False
PULSOS DESPLAZADOS X2	Int	0	False
PULSOS DESPLAZADOS Y1	Int	0	False
PULSOS DESPLAZADOS Y2	Int	0	False
PULSOS DESPLAZADOS Z1	Int	0	False
ADELANTE_X1	Bool	false	False
ADELANTE_X2	Bool	false	False
ADELANTE_Y1	Bool	false	False
ADELANTE_Y2	Bool	false	False
ADELANTE_Z	Bool	false	False
START_X1	Bool	false	False
START_X2	Bool	false	False
START_Y1	Bool	false	False
START_Y2	Bool	false	False
START_Z1	Bool	false	False
DISTANCIA RECORRIDA cm X1	Real	0.0	False
DISTANCIA RECORRIDA cm X2	Real	0.0	False
DISTANCIA RECORRIDA cm Y1	Real	0.0	False
DISTANCIA RECORRIDA cm Y2	Real	0.0	False
DISTANCIA RECORRIDA cm Z1	Real	0.0	False
10cm IGUAL A N PULSOS	Real	272.0	True
prisma_num lados	Int	0	True
prisma_altura	Int	0	True
prisma_radio	Int	0	True
prisma_auto	Bool	false	False
prisma_reset	Bool	false	False
cont_pasos_x1	Int	0	False

PATO [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa

micros [FC1]

micros Propiedades

General

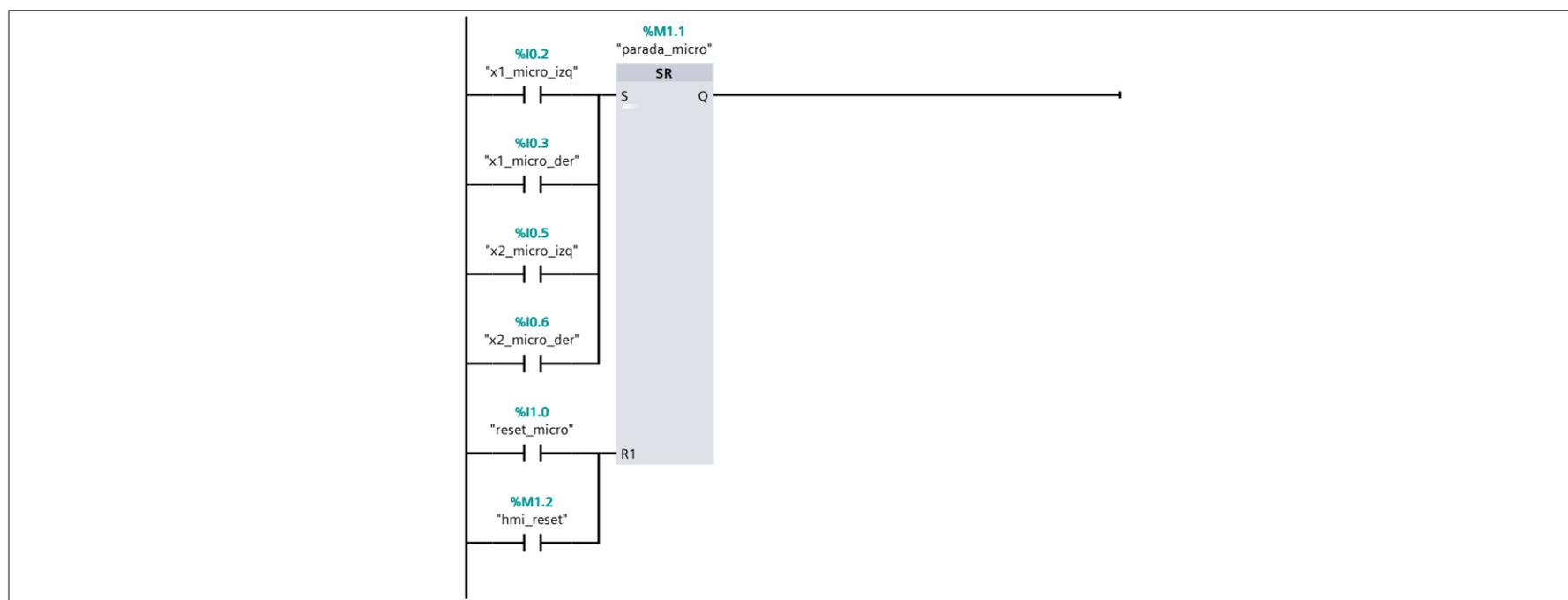
Nombre	micros	Número	1	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	automática						

Información

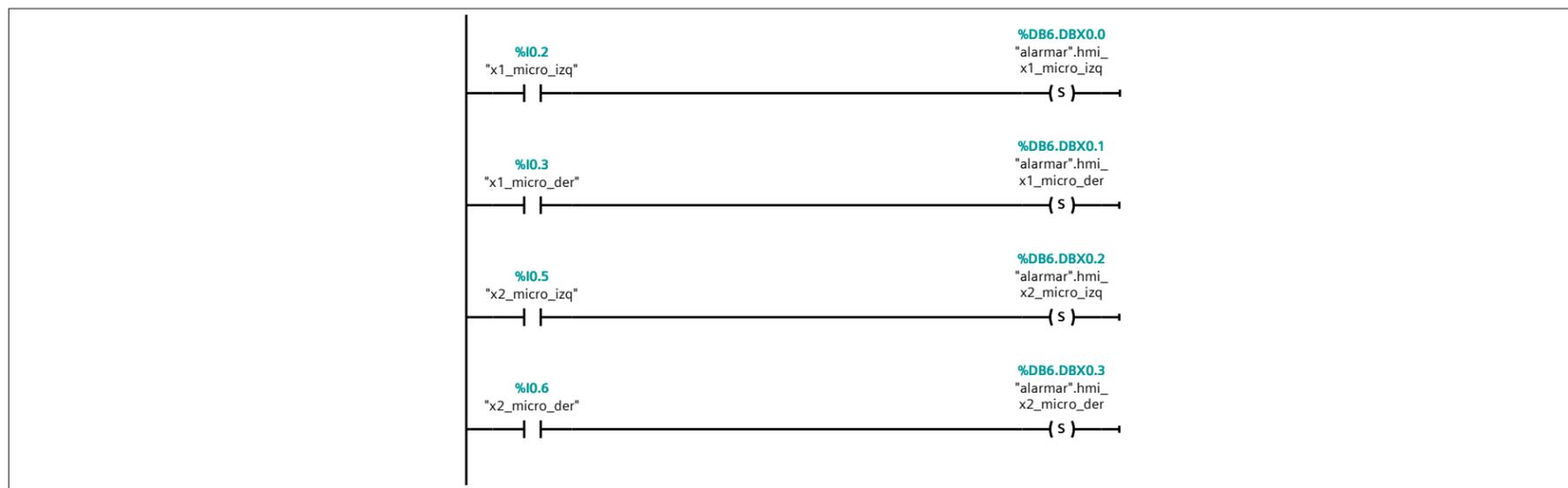
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Output		
InOut		
Temp		
Constant		
▼ Return		
micros	Void	

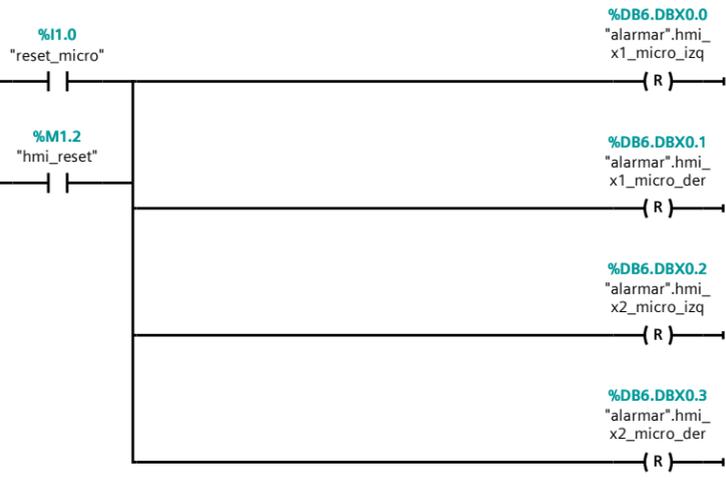
Segmento 1: PARADA POR MICROS



Segmento 2: hmi seteo por micros



Segmento 3: hmi resetear



PATO [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa

CONTROL EJES [FB1]

CONTROL EJES Propiedades

General

Nombre	CONTROL EJES	Número	1	Tipo	FB	Idioma	KOP
Numeración	automática						

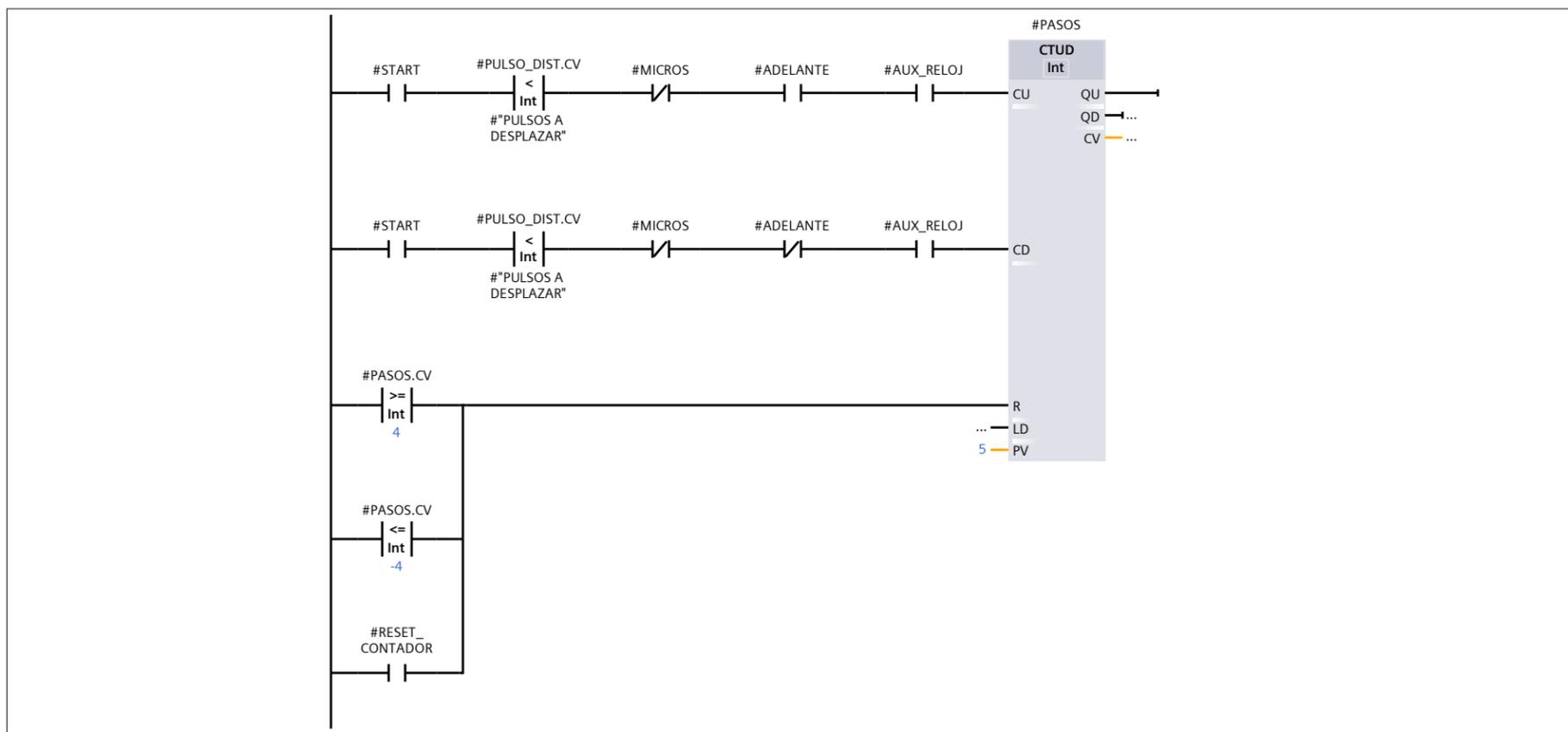
Información

Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

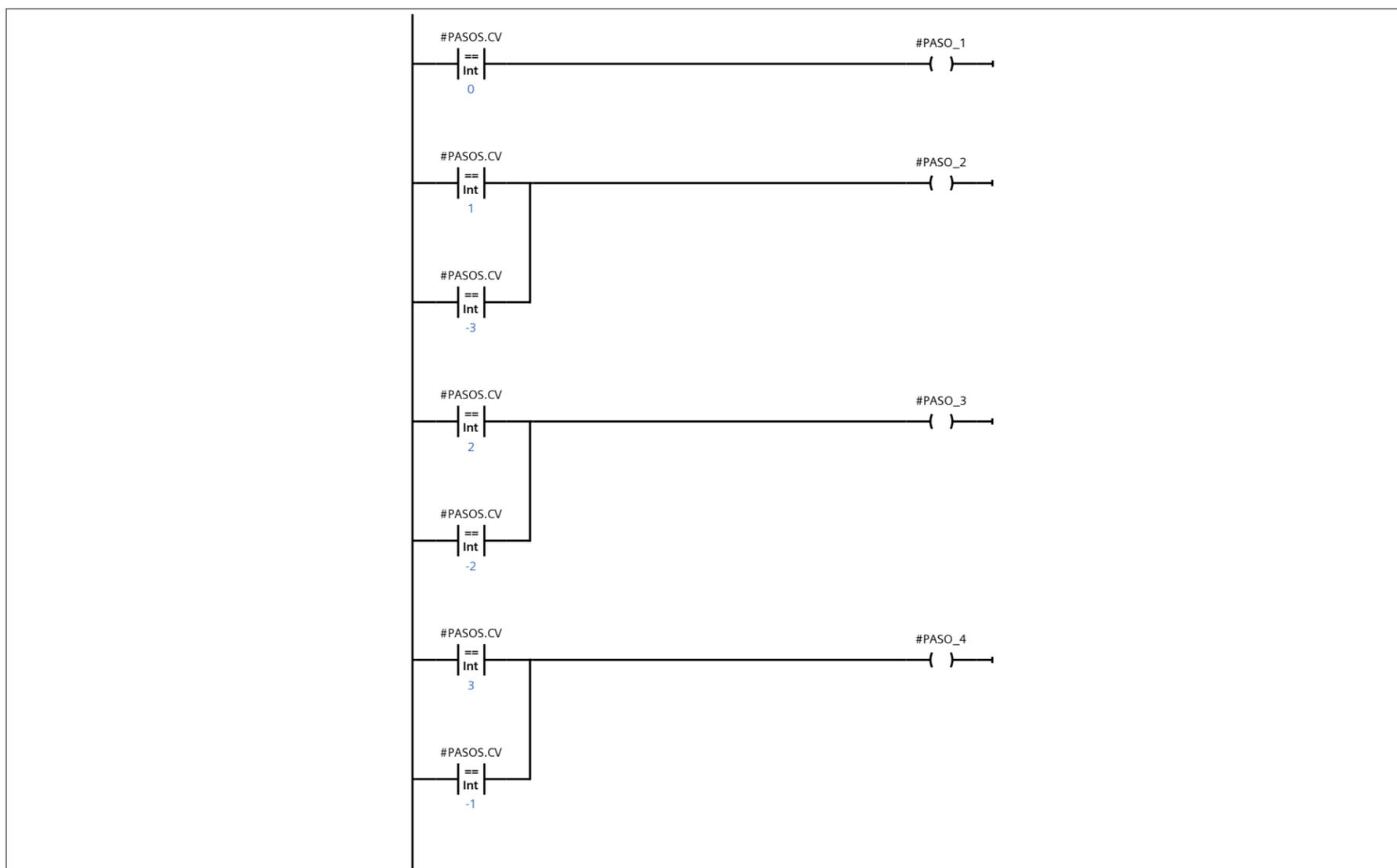
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia
▼ Input			
ADELANTE	Bool	false	No remanente
ATRAS	Bool	false	No remanente
START	Bool	false	No remanente
RESET_CONTADOR	Bool	false	No remanente
MICROS	Bool	false	No remanente
PULSOS A DESPLAZAR	Int	0	No remanente
AUX_RELOJ	Bool	false	No remanente
▼ Output			
MOT_BOB_A	Bool	false	No remanente
MOT_BOB_B	Bool	false	No remanente
MOT_BOB_C	Bool	false	No remanente
MOT_BOB_D	Bool	false	No remanente
HMI_DISTANCIA	Real	0.0	No remanente
PULSOS DESPLAZADOS 1.8G	Int	0	No remanente
InOut			
▼ Static			
▼ PASOS	IEC_COUNTER		Remanente
CU	Bool	false	Remanente
CD	Bool	false	Remanente
R	Bool	false	Remanente
LD	Bool	false	Remanente
QU	Bool	false	Remanente
QD	Bool	false	Remanente
PV	Int	0	Remanente
CV	Int	0	Remanente
▼ CONTAR_PULSO	IEC_COUNTER		Remanente
CU	Bool	false	Remanente
CD	Bool	false	Remanente
R	Bool	false	Remanente
LD	Bool	false	Remanente
QU	Bool	false	Remanente
QD	Bool	false	Remanente
PV	Int	0	Remanente
CV	Int	0	Remanente
▼ GEN_PULSOS	IEC_TIMER		No remanente
ST	Time	T#0ms	No remanente
PT	Time	T#0ms	No remanente
ET	Time	T#0ms	No remanente
RU	Bool	false	No remanente
IN	Bool	false	No remanente
Q	Bool	false	No remanente
▼ PULSO_DIST	IEC_COUNTER		Remanente
CU	Bool	false	Remanente
CD	Bool	false	Remanente
R	Bool	false	Remanente
LD	Bool	false	Remanente
QU	Bool	false	Remanente
QD	Bool	false	Remanente
PV	Int	0	Remanente
CV	Int	0	Remanente
▼ PULSO_1.8G	IEC_COUNTER		Remanente
CU	Bool	false	Remanente
CD	Bool	false	Remanente
R	Bool	false	Remanente
LD	Bool	false	Remanente
QU	Bool	false	Remanente
QD	Bool	false	Remanente
PV	Int	0	Remanente
CV	Int	0	Remanente
▼ LLLLLLLLLLLLLL	IEC_COUNTER		Remanente
CU	Bool	false	Remanente
CD	Bool	false	Remanente
R	Bool	false	Remanente
LD	Bool	false	Remanente
QU	Bool	false	Remanente

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia
QD	Bool	false	Remanente
PV	Int	0	Remanente
CV	Int	0	Remanente
▼ Temp			
PASO_1	Bool		
PASO_2	Bool		
PASO_3	Bool		
PASO_4	Bool		
DISTANCIA	Bool		
PASA_CONVERT	Real		
FF	Real		
Constant			

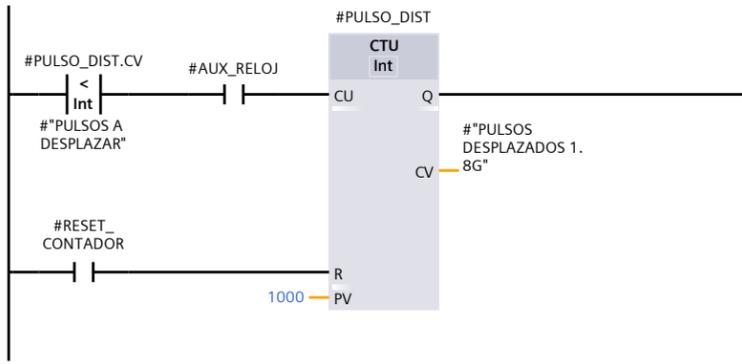
Segmento 1: CONTADOR ADELANTE // ATRAS



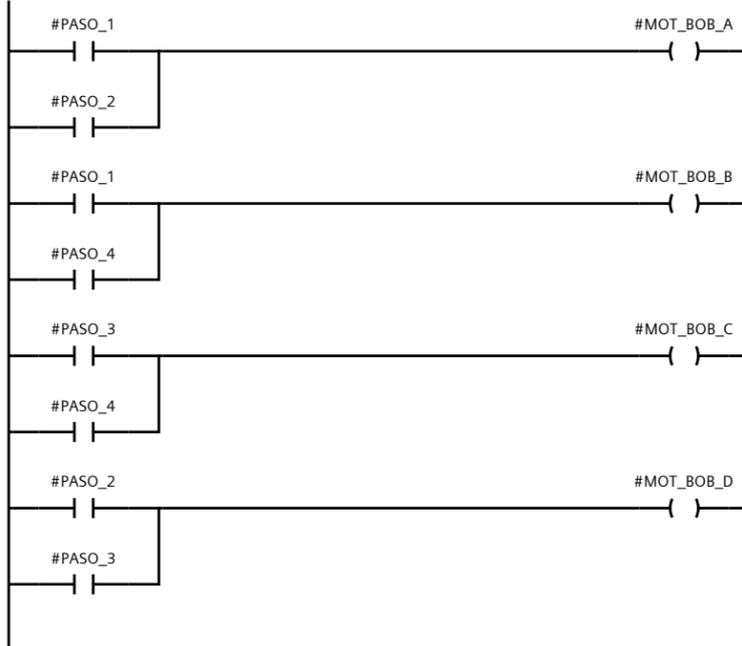
Segmento 2: DESIGNACION DE PASOS



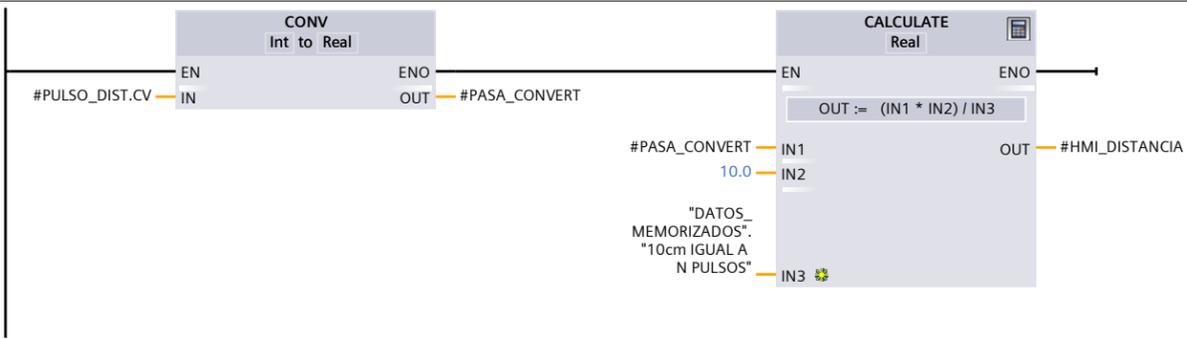
Segmento 3: CONTAR PULSOS EQUIVALENTES A DISTANCIA



Segmento 4: ASIGNACION DE BOBINAS



Segmento 5: HMI DISTANCIA



Segmento 6: RPM



PATO [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa

EJE X1 DB [DB4]

EJE X1 DB Propiedades

General

Nombre	EJE X1 DB	Número	4	Tipo	DB	Idioma	DB
Numeración	automática						

Información

Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Input			
ADELANTE	Bool	false	False
ATRAS	Bool	false	False
START	Bool	false	False
RESET_CONTADOR	Bool	false	False
MICROS	Bool	false	False
PULSOS A DESPLAZAR	Int	0	False
AUX_RELOJ	Bool	false	False
▼ Output			
MOT_BOB_A	Bool	false	False
MOT_BOB_B	Bool	false	False
MOT_BOB_C	Bool	false	False
MOT_BOB_D	Bool	false	False
HMI_DISTANCIA	Real	0.0	False
PULSOS DESPLAZADOS 1.8G	Int	0	False
InOut			
▼ Static			
▼ PASOS	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ CONTAR_PULSO	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ GEN_PULSOS	IEC_TIMER		False
ST	Time	T#0ms	False
PT	Time	T#0ms	False
ET	Time	T#0ms	False
RU	Bool	false	False
IN	Bool	false	False
Q	Bool	false	False
▼ PULSO_DIST	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ PULSO_1.8G	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ LLLLLLLLLLLLLL	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True

PATO [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa

alarmar [DB6]

alarmar Propiedades

General

Nombre	alarmar	Número	6	Tipo	DB	Idioma	DB
---------------	---------	---------------	---	-------------	----	---------------	----

Numeración automática

Información

Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Static			
hmi_x1_micro_izq	Bool	false	False
hmi_x1_micro_der	Bool	false	False
hmi_x2_micro_izq	Bool	false	False
hmi_x2_micro_der	Bool	false	False

PATO [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa

CALCULO DISTANCIA [FC2]

CALCULO DISTANCIA Propiedades

General

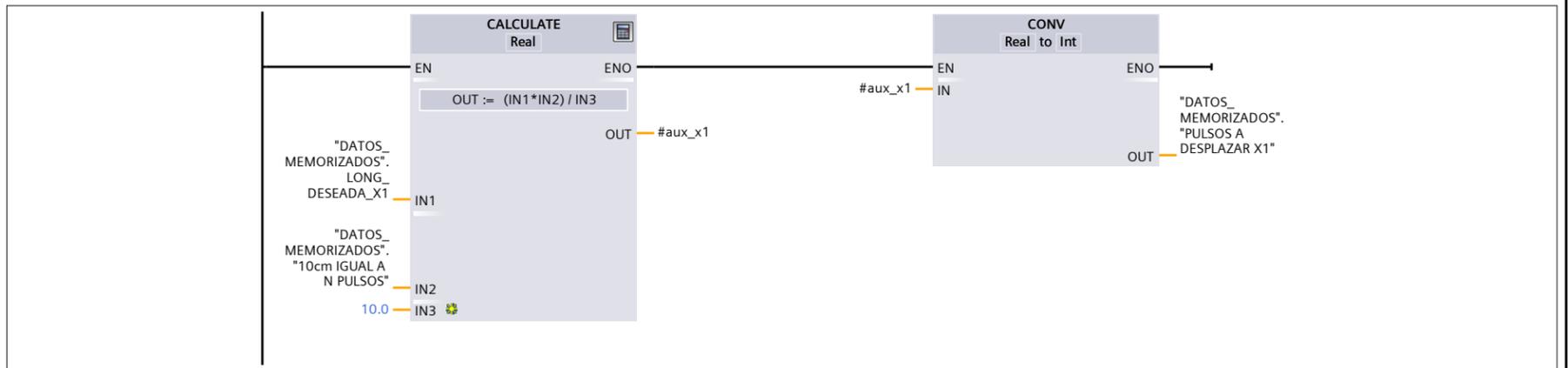
Nombre	CALCULO DISTANCIA	Número	2	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	automática						

Información

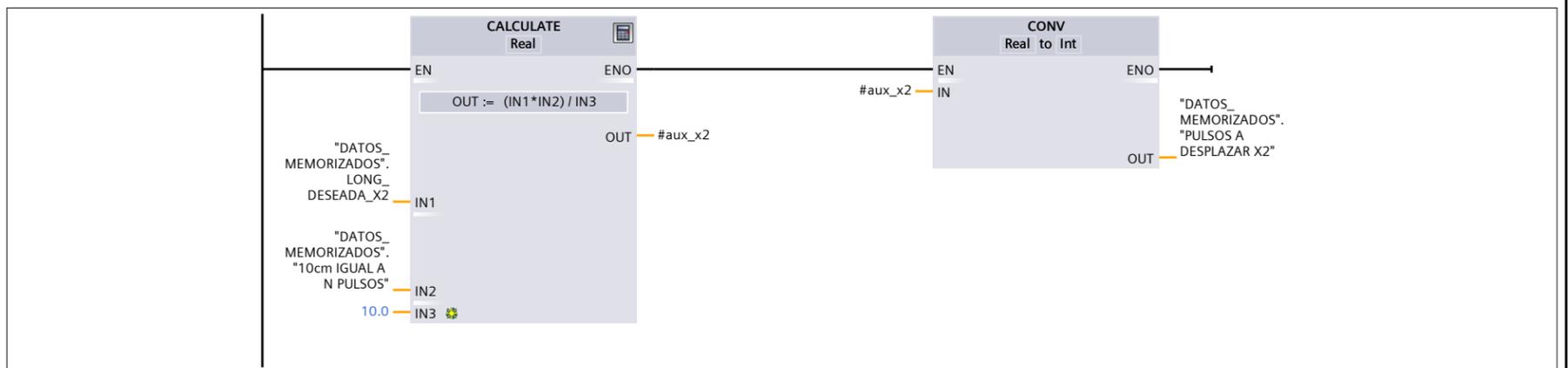
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Output		
InOut		
▼ Temp		
aux_x1	Real	
aux_x2	Real	
aux_y1	Real	
aux_y2	Real	
aux_z1	Real	
Constant		
▼ Return		
CALCULO DISTANCIA	Void	

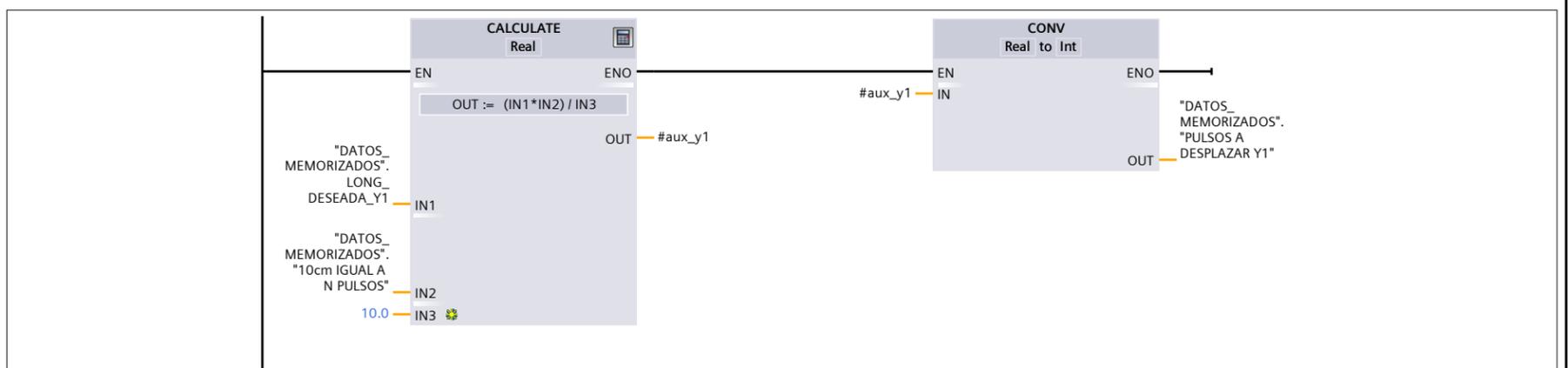
Segmento 1: CALCULO DE DISTANCIA X1



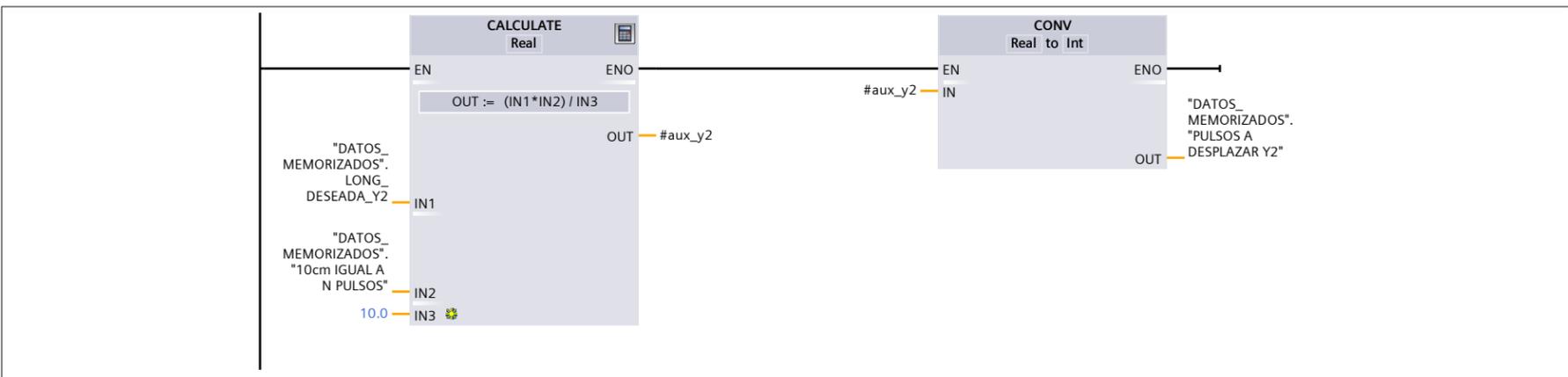
Segmento 2: CALCULO DE DISTANCIA X2



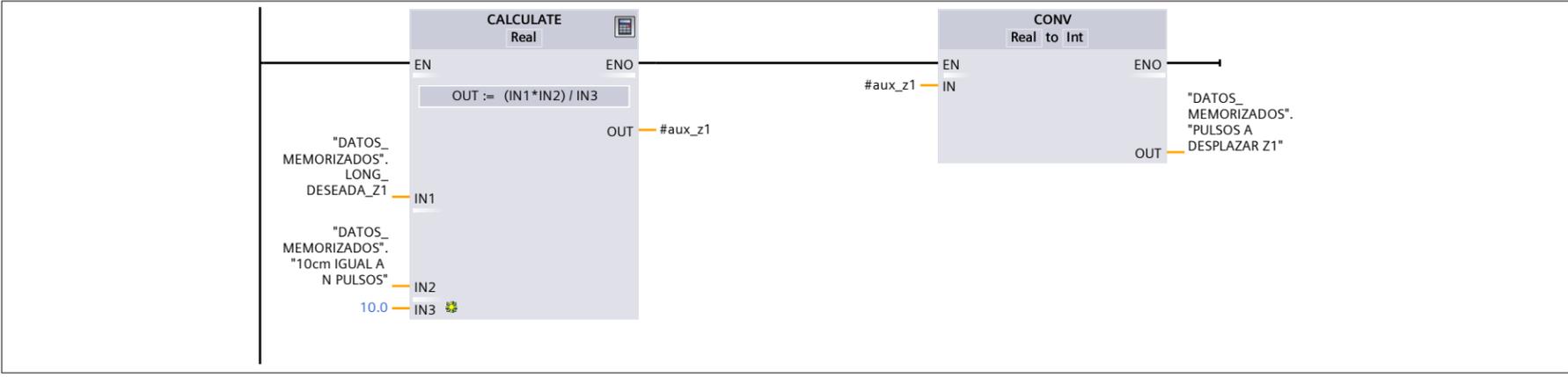
Segmento 3: CALCULO DE DISTANCIA Y1



Segmento 4: CALCULO DE DISTANCIA Y2



Segmento 5: CALCULO DE DISTANCIA Z1



PATO [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa

EJE X2 DB [DB9]

EJE X2 DB Propiedades

General

Nombre	EJE X2 DB	Número	9	Tipo	DB	Idioma	DB
Numeración	automática						

Información

Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Input			
ADELANTE	Bool	false	False
ATRAS	Bool	false	False
START	Bool	false	False
RESET_CONTADOR	Bool	false	False
MICROS	Bool	false	False
PULSOS A DESPLAZAR	Int	0	False
AUX_RELOJ	Bool	false	False
▼ Output			
MOT_BOB_A	Bool	false	False
MOT_BOB_B	Bool	false	False
MOT_BOB_C	Bool	false	False
MOT_BOB_D	Bool	false	False
HMI_DISTANCIA	Real	0.0	False
PULSOS DESPLAZADOS 1.8G	Int	0	False
InOut			
▼ Static			
▼ PASOS	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ CONTAR_PULSO	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ GEN_PULSOS	IEC_TIMER		False
ST	Time	T#0ms	False
PT	Time	T#0ms	False
ET	Time	T#0ms	False
RU	Bool	false	False
IN	Bool	false	False
Q	Bool	false	False
▼ PULSO_DIST	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ PULSO_1.8G	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ LLLLLLLLLLLLLL	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True

PATO [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa

GENERADOR DE PULSOS [FC3]

GENERADOR DE PULSOS Propiedades

General

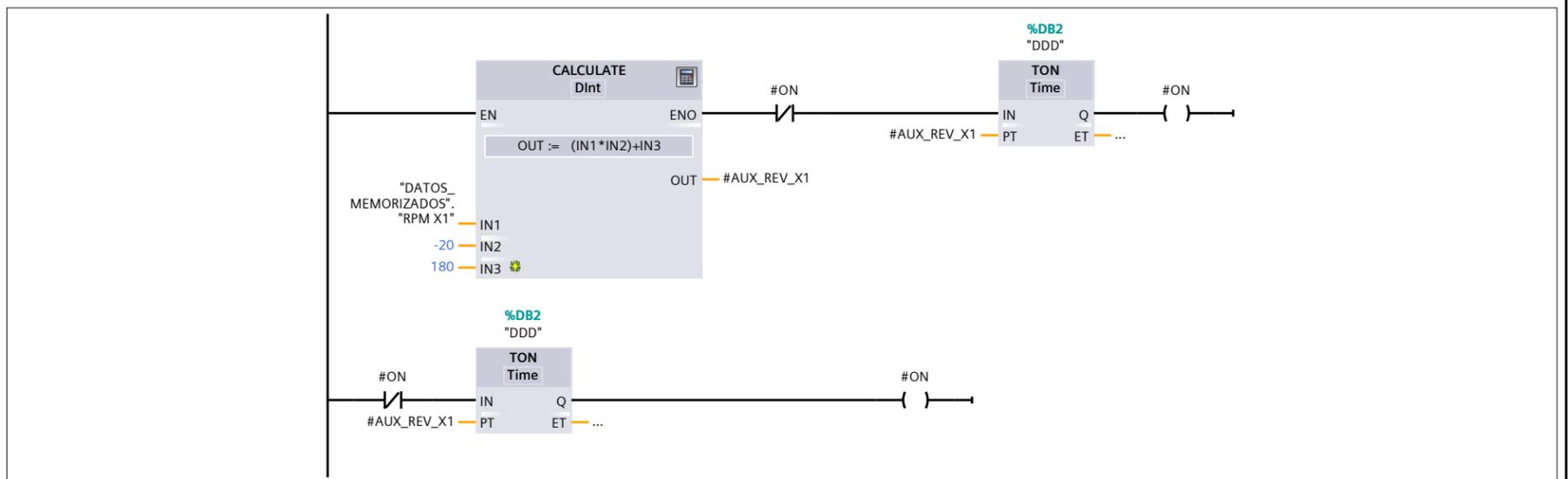
Nombre	GENERADOR DE PULSOS	Número	3	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	automática						

Información

Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

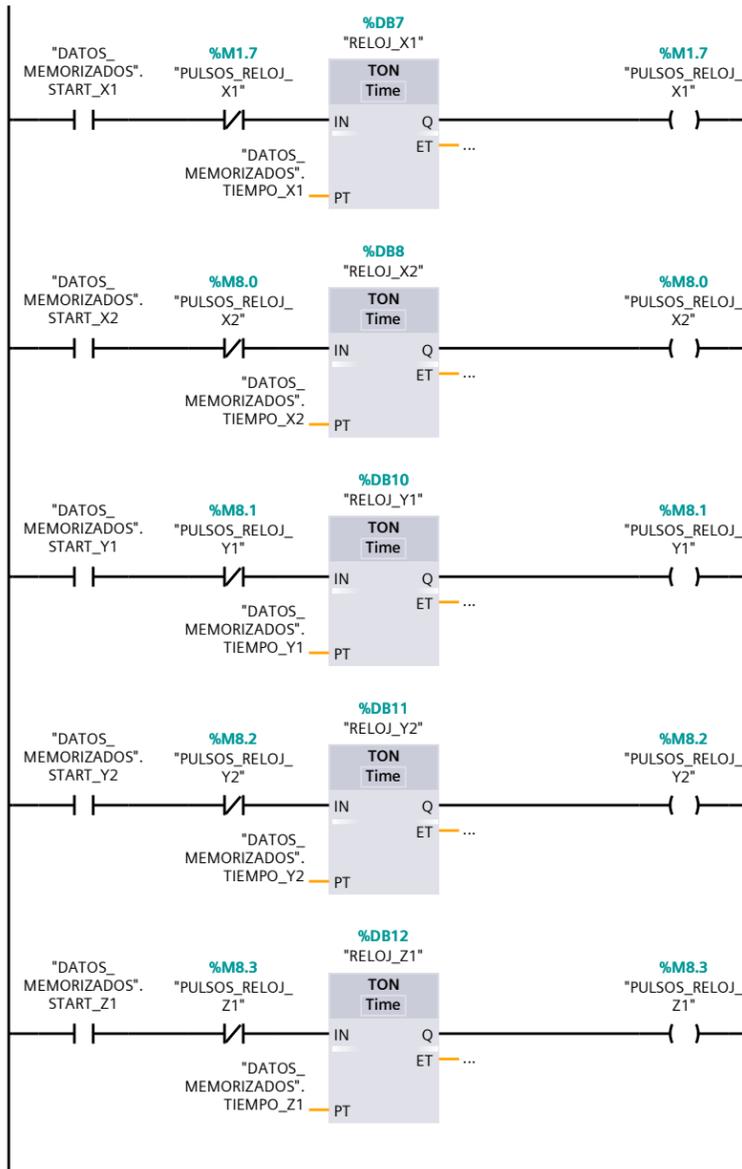
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Output		
InOut		
▼ Temp		
ON	Bool	
PRUEBA_RPM	Bool	
AUX_REV_X1	DWord	
AUX_REV_X2	DWord	
PULSOS_1.8G_TORNAMESA	DInt	
AUX_Z1	Real	
GRADOS RECORRIDOS	Real	
Constant		
▼ Return		
GENERADOR DE PULSOS	Void	

Segmento 1: INGRESO EN RPM Y SACO EN MS PARA DESIGNAR PULSOS

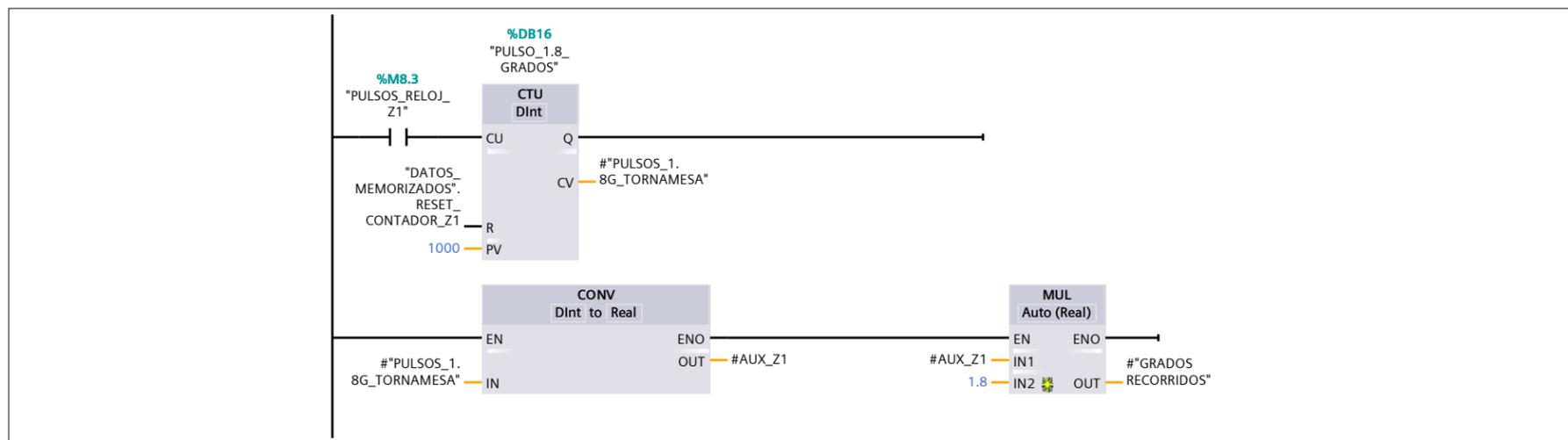


Segmento 2: GENERADOR DE RELOJ EJES X1, X2, Y1, Y2, Z1

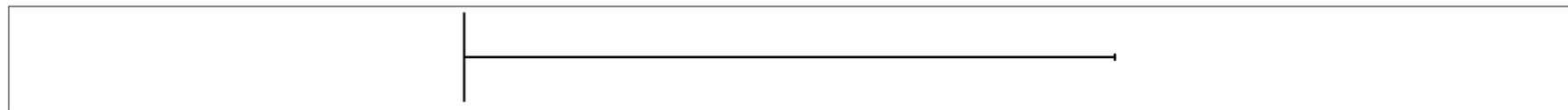
"DATOS_MEMORIZADOS".TIEMPO_X1



Segmento 3: CONTAR GRADOS RRECORRIDOS, CADA PULSO ES 1.8° GRADOS



Segmento 4:



PATO [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa

EJE Y1 [DB1]

EJE Y1 Propiedades

General

Nombre	EJE Y1	Número	1	Tipo	DB	Idioma	DB
Numeración	automática						

Información

Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Input			
ADELANTE	Bool	false	False
ATRAS	Bool	false	False
START	Bool	false	False
RESET_CONTADOR	Bool	false	False
MICROS	Bool	false	False
PULSOS A DESPLAZAR	Int	0	False
AUX_RELOJ	Bool	false	False
▼ Output			
MOT_BOB_A	Bool	false	False
MOT_BOB_B	Bool	false	False
MOT_BOB_C	Bool	false	False
MOT_BOB_D	Bool	false	False
HMI_DISTANCIA	Real	0.0	False
PULSOS DESPLAZADOS 1.8G	Int	0	False
InOut			
▼ Static			
▼ PASOS	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ CONTAR_PULSO	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ GEN_PULSOS	IEC_TIMER		False
ST	Time	T#0ms	False
PT	Time	T#0ms	False
ET	Time	T#0ms	False
RU	Bool	false	False
IN	Bool	false	False
Q	Bool	false	False
▼ PULSO_DIST	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ PULSO_1.8G	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ LLLLLLLLLLLLLL	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True

PATO [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa

EJE Y2 [DB5]

EJE Y2 Propiedades

General

Nombre	EJE Y2	Número	5	Tipo	DB	Idioma	DB
Numeración	automática						

Información

Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Input			
ADELANTE	Bool	false	False
ATRAS	Bool	false	False
START	Bool	false	False
RESET_CONTADOR	Bool	false	False
MICROS	Bool	false	False
PULSOS A DESPLAZAR	Int	0	False
AUX_RELOJ	Bool	false	False
▼ Output			
MOT_BOB_A	Bool	false	False
MOT_BOB_B	Bool	false	False
MOT_BOB_C	Bool	false	False
MOT_BOB_D	Bool	false	False
HMI_DISTANCIA	Real	0.0	False
PULSOS DESPLAZADOS 1.8G	Int	0	False
InOut			
▼ Static			
▼ PASOS	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ CONTAR_PULSO	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ GEN_PULSOS	IEC_TIMER		False
ST	Time	T#0ms	False
PT	Time	T#0ms	False
ET	Time	T#0ms	False
RU	Bool	false	False
IN	Bool	false	False
Q	Bool	false	False
▼ PULSO_DIST	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ PULSO_1.8G	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ LLLLLLLLLLLLLL	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True

PATO [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa

EJE Z1 [DB13]

EJE Z1 Propiedades

General

Nombre	EJE Z1	Número	13	Tipo	DB	Idioma	DB
Numeración	automática						

Información

Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Input			
ADELANTE	Bool	false	False
ATRAS	Bool	false	False
START	Bool	false	False
RESET_CONTADOR	Bool	false	False
MICROS	Bool	false	False
PULSOS A DESPLAZAR	Int	0	False
AUX_RELOJ	Bool	false	False
▼ Output			
MOT_BOB_A	Bool	false	False
MOT_BOB_B	Bool	false	False
MOT_BOB_C	Bool	false	False
MOT_BOB_D	Bool	false	False
HMI_DISTANCIA	Real	0.0	False
PULSOS DESPLAZADOS 1.8G	Int	0	False
InOut			
▼ Static			
▼ PASOS	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ CONTAR_PULSO	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ GEN_PULSOS	IEC_TIMER		False
ST	Time	T#0ms	False
PT	Time	T#0ms	False
ET	Time	T#0ms	False
RU	Bool	false	False
IN	Bool	false	False
Q	Bool	false	False
▼ PULSO_DIST	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ PULSO_1.8G	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True
▼ LLLLLLLLLLLLLL	IEC_COUNTER		True
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True

Anexo 6: Manual de usuario

Información general:

Máquina: Cortadora de poliestireno expandido (EPS)

Año: 2015

La máquina es realizada por las personas responsables del proyecto, ha sido diseñada, implementada, instalada y se ha probado cada sistema requerido para la operación de la misma tales como: sistema mecánico, sistema eléctrico y sistema electrónico.

Para la instalación se requiere disponer de un lugar amplio 4 metros x 4 metros como mínimo y ser un área ventilada.

Considerar que el punto 0,0 de operación se encuentra en el lado de la carrilera 1, el mismo que se indica en la siguiente figura 1:

Figura 1: Punto 0,0 determinado en la máquina para la operación



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Descripción de la máquina

La cortadora de EPS es una máquina automática y consta de los principales componentes:

Bastidor: está construido con perfil industrial de aluminio anodizado Tipo 8 40 x 40mm de dimensiones: 1.40 de ancho x 1.50 de largo y 1.75 de alto, lo que permite ingresar un bloque de EPS de 1 m de ancho por 1.20 m de largo y 1.20 m de alto.

Sistema carrilera de movimiento horizontal: sistema que permite el movimiento en el eje x, se tiene carrilera 1 (X1 y X1.1) y carrilera 2 (X2 y X2.1), caracterizadas por ser independientes entre sí por ende se permite variar la velocidad previo al corte entre carrileras y realizar cortes diagonales.

Sistema carrilera de movimiento vertical: sistema que permite el movimiento en el eje y, se encuentra instalado en la carrilera 1 (Y1) y carrilera 2 (Y2), caracterizadas por ser independientes entre sí por ende se permite variar la velocidad previo al corte entre carrileras y realizar cortes diagonales.

Sistema tornamesa: sistema que permite al bloque EPS rotar n grados con el objeto de formar objetos en bloque.

Principio de funcionamiento

Para el corte del poliestireno expandido se debe seguir los siguientes pasos:

1. Verificar que el alambre de corte no esté instalado en el sistema de corte.
2. Encender la computadora y abrir la simulación del TIA Portal V13.0
3. Colocar la máquina en el punto 0,0 de operación
4. Colocar el alambre de corte con los respectivos resortes
5. Verificar que el dimmer este en off
6. Encender el tablero de control
7. Encender el dimmer
8. Encontrar la temperatura de corte deseada con pruebas rápidas de corte
9. Comprobar que el programa este reseteado, es decir todos los parámetros en cero.
10. Establecer las coordenadas de corte en cm de los elementos a fabricarse tanto para el eje x como el eje y, para cortes diagonales se moverán simultáneamente las carrileras X y Y
11. Setear la frecuencia de pulso a 30 ms
12. Colocar el material de corte es decir el poliestireno expandido tomando en cuenta que durante la operación no haya trabamiento de los cables como la materia prima.
13. Finalizado el corte apagar el dimmer
14. Retirar el producto final
15. Limpiar los desperdicios
16. Sacar el alambre del sistema de corte.

Ejemplo de operación:

Corte de bloque de poliestireno expandido de medidas de 26cm de largo x 21cm de ancho x 10 cm de alto.

- 1.- Cumplir con los pasos de principio de funcionamiento de 1 al 9 indicados en la página anterior.
- 2.- Posicionamiento de materia prima en bastidor tomando como referencia las aristas del bastidor.
- 3.- Elevar el alambre de corte sobre la materia prima a cortar, eje y sube 15cm. Ver figura 2

Figura 2: Posicionamiento de materia prima y alambre de corte



- 4.- Alinear materia prima con alambre de corte
- 5.- En ventana de eje x setear 26 cm a la derecha y arrancar, eje y se mantiene en 0
- 6.- Una vez que ha finalizado el recorrido del eje x le reseteo y en ventana de eje y setear 15 cm en dirección -y.

Figura 3: Corte



7.- Retirar el material excedente.

8.- En ventaja y subir 15cm el alambre de corte.

9.-El elemento cortado se gira 90 grados y nuevamente se toma con referencia los perfiles del bastidor y el alambre de corte, ver figura 4

Figura 4: Corte



10.- En ventaja y bajar 15cm el alambre de corte, ver figura 5:

Figura 5: Corte



11.- Retirar el producto final. Ver figura 6:

Figura 6: Producto final



Control, dispositivos de seguridad, panel de operador

No se recomienda el empleo mayor de 2 hilos de corte, debido a que la tensión requerida no generaría el suficiente calor para el corte del poliestireno.

La tensión de los resortes no deben superar los ≈ 1.6 Kgf (25.1 N) de tensión debido que la acción de la temperatura debilita el alambre, disminuyendo la vida útil de trabajo.

Verificar que el sistema de tornamesa este centrado en la máquina y que no sobrepase de 25 Kg de masa para evitar el sobreesfuerzo del motor paso a paso.

Observaciones preliminares

Considérese los siguientes riesgos:

- Antes de iniciar la operación se debe chequear los dispositivos de seguridad.
- No se debe desactivar las seguridades
- Observar signos que indiquen anomalías
- Leer el manual de configuración y entender el manual de operación.

Dispositivos eléctricos de control

Ventana para el control del eje x:



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Ventana para el control del eje y:

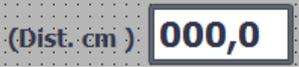


Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Ventana para el control del sistema de la tornamesa:



Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

	Permite seleccionar la dirección: Dirección derecha o izquierda para el eje x. Dirección arriba o abajo en el eje y
	Permite seleccionar arranque o paro del eje seleccionado
	Permite resetear los parámetros memorizados y volver a cero
	Permite visualizar el avance mientras está en funcionamiento.
	Permite ingresar el tiempo que en el cual debe ejecutarse el recorrido
	Permite ingresar distancia a recorrer el eje en centímetros.

Elaborado por: Jenny Játiva, Klever Collaguazo

Limpieza

Es necesario limpiar bases de madera y las rieles del perfil donde hay recorrido.

Se recomienda que los soportes, ganchos de resortes y el mismo resorte se mantengan limpios antes de iniciar la operación diaria de la máquina para ello puede utilizar lija número 220 o también un poco alcohol con esto se garantizará un adecuado contacto de los sistemas de la máquina sin vibración y por ende un corte con calidad.

El hilo de nicromo deber ser limpiado con una lija fina 220 – 400, para remover posibles residuos del poliestireno y evitar posibles problemas en el corte.

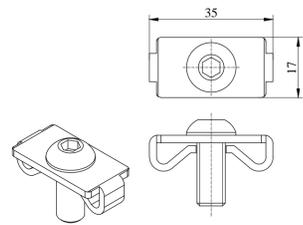
Mantenimiento

El objetivo de realizar mantenimiento es para garantizar la seguridad operacional, incrementar la vida útil de la máquina y reducir tiempos de parada.

Tanto la limpieza como el mantenimiento se debe realizar cuando la máquina este apagada o fuera de funcionamiento.

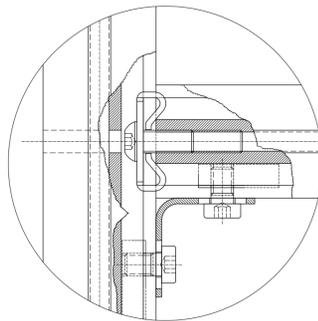
Se recomienda el cambio de hilo metálico por lo menos 1 vez al mes para garantizar el adecuado corte de la materia prima.

PLANOS

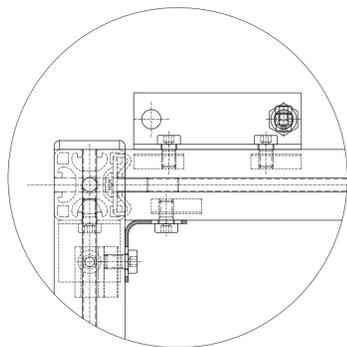


Fijación de normas set 8
Escala 1:1

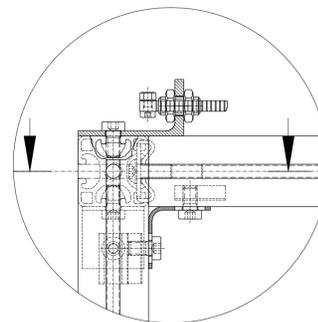
DETALLE S-S (4:1)



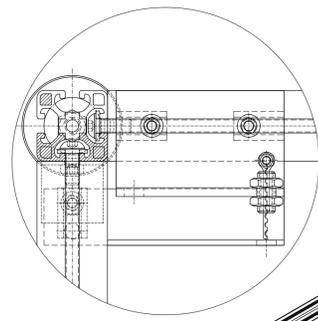
DETALLE T-T (2.5:1)



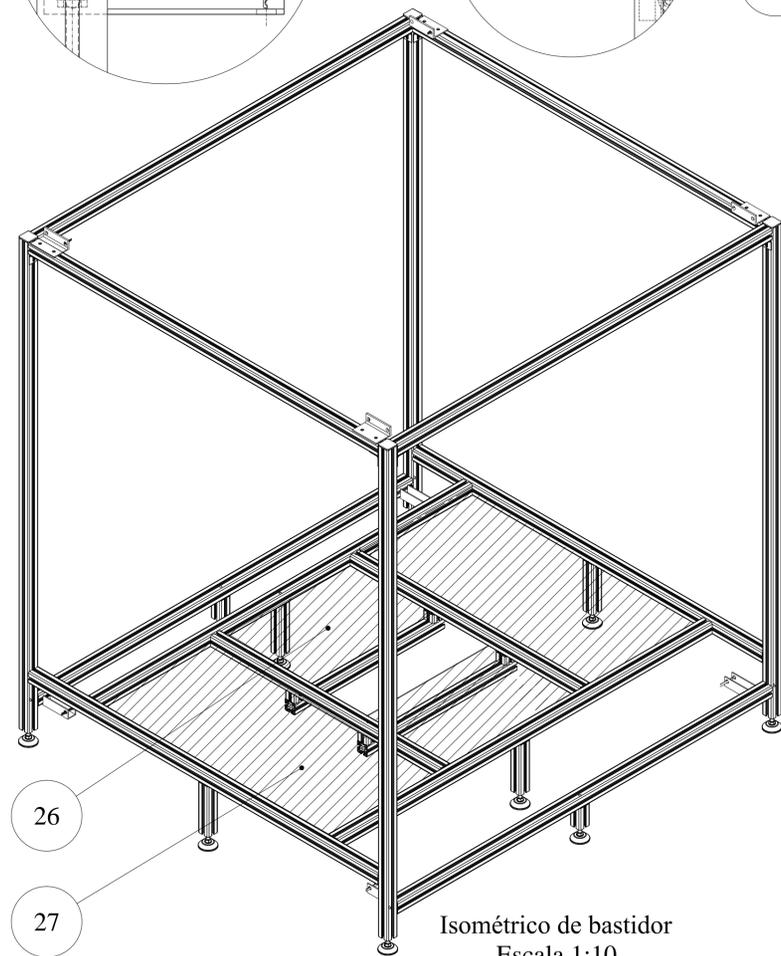
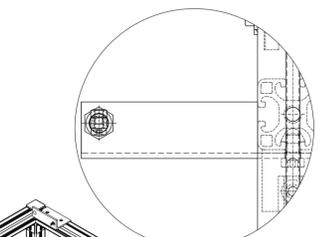
DETALLE U-U (2.5:1)



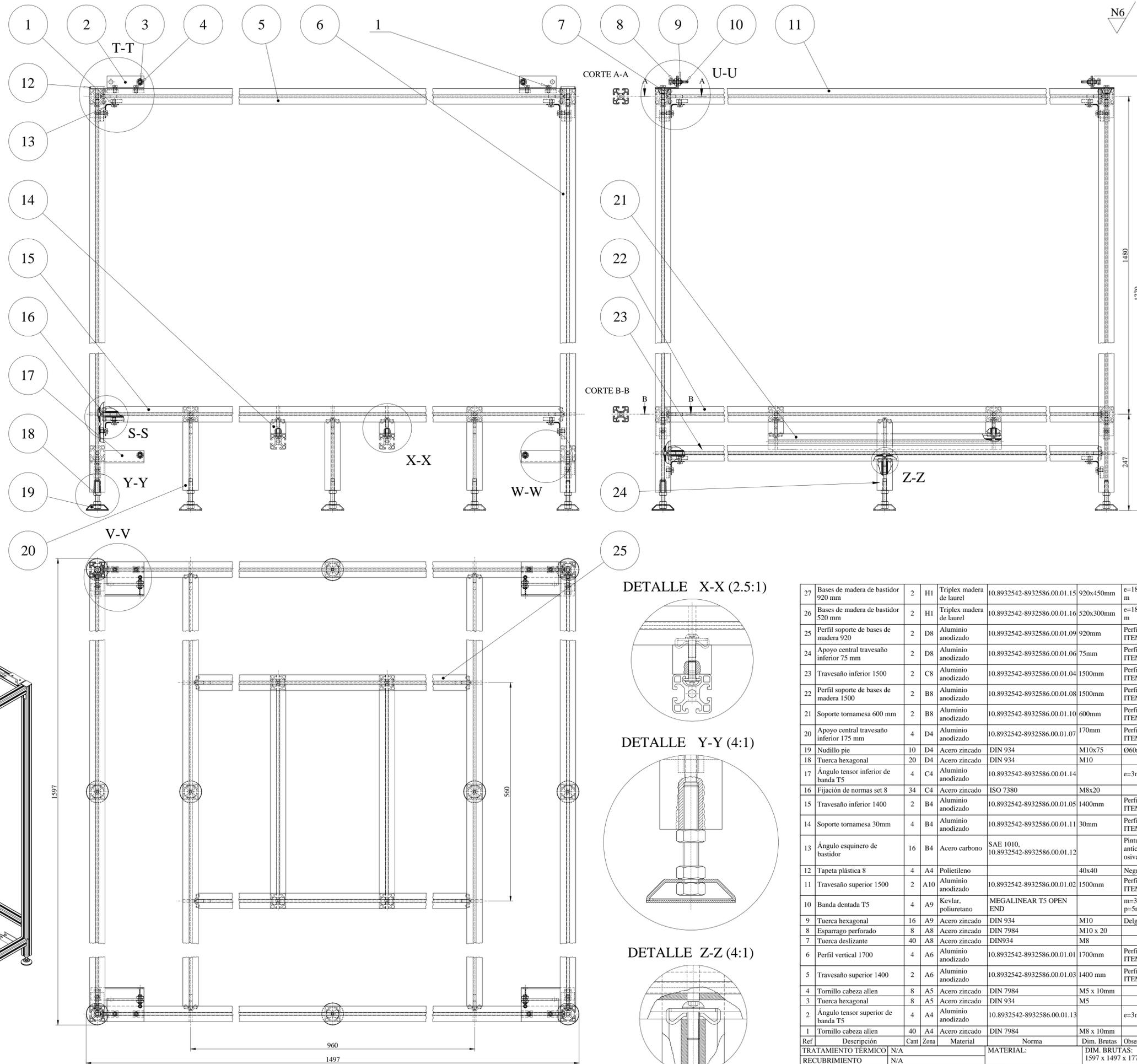
DETALLE V-V (2.5:1)



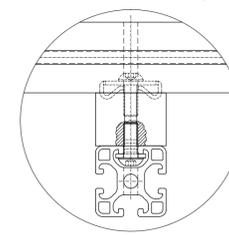
DETALLE W-W (2.5:1)



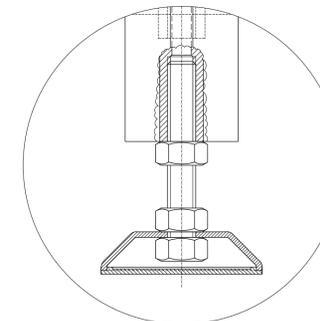
Isométrico de bastidor
Escala 1:10



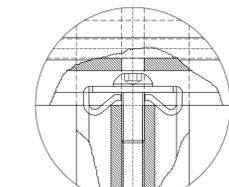
DETALLE X-X (2.5:1)



DETALLE Y-Y (4:1)



DETALLE Z-Z (4:1)

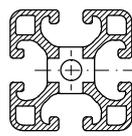


NOTA:
- Peso específico por longitud ≈ 1.74 Kg/m
- Peso total ≈ 50 Kg
- Ref 11 y 23, actúan como pistas de rodaje, mantener limpieza periódica

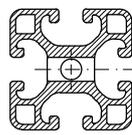
27	Bases de madera de bastidor 920 mm	2	H1	Triplex madera de laurel	10.8932542-8932586.00.01.15	920x450mm	e=18mm
26	Bases de madera de bastidor 520 mm	2	H1	Triplex madera de laurel	10.8932542-8932586.00.01.16	520x300mm	e=18mm
25	Perfil soporte de bases de madera 920	2	D8	Aluminio anodizado	10.8932542-8932586.00.01.09	920mm	Perfiles ITEM
24	Apoyo central travesaño inferior 75 mm	2	D8	Aluminio anodizado	10.8932542-8932586.00.01.06	75mm	Perfiles ITEM
23	Travesaño inferior 1500	2	C8	Aluminio anodizado	10.8932542-8932586.00.01.04	1500mm	Perfiles ITEM
22	Perfil soporte de bases de madera 1500	2	B8	Aluminio anodizado	10.8932542-8932586.00.01.08	1500mm	Perfiles ITEM
21	Soporte tornamesa 600 mm	2	B8	Aluminio anodizado	10.8932542-8932586.00.01.10	600mm	Perfiles ITEM
20	Apoyo central travesaño inferior 175 mm	4	D4	Aluminio anodizado	10.8932542-8932586.00.01.07	170mm	Perfiles ITEM
19	Nudillo pie	10	D4	Acero zincado	DIN 934	M10x75	O60mm
18	Tuerca hexagonal	20	D4	Acero zincado	DIN 934	M10	
17	Ángulo tensor inferior de banda T5	4	C4	Aluminio anodizado	10.8932542-8932586.00.01.14		e=3mm
16	Fijación de normas set 8	34	C4	Acero zincado	ISO 7380	M8x20	
15	Travesaño inferior 1400	2	B4	Aluminio anodizado	10.8932542-8932586.00.01.05	1400mm	Perfiles ITEM
14	Soporte tornamesa 30mm	4	B4	Aluminio anodizado	10.8932542-8932586.00.01.11	30mm	Perfiles ITEM
13	Ángulo esquinero de bastidor	16	B4	Acero carbono	SAE 1010, 10.8932542-8932586.00.01.12		Pintura anticorr osiva
12	Tapeta plástica 8	4	A4	Poliuretano		40x40	Negro
11	Travesaño superior 1500	2	A10	Aluminio anodizado	10.8932542-8932586.00.01.02	1500mm	Perfiles ITEM
10	Banda dentada T5	4	A9	Kevlar, poliuretano	MEGALINEAR T5 OPEN END		m=3, p=5mm
9	Tuerca hexagonal	16	A9	Acero zincado	DIN 934	M10	
8	Esparrago perforado	8	A8	Acero zincado	DIN 7984	M10 x 20	Delgada
7	Tuerca deslizante	40	A8	Acero zincado	DIN934	M8	
6	Perfil vertical 1700	4	A6	Aluminio anodizado	10.8932542-8932586.00.01.01	1700mm	Perfiles ITEM
5	Travesaño superior 1400	2	A6	Aluminio anodizado	10.8932542-8932586.00.01.03	1400 mm	Perfiles ITEM
4	Tornillo cabeza allen	8	A5	Acero zincado	DIN 7984	M5 x 10mm	
3	Tuerca hexagonal	8	A5	Acero zincado	DIN 934	M5	
2	Ángulo tensor superior de banda T5	4	A4	Aluminio anodizado	10.8932542-8932586.00.01.13		e=3mm
1	Tornillo cabeza allen	40	A4	Acero zincado	DIN 7984	M8 x 10mm	
Ref	Descripción	Cant	Zona	Material	Norma	Dim. Brutas	Observac.
TRATAMIENTO TÉRMICO					N/A	MATERIAL:	
RECUBRIMIENTO					N/A	DIM. BRUTAS: 1597 x 1497 x 1779 mm	

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS	DIB. F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
CONTIENE: Bastidor			ESCALA: 1:5	DIS. F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
			REV. Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
			CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.01	TOL. GRAL. ±0.5

CORTE A-A

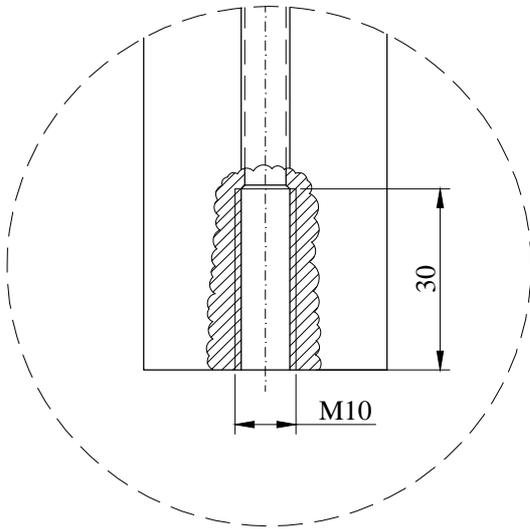


CORTE B-B

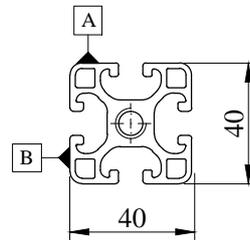
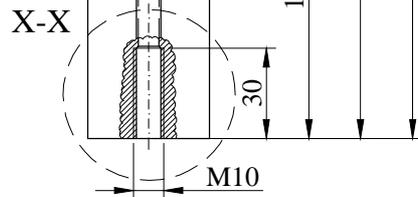


4 x Ø 8

DETALLE X-X

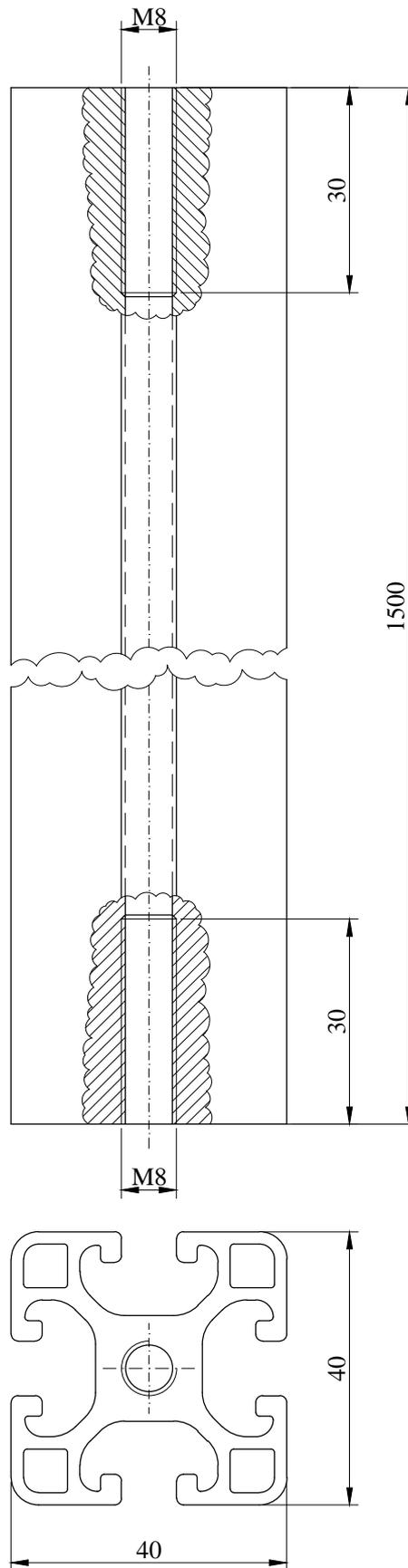


Escala: 2:1



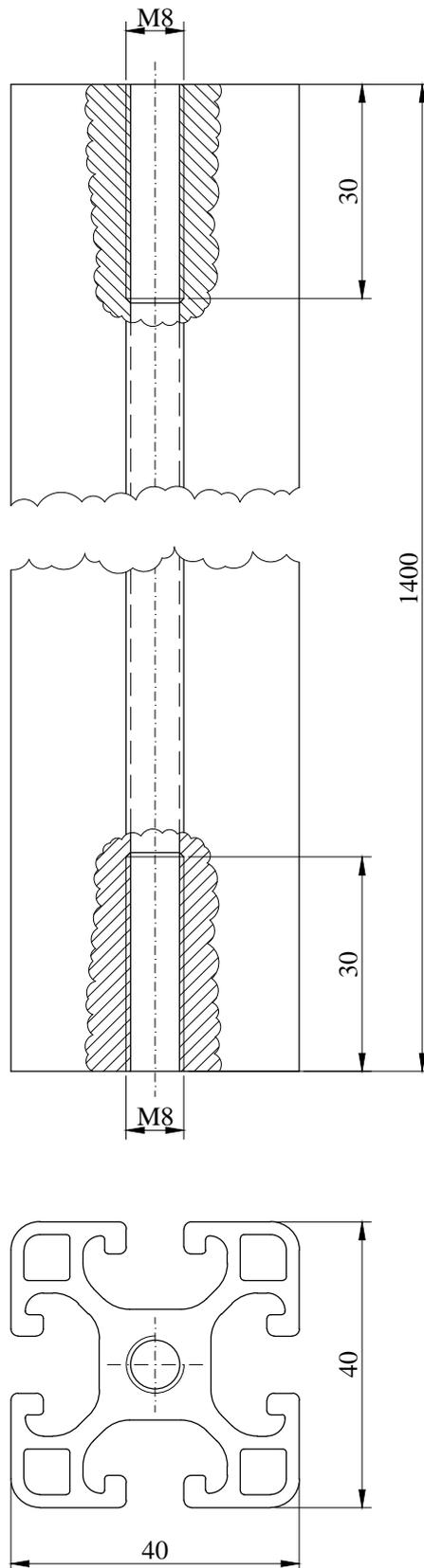
Nota: ver anexo 4, para detalles dimensionales

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio extruido, Al Mg Si 0.5 F 25		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Perfil vertical 1700	ESCALA: 1:2.5	CÓDIGO:	10.8932542-8932586.00.01.01	TOL. GRAL ±0.5



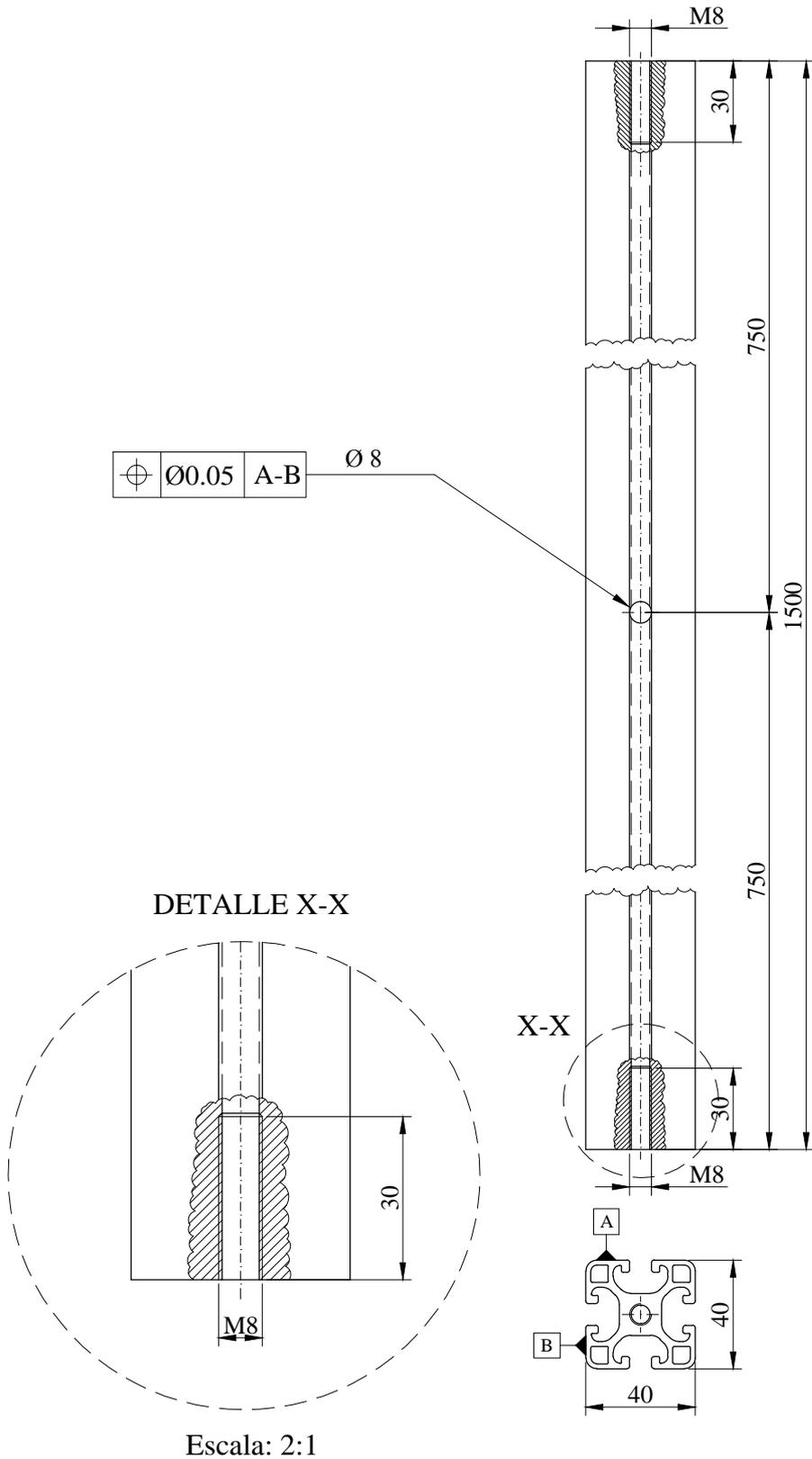
Nota: ver anexo 4, para detalles dimensionales

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio extruido, Al Mg Si 0.5 F 25		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Travesaño superior 1500	ESCALA: 1:1	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.01.02	TOL. GRAL ±0.5	



Nota: ver anexo 4, para detalles dimensionales

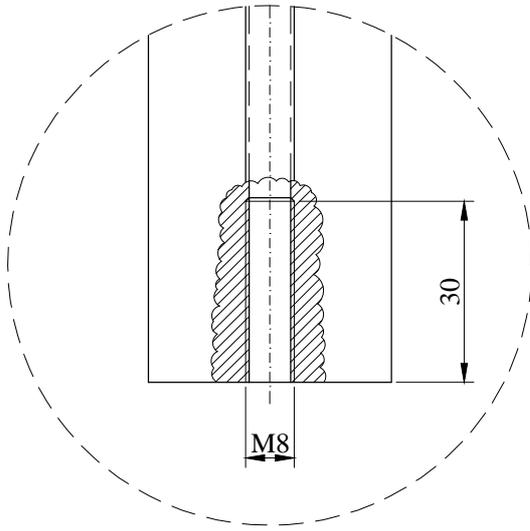
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio extruido, Al Mg Si 0.5 F 25		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Travesaño superior 1400	ESCALA: 1:1	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.01.03	TOL. GRAL ±0.5	



Nota: ver anexo 4, para detalles dimensionales

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio extruido, Al Mg Si 0.5 F 25		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Travesaño inferior 1500	ESCALA: 1:2.5	CÓDIGO:	10.8932542-8932586.00.01.04	TOL. GRAL ± 0.5

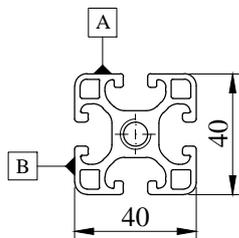
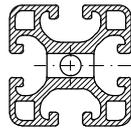
DETALLE X-X



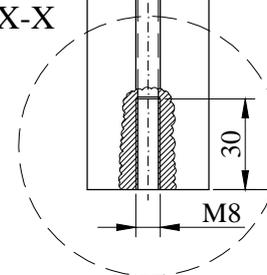
Escala: 2:1

⊕ Ø0.05 A-B 3 x Ø 8

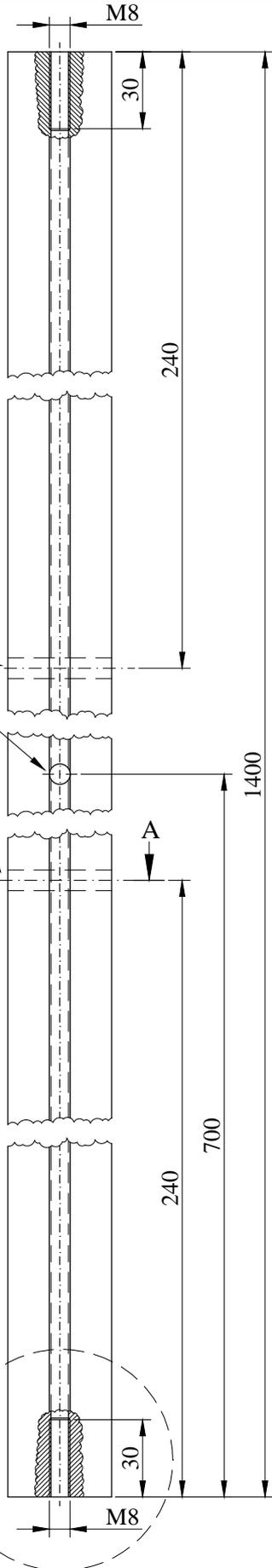
CORTE A-A



X-X

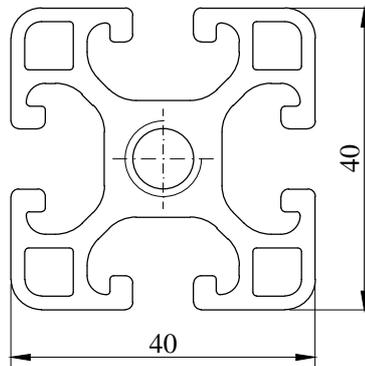
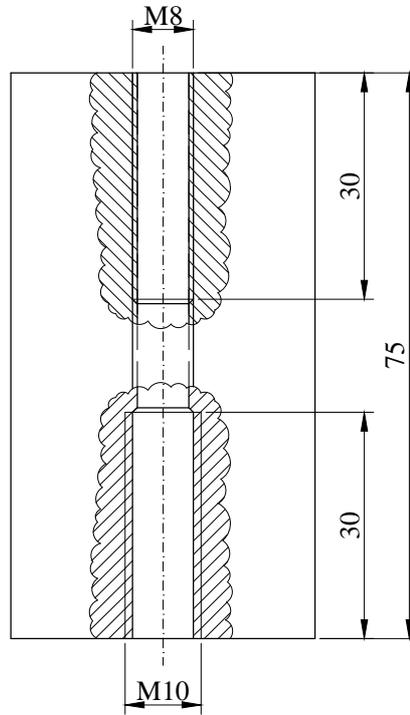


N6



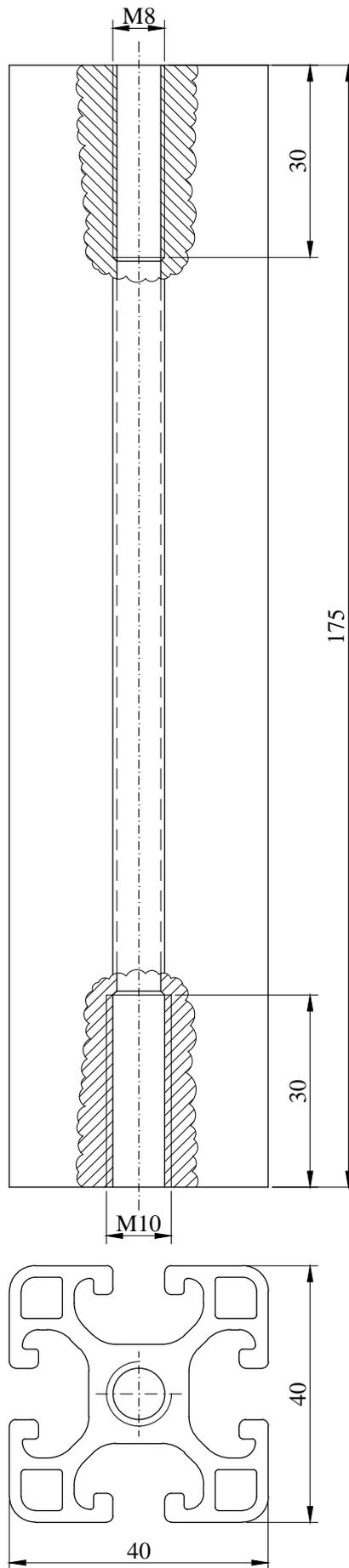
Nota: ver anexo 4, para detalles dimensionales

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio extruido, Al Mg Si 0.5 F 25		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Travesaño inferior 1400	ESCALA: 1:2.5	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.01.05	TOL. GRAL ±0.5	



Nota: ver anexo 4, para detalles dimensionales

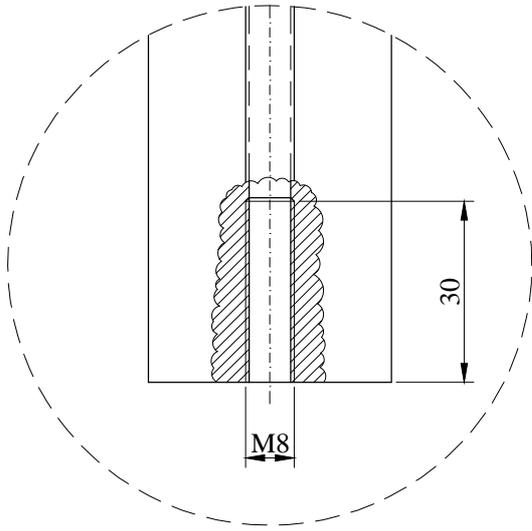
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio extruido, Al Mg Si 0.5 F 25		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Apoyo central travesaño inferior 75 mm	ESCALA: 1:1	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.01.06	TOL. GRAL ±0.5	



Nota: ver anexo 4, para detalles dimensionales

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio extruido, Al Mg Si 0.5 F 25		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE:	ESCALA:	CÓDIGO:	TOL. GRAL	
Apoyo central travesaño inferior 175 mm	1:1	10.8932542-8932586.00.01.07	±0.5	

DETALLE X-X

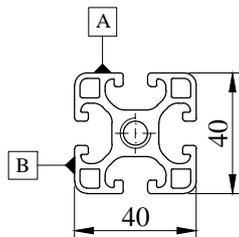
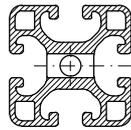


Escala: 2:1

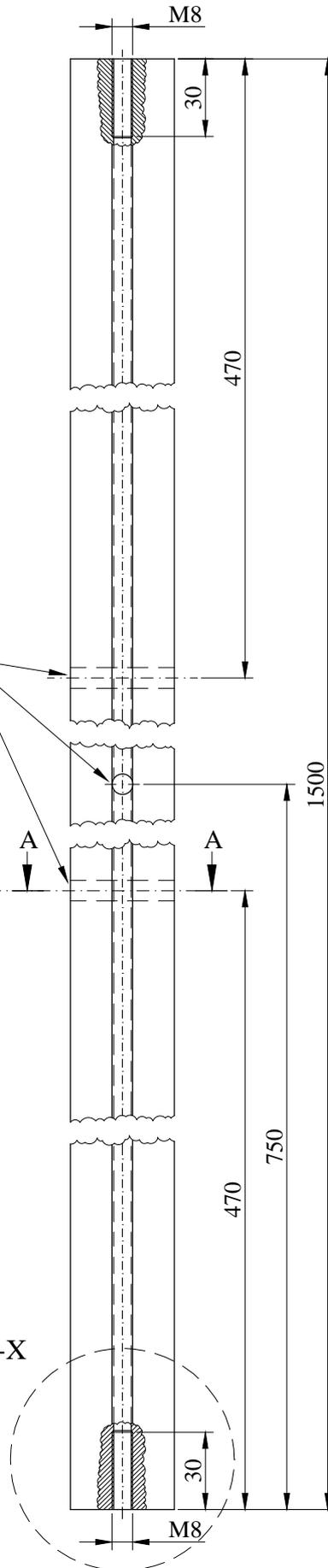
N6

3 x Ø 8

CORTE A-A



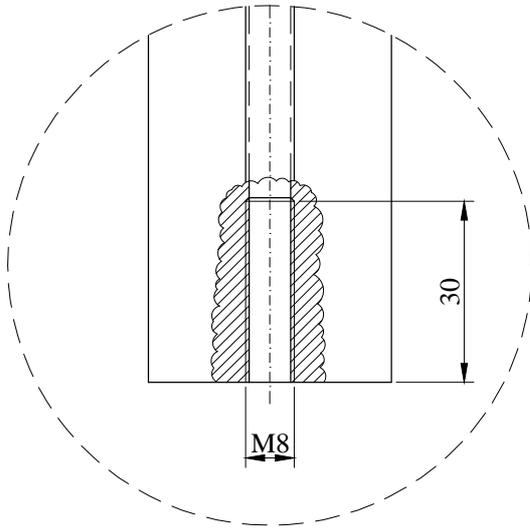
X-X



Nota: ver anexo 4, para detalles dimensionales

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio extruido, Al Mg Si 0.5 F 25		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Perfil soporte de bases de madera 1500	ESCALA: 1:2.5	CÓDIGO:	10.8932542-8932586.00.01.08	TOL. GRAL ±0.5

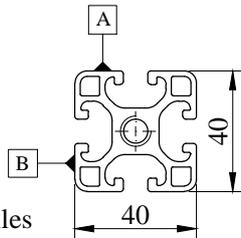
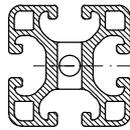
DETALLE X-X



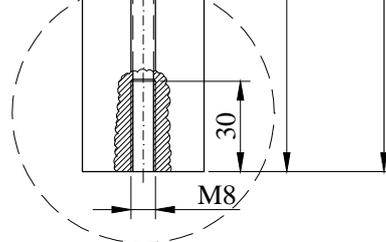
Escala: 2:1

⊕ Ø0.05 A-B 2 x Ø 8

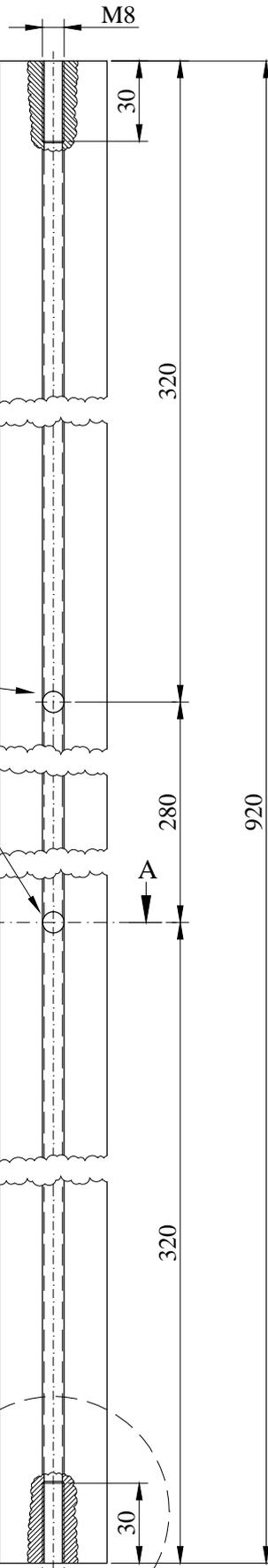
CORTE A-A



X-X



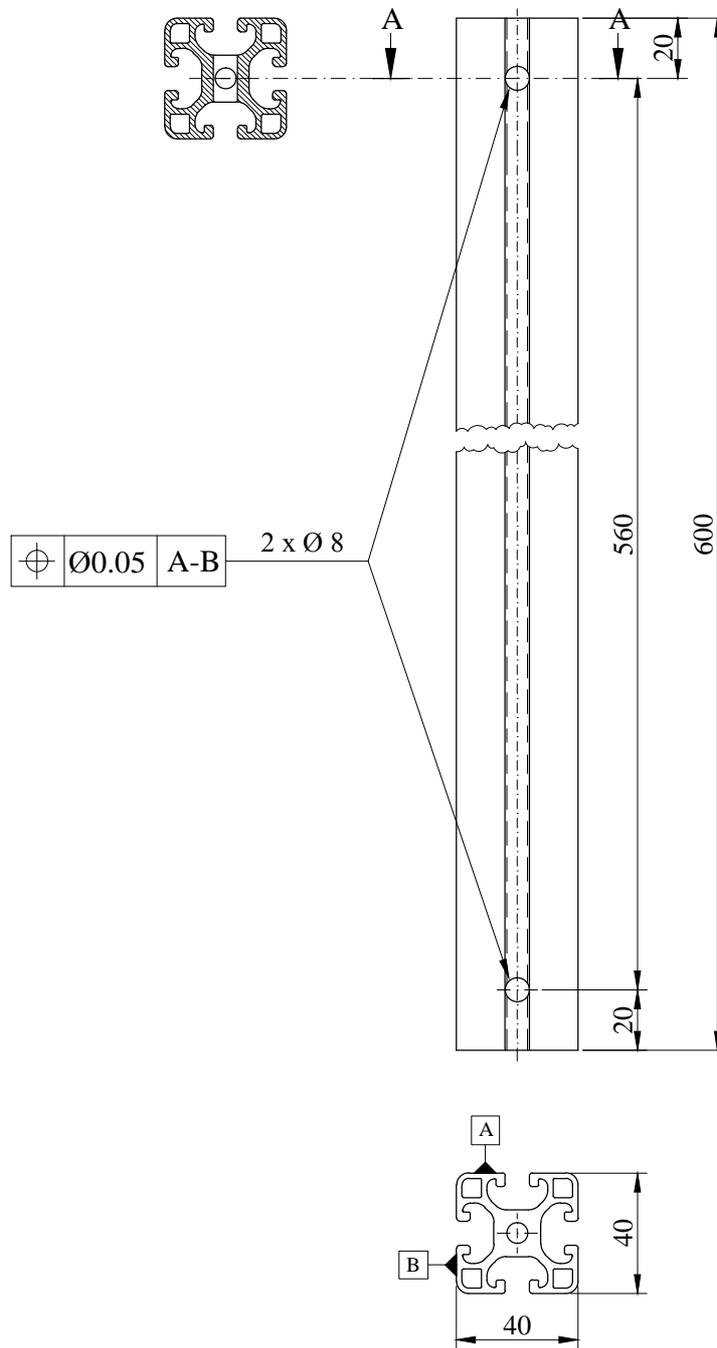
N6



Nota: ver anexo 4, para detalles dimensionales

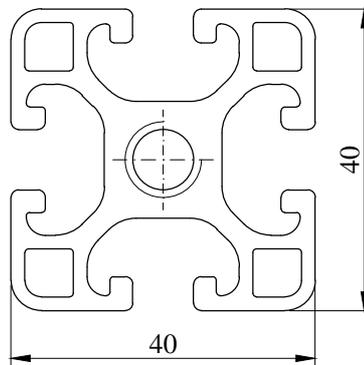
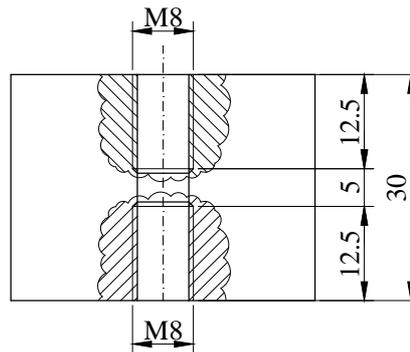
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio extruido, Al Mg Si 0.5 F 25		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Perfil soporte de bases de madera 920	ESCALA: 1:2.5	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.01.09	TOL. GRAL ±0.5	

CORTE A-A



Nota: ver anexo 4, para detalles dimensionales

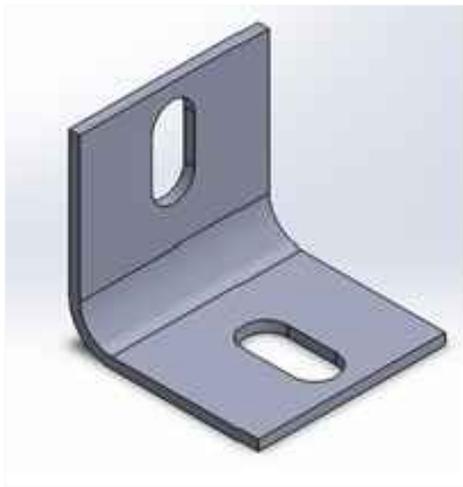
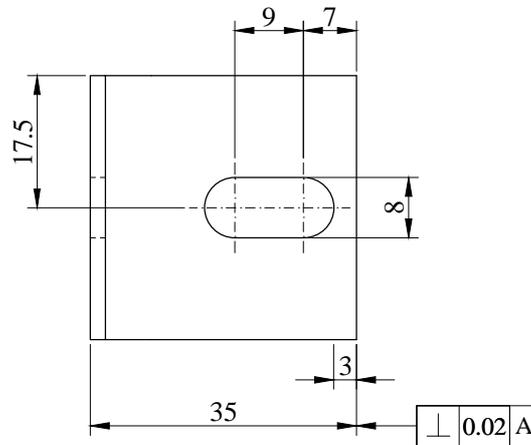
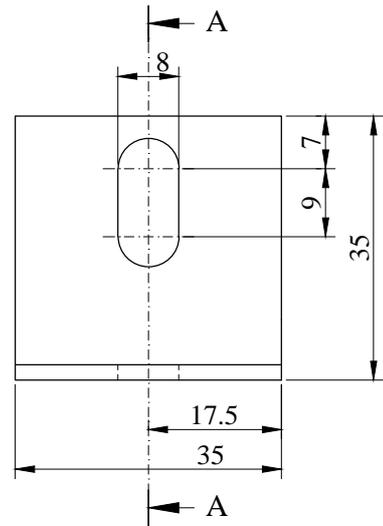
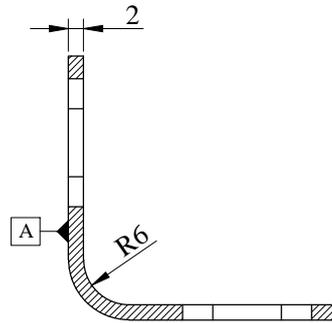
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio extruido, Al Mg Si 0.5 F 25		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Soporte tornamesa 600 mm	ESCALA: 1:2.5	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.01.10	TOL. GRAL ±0.5	



Nota: ver anexo 4, para detalles dimensionales

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio extruido, Al Mg Si 0.5 F 25		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Soporte tornamesa 30 mm	ESCALA: 1:1	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.01.11	TOL. GRAL ±0.5	

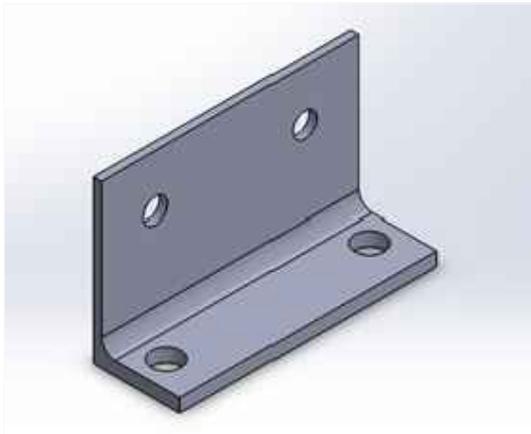
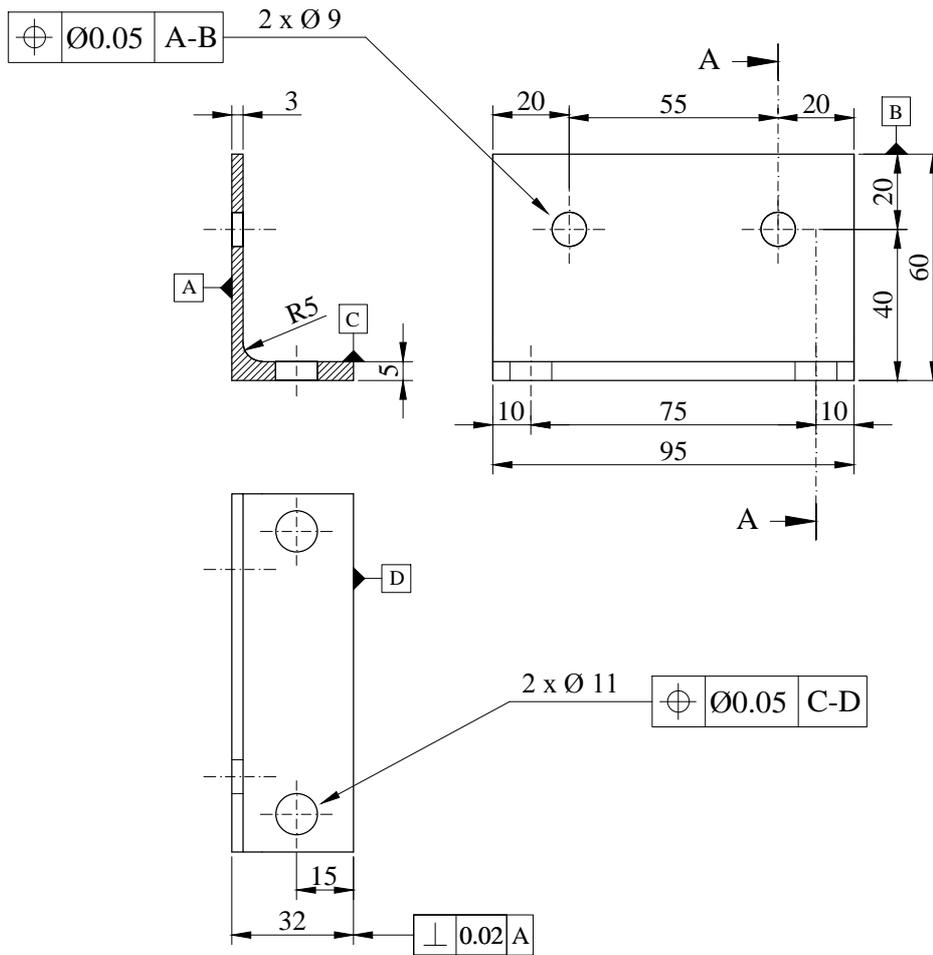
SECCIÓN A-A



Escala 1:1

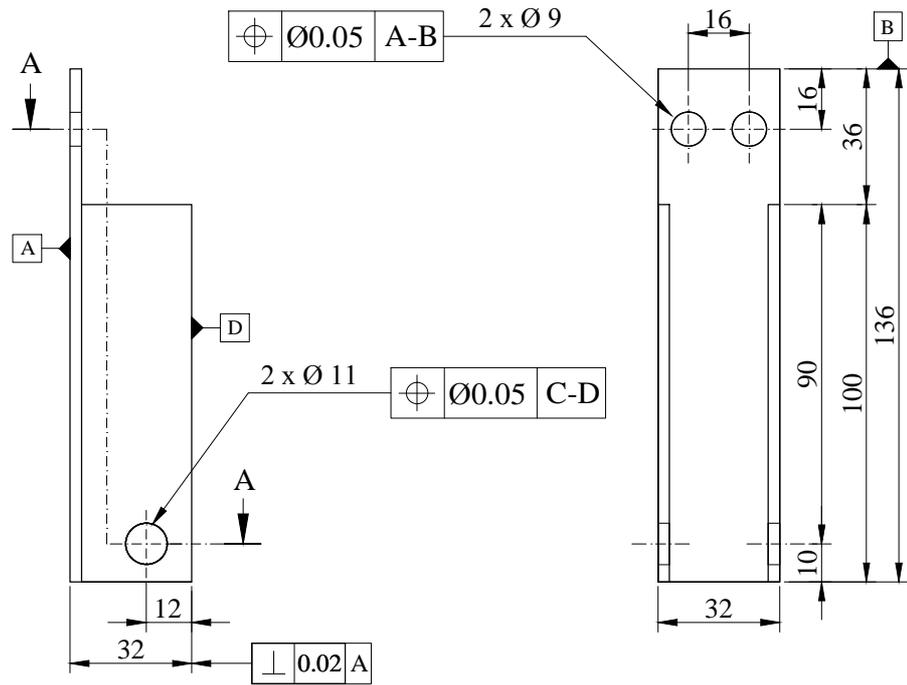
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	Pintura anticorrosiva	Acero SAE 1010			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015	
CONTIENE:	ESCALA:	CÓDIGO:	TOL. GRAL		
Ángulo esquinero de bastidor	1:1	10.8932542-8932586.00.01.12	±0.5		

CORTE A-A

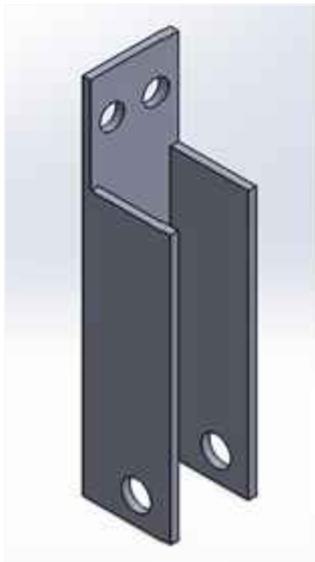
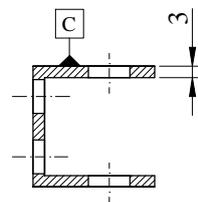


Escala 1:2

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015	
CONTIENE: Ángulo tensor superior de banda T5	ESCALA: 1:2 no normalizada	CÓDIGO:	10.8932542-8932586.00.01.13	TOL. GRAL	±0.5

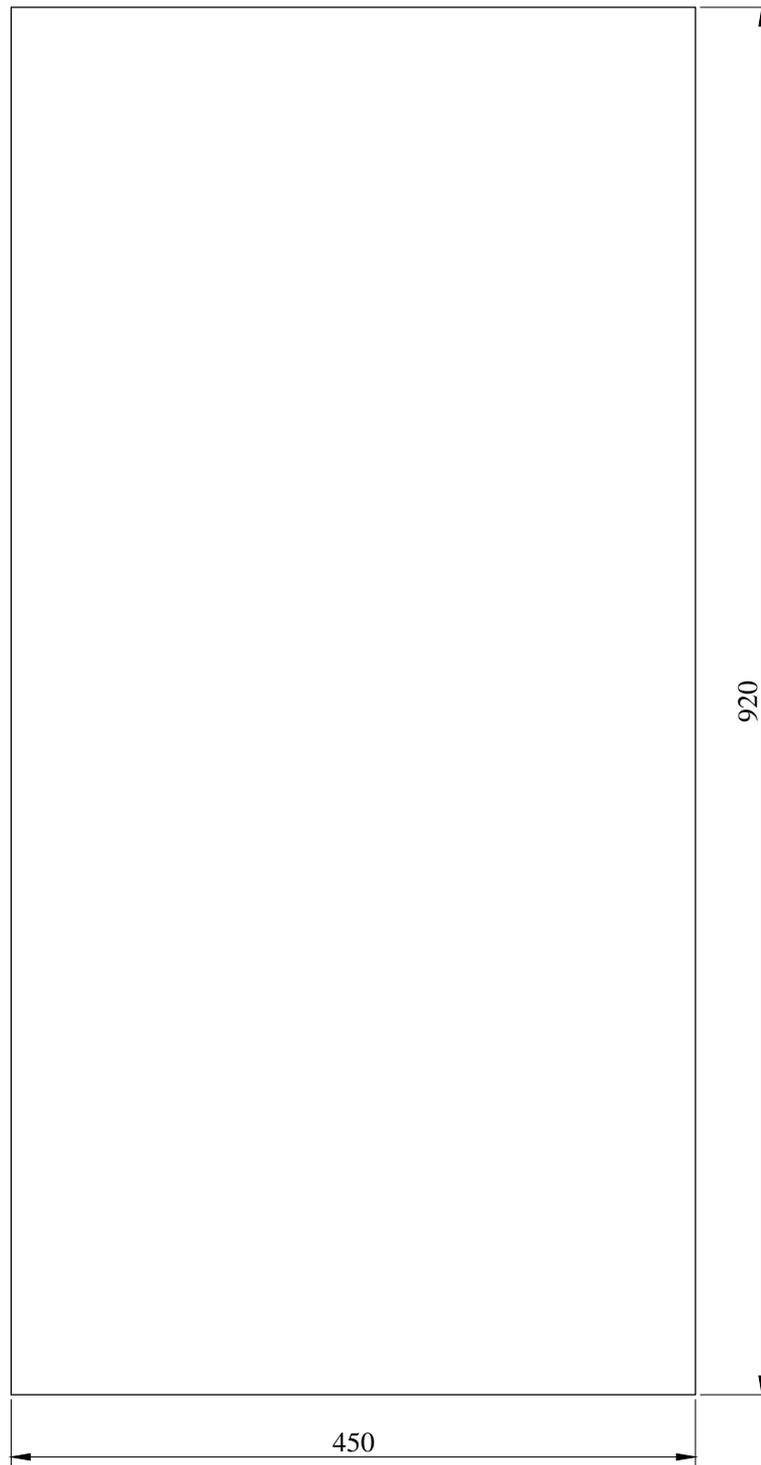


CORTE A-A



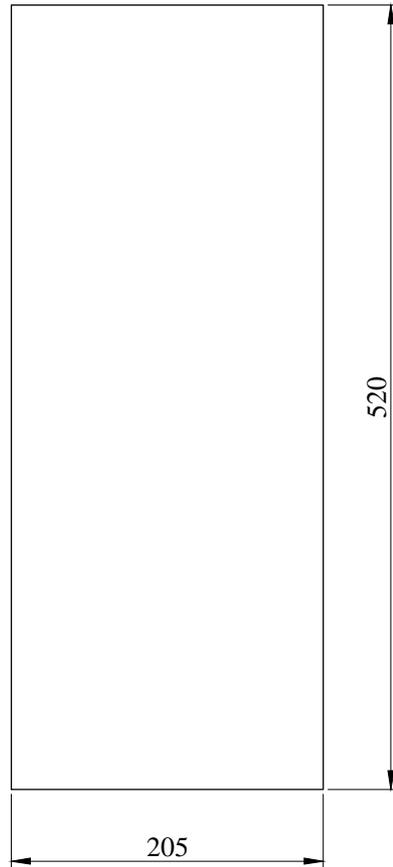
Escala 1:2

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Ángulo tensor inferior de banda T5	ESCALA: 1:2 no normalizada	CÓDIGO:	10.8932542-8932586.00.01.14	TOL. GRAL ±0.5



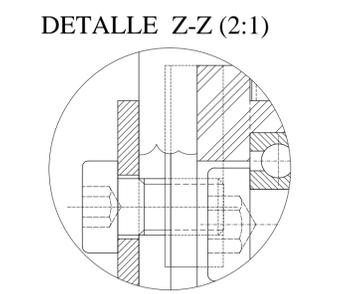
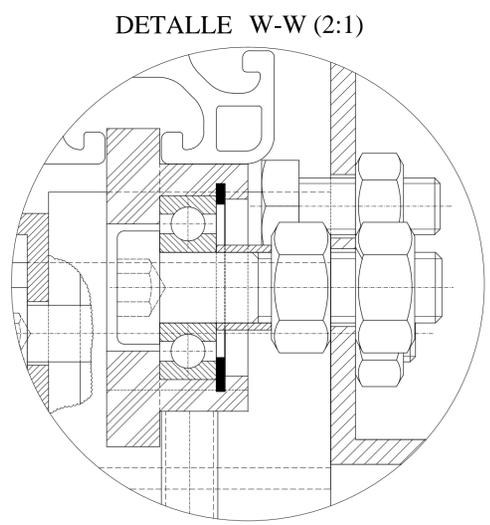
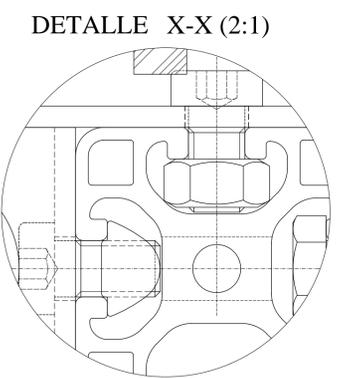
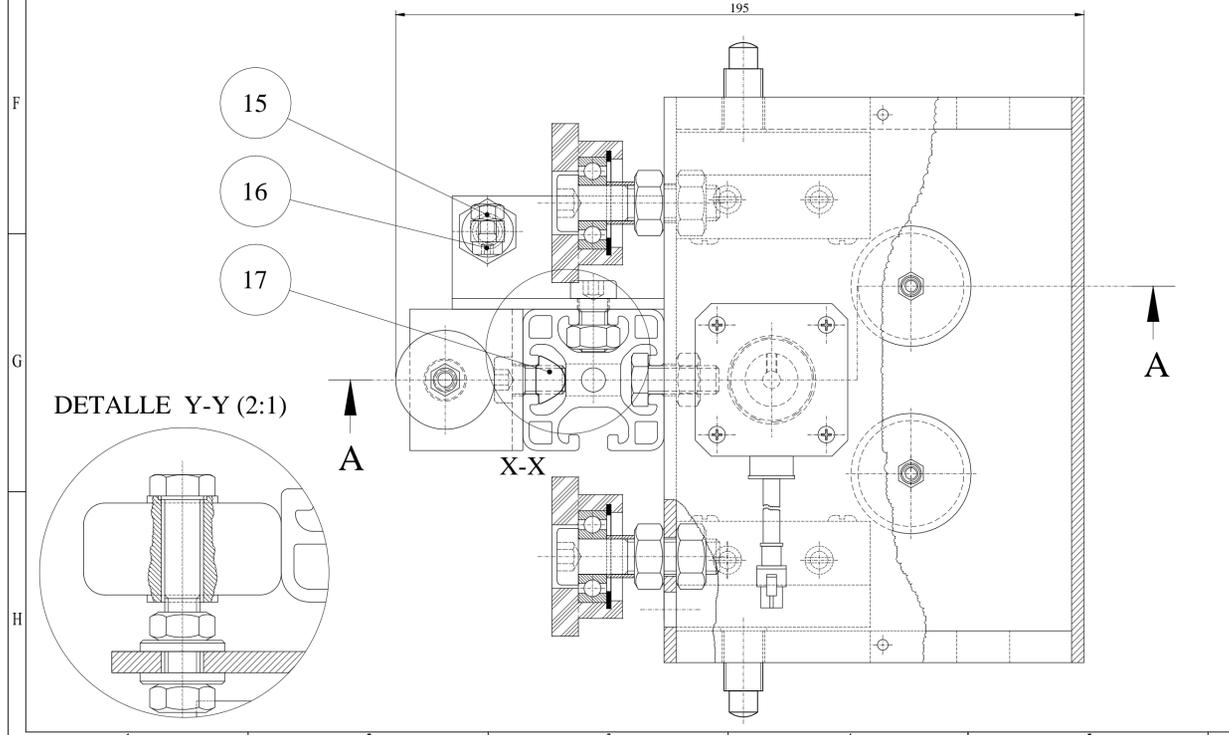
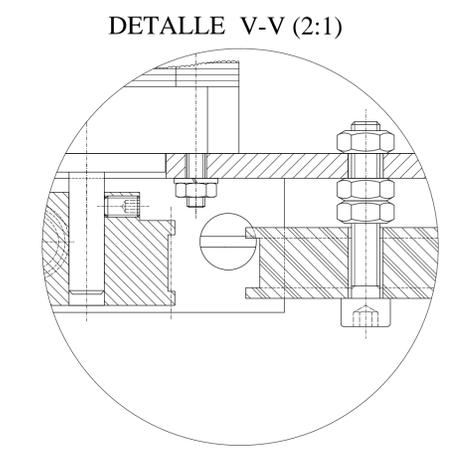
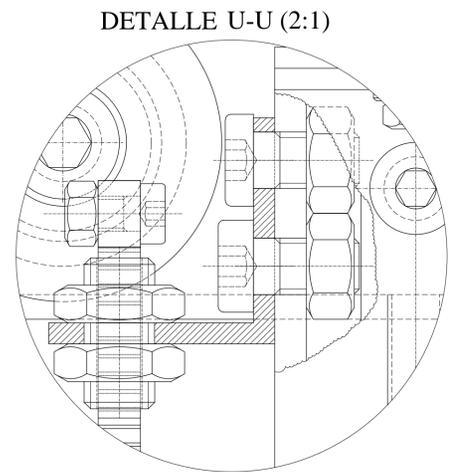
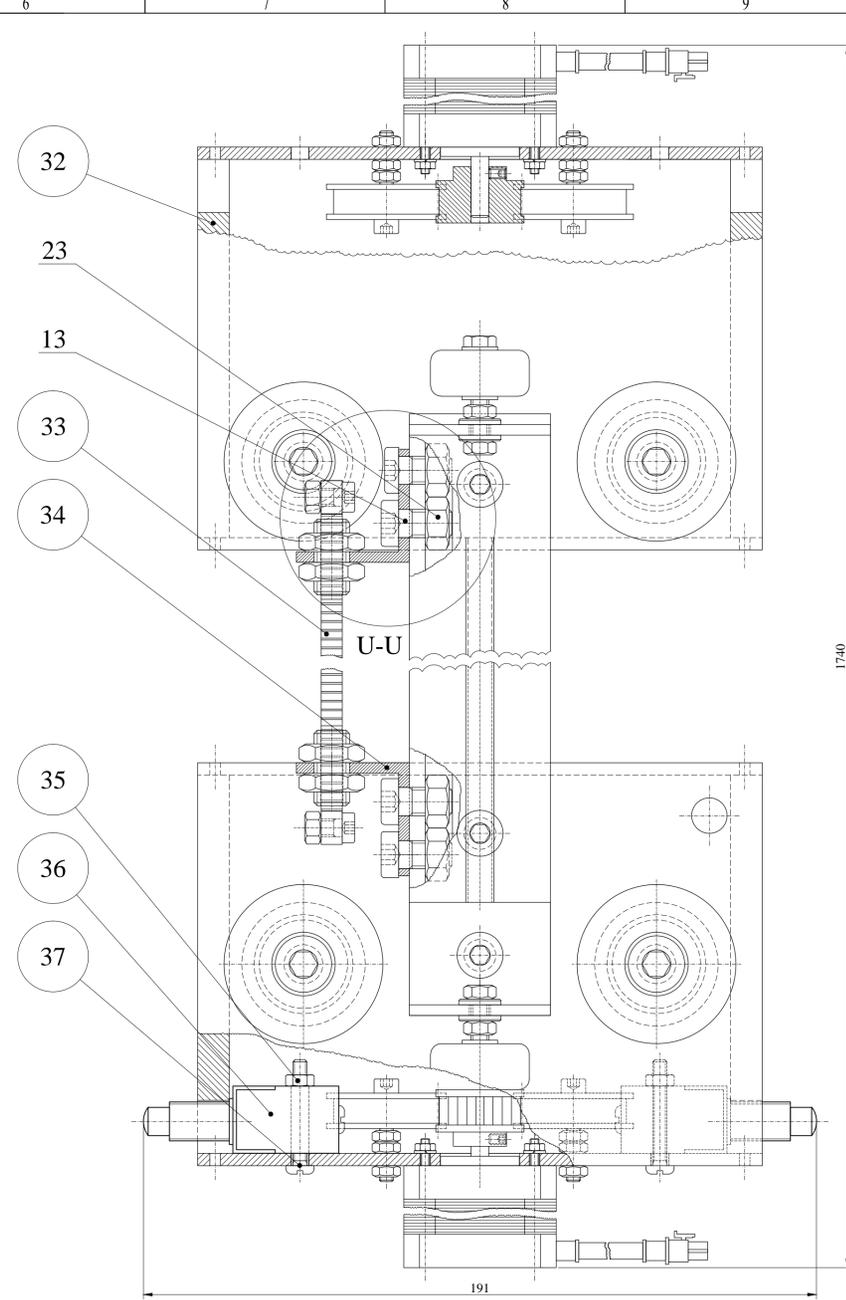
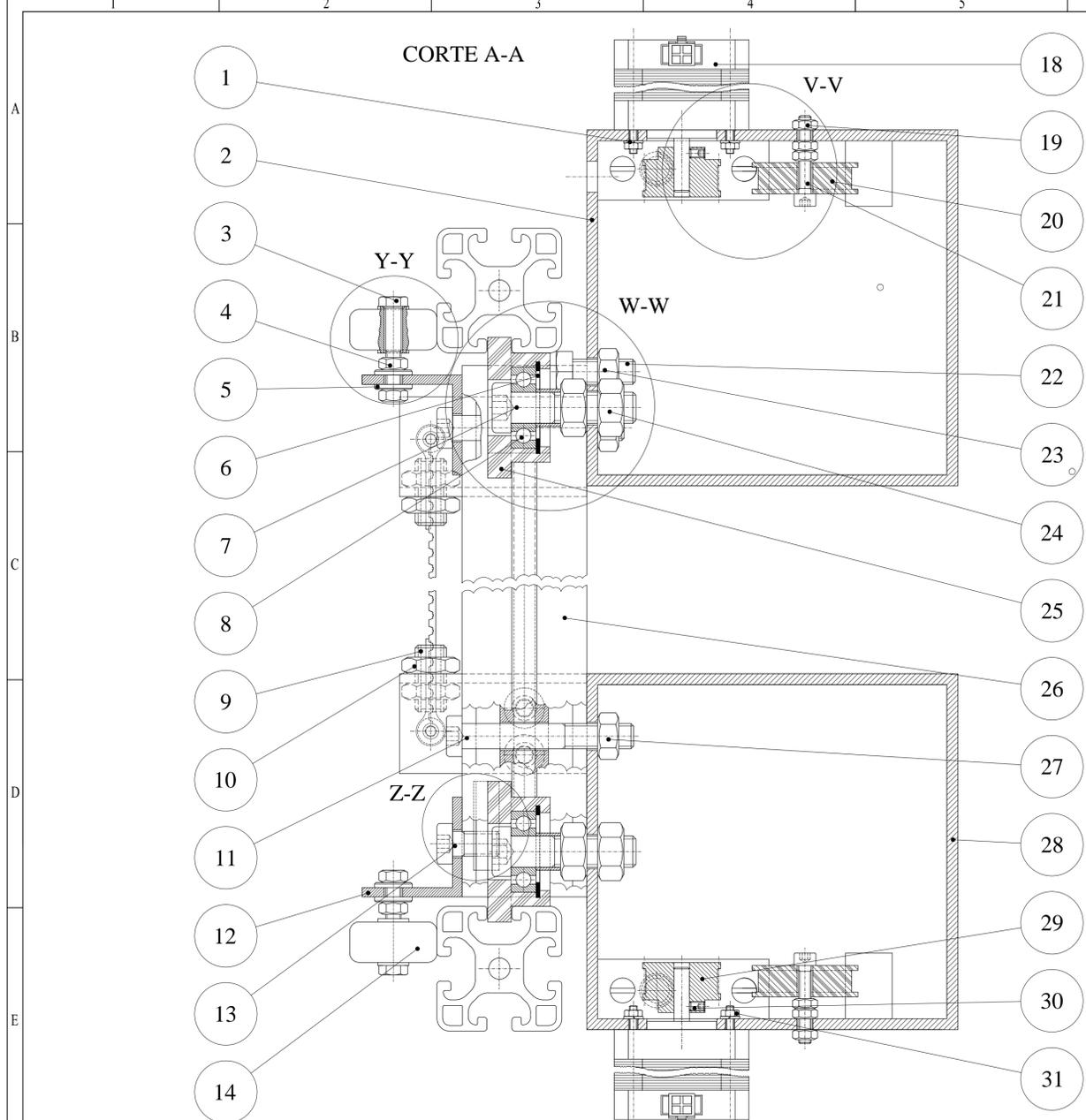
Nota: espesor 18 mm

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	Maderol	Triplex madera de laurel		920 mm x 450 mm
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Bases de madera de bastidor 920 mm	ESCALA: 1:5	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.01.15		TOL. GRAL ±0.5



Nota: espesor 18 mm

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	Maderol	Triplex madera de laurel		520 mm x 205 mm	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015	
CONTIENE: Bases de madera de bastidor 520 mm	ESCALA: 1:5	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.01.16		TOL. GRAL ±0.5	

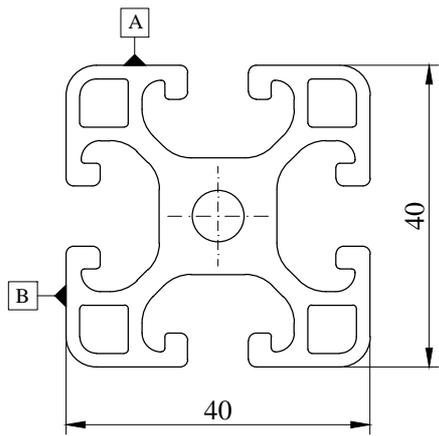
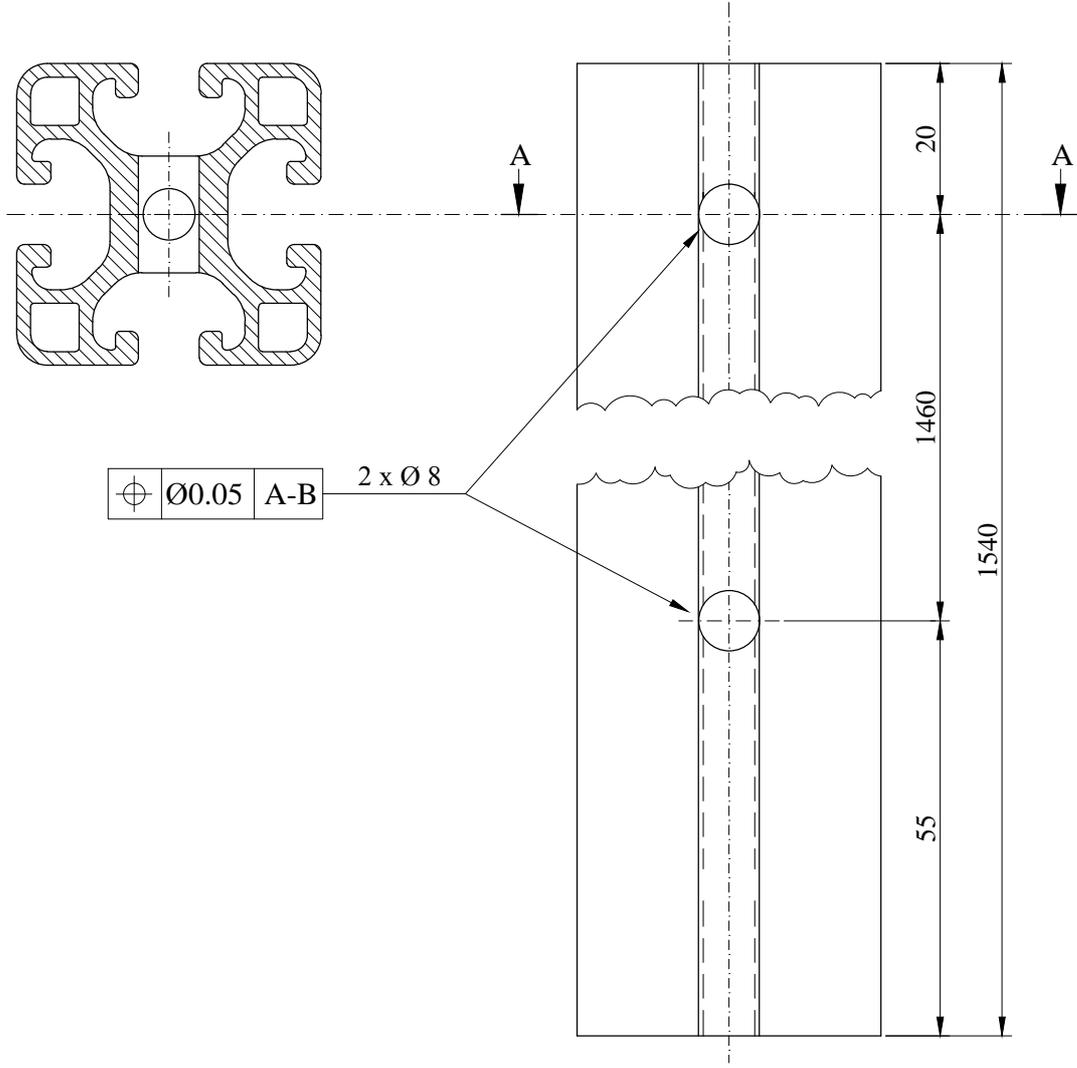


Ref	Descripción	Cant	Zona	Material	Norma	Dim. Brutas	Observ.
37	Tornillo de cabeza ranurada	4	D6	Acero zincado	ANSI B18.6.7M	M4x0.7x30	
36	Micro de paro	2	D6		Camsco - AZ7310 - CE	250V 10A	
35	Tuerca hexagonal	4	D6	Acero zincado	ANSI B 18.2.4.1 M	M4 x 0.7	
34	Ángulo tensor de banda dentada	2	B6	Aluminio	10.8932542-8932586.00.02.06	e=3mm	
33	Banda dentada T5	1	B6	Kevlar, poliuretano	MEGALINEAR T5 OPEN END	m=3, p=5mm	
32	Tapa de fómix de carrilera horizontal	4	A6	Etilvinilacetato	10.8932542-8932586.00.02.09	e=9mm	
31	Tuerca hexagonal	8	E5	Acero zincado	ANSI B 18.2.4.1 M	M2.5 x 0.45	
30	Prisionero ranura hexagonal	2	E5	Acero	ISO 4026	M3x5	
29	Piñón motriz	2	E5	Acero carbono	SAE 1018; 10.8932542-8932586.00.02.08	Z=15, m=3, p=5mm	
28	Caja soporte de mecanismo inferior	1	D5	Aluminio fundido	10.8932542-8932586.00.02.03	e=3.5m m	
27	Tuerca hexagonal	2	D5	Acero zincado	DIN 934	M8	
26	Perfil de carrilera vertical	1	C5	Aluminio extruido	10.8932542-8932586.00.02.01	1540 mm	Perfiles ITEM
25	Rueda carrilera horizontal	4	C5	Nylon	ASTM 6.6; 10.8932542-8932586.00.02.04	Ø=38 mm	
24	Tuerca hexagonal	8	C5	Acero zincado	DIN 934	M10	
23	Tuerca hexagonal	6	B5	Acero zincado	DIN 934	M8	
22	Tornillo cabeza hexagonal	1	B5	Acero zincado	ISO 4016	M8 x 40mm	
21	Tornillo cabeza allen	4	B5	Acero zincado	DIN 912	M4 x 25mm	
20	Polea tensora	4	A5	Nylon	ASTM 6.6; 10.8932542-8932586.00.02.07	Ø=34 mm	
19	Tuerca hexagonal	12	A5	Acero zincado	ISO 4032 - M4	M4	
18	Motor de pasos	2	A5	Acero	NEMA 17	43.1mm x 43.1 mm	1.8°, 1.2 A, 5 V
17	Tuerca deslizante	2	G2	Acero zincado	ITEM		
16	Tornillo cabeza allen	2	F2	Acero zincado	DIN 7984	M5 x 10mm	
15	Tuerca hexagonal	2	F2	Acero zincado	DIN 934	M5	
14	Rueda lateral	2	E2	Poliuretano		Ø28 x 13mm	
13	Tornillo cabeza allen	8	E2	Acero zincado	DIN 7984	M8 x 16mm	
12	Ángulo soporte de rueda lateral	2	E2	Aluminio	10.8932542-8932586.00.02.05	e=3mm	
11	Tornillo de cabeza allen	2	D2	Acero zincado	DIN 7984	M8x55mm	
10	Tuerca hexagonal	4	D2	Acero zincado	DIN 934	M10	Delgada
9	Espárrago perforado	2	D2	Acero zincado	DIN 7984	M10 x 20	
8	Rodamiento rígido de bolas	4	C2	Acero aleado	DIN 625 T1 - 6000	Ø26x8x10mm	
7	Tornillo cabeza allen	4	C2	Acero zincado	DIN 7984	M10x40mm	
6	Anillo de seguridad	4	C2	Acero carbono	DIN 472 - 28 x 1.2	Ø28x1.2mm	
5	Arandela plana	4	B2	Acero zincado	DIN 125-1 - B 6.4	Ø6.4 mm	Øint
4	Tuerca hexagonal	4	B2	Acero zincado	DIN 555-5	M5	
3	Tornillo de cabeza hexagonal	2	A2	Acero zincado	DIN 931-1	M5 x 30mm	
2	Caja soporte de mecanismo superior	1	A2	Aluminio fundido	10.8932542-8932586.00.02.02	e=3.5 mm	
1	Arandela de presión	8	A2	Acero zincado	DIN 128 - A3	M3	
TRATAMIENTO TÉRMICO				N/A		MATERIAL:	
RECURBIMIENTO				N/A		DIM. BRUTAS: 1740 x 195 x 191 mm	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				UPS		DIB. F. Collaguazo - J. Játiva DIS. F. Collaguazo - J. Játiva REV. Ing. Edwin Ibarra	
CONTIENE: Carrilera de movimiento horizontal - X				ESCALA: 1:1		CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.02	
						26-06-2015 26-06-2015 26-06-2015	
						TOL. GRAL. ±0.5	

NOTA:
- Para las conexiones del motor de pasos y de los micros de paro, ver plano eléctrico general en anexos
- Los rodamientos son de cara sellada, no requieren lubricación
- Peso total ≈ 4.5 Kgf

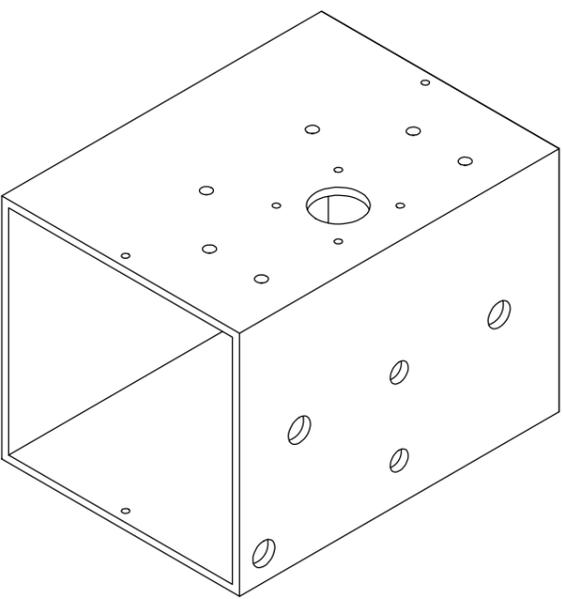
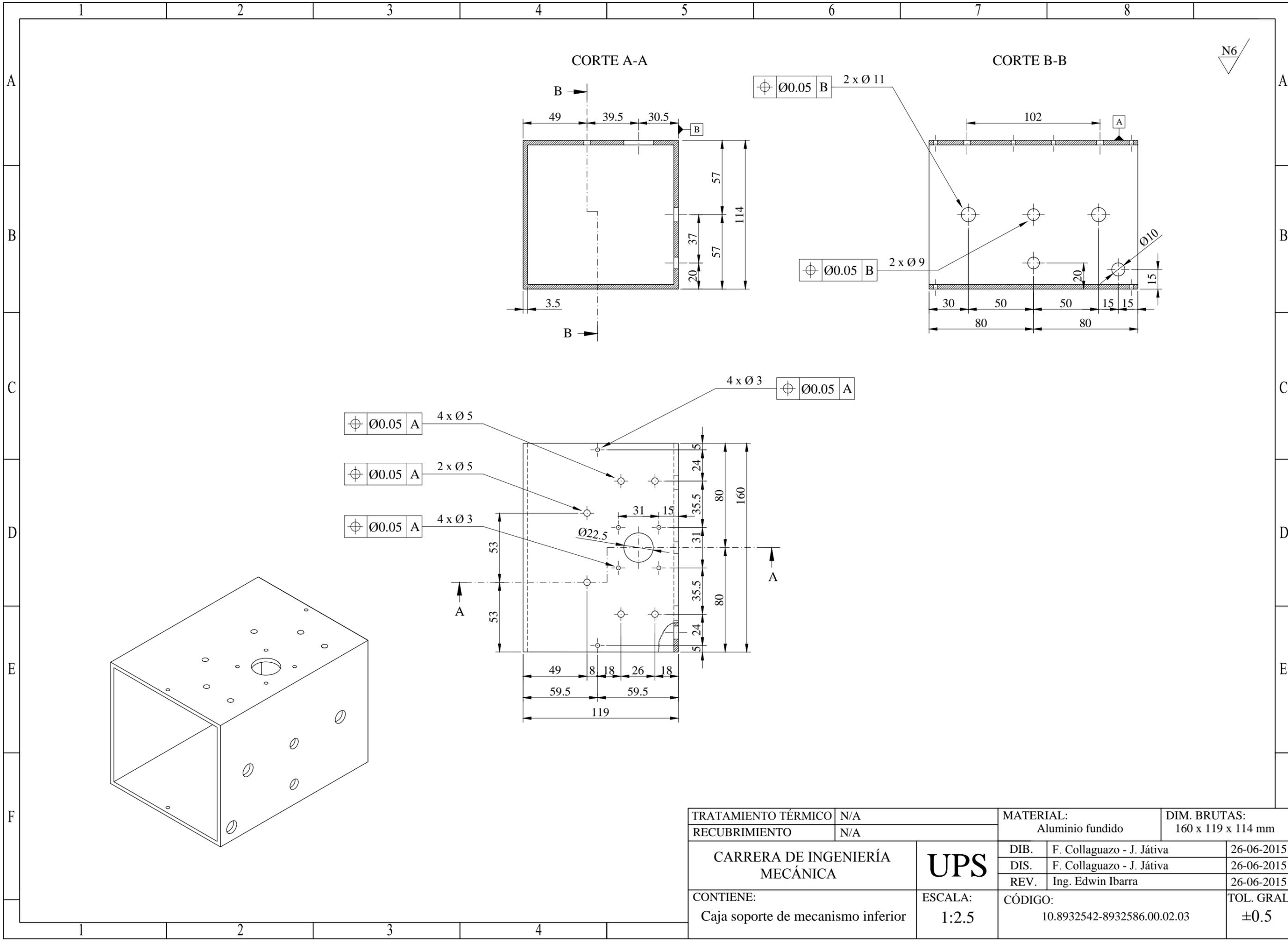
N6

CORTE A-A



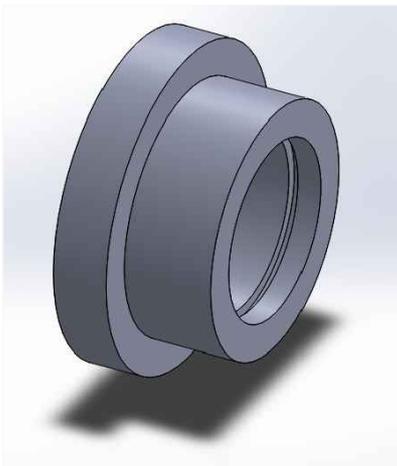
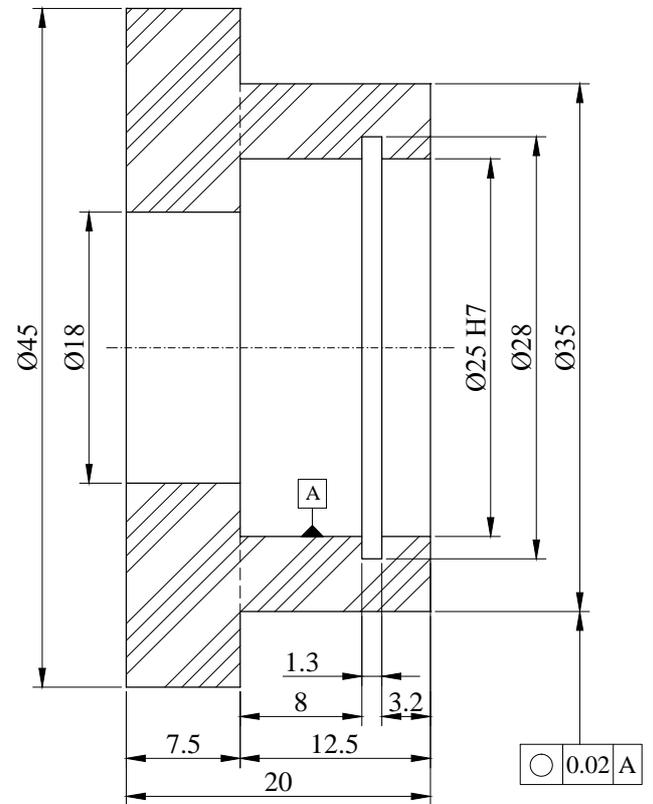
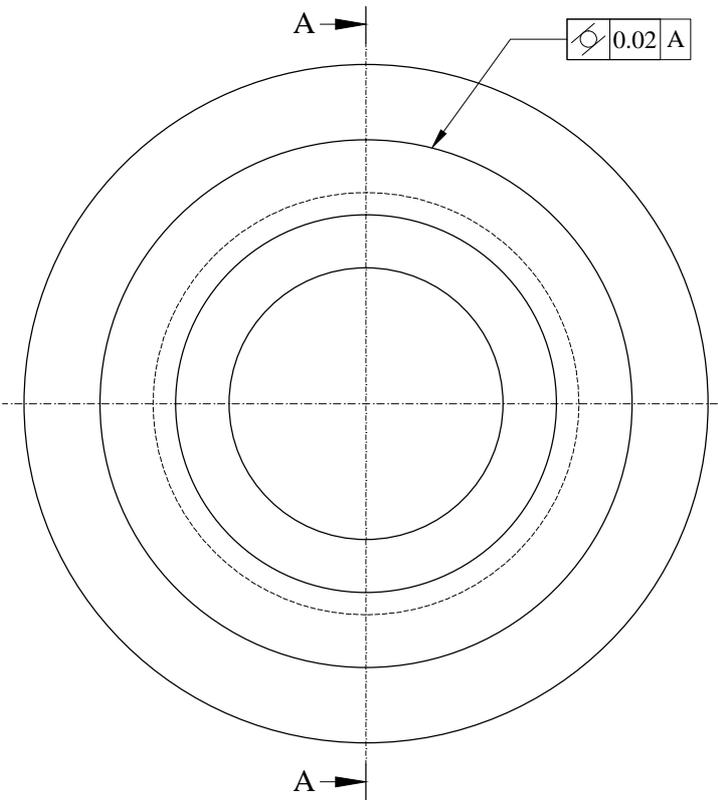
Nota: ver anexo 4, para detalles dimensionales

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio extruido, Al Mg Si 0.5 F 25		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Perfil de carrilera vertical	ESCALA: 1:1	CÓDIGO:	10.8932542-8932586.00.02.01	TOL. GRAL ±0.5



TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	Aluminio fundido		DIM. BRUTAS:	160 x 119 x 114 mm
RECUBRIMIENTO	N/A	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva		26-06-2015	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva		26-06-2015	
		REV.	Ing. Edwin Ibarra		26-06-2015	
CONTIENE:	ESCALA:	CÓDIGO:	10.8932542-8932586.00.02.03		TOL. GRAL	±0.5
Caja soporte de mecanismo inferior	1:2.5					

CORTE A-A

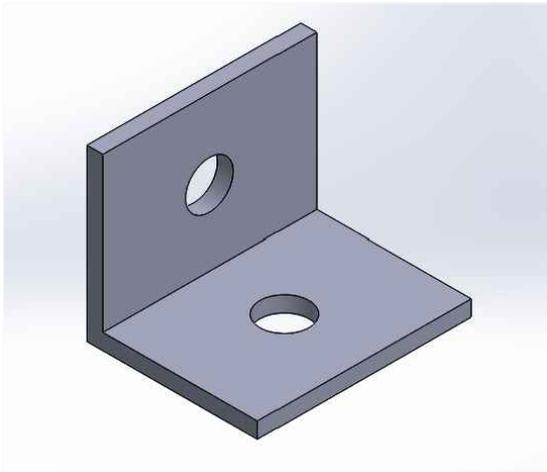
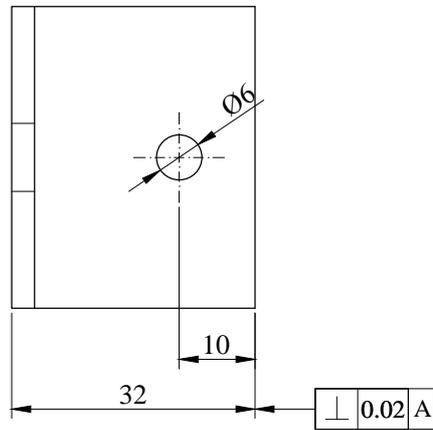
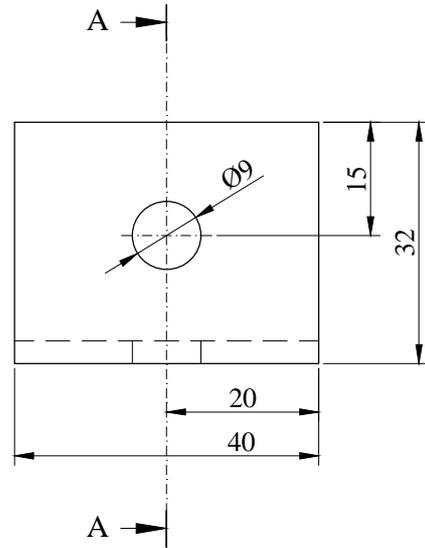
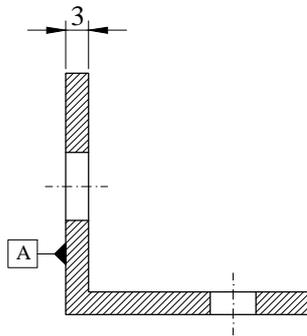


Escala 1:1

25 H7	25.021
	25.000

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: Nylon ASTM 6.6	DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	N/A		DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
		CONTIENE: Rueda carrilera horizontal	ESCALA: 2:1	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.02.04	TOL. GRAL ±0.5

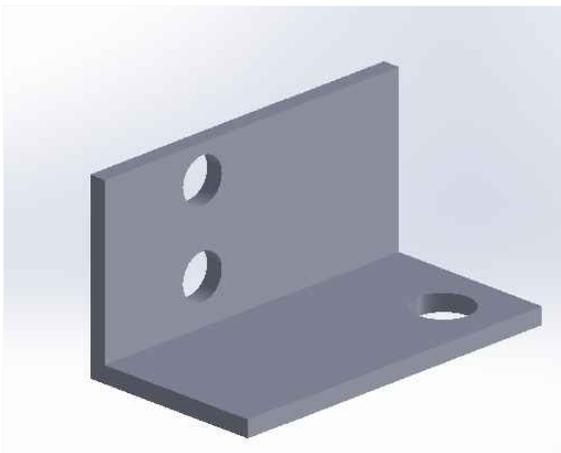
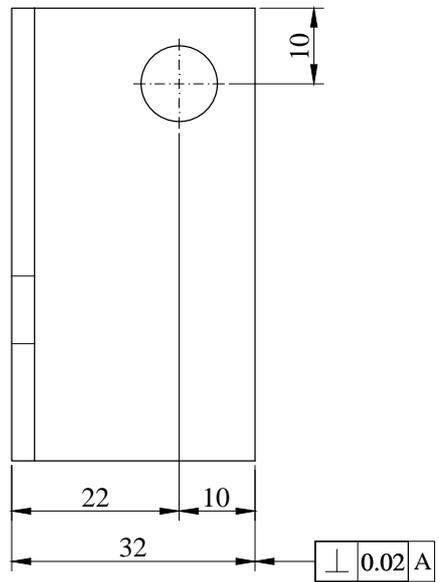
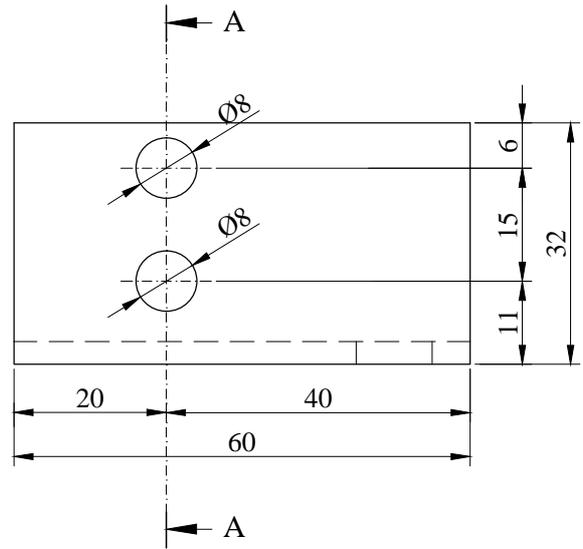
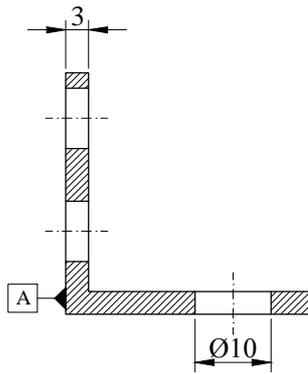
CORTE A-A



Escala 1:1

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	Pintura anticorrosiva	Aluminio		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE:	ESCALA:	CÓDIGO:	TOL. GRAL	
Ángulo soporte de rueda lateral	1:1	10.8932542-8932586.00.02.05	±0.5	

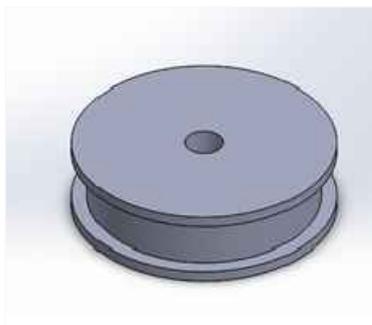
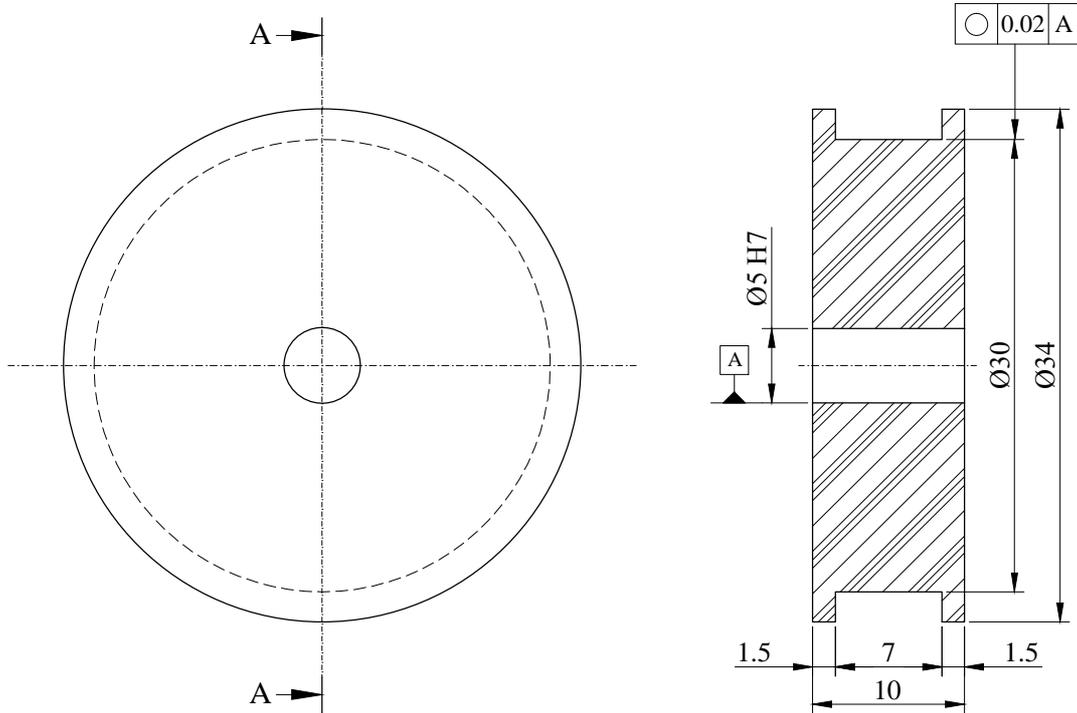
CORTE A-A



Escala 1:1

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	Aluminio		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015	
CONTIENE: Ángulo tensor de banda dentada	ESCALA: 1:1	CÓDIGO:	10.8932542-8932586.00.02.06		TOL. GRAL ±0.5

CORTE A-A

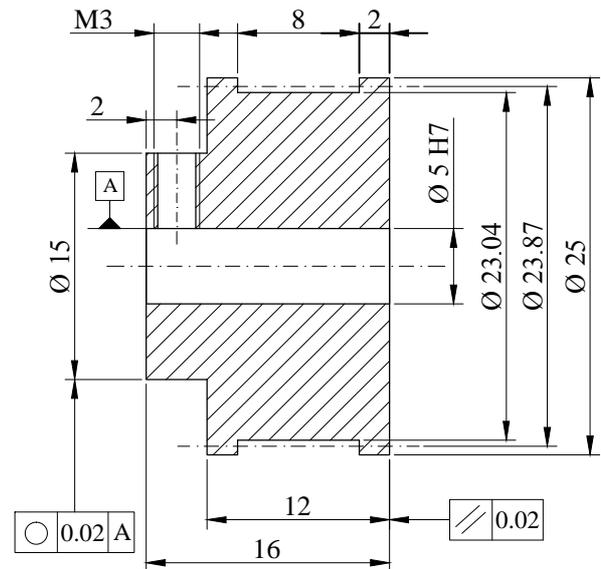
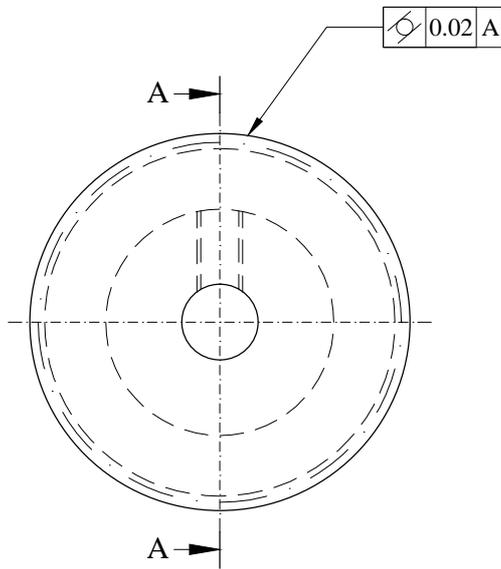


Escala 1:1

5 H7	5.012
	5.000

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: Nylon ASTM 6.6	DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	N/A			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Polea tensora	ESCALA: 2:1	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.02.07	TOL. GRAL ±0.5	

CORTE A-A

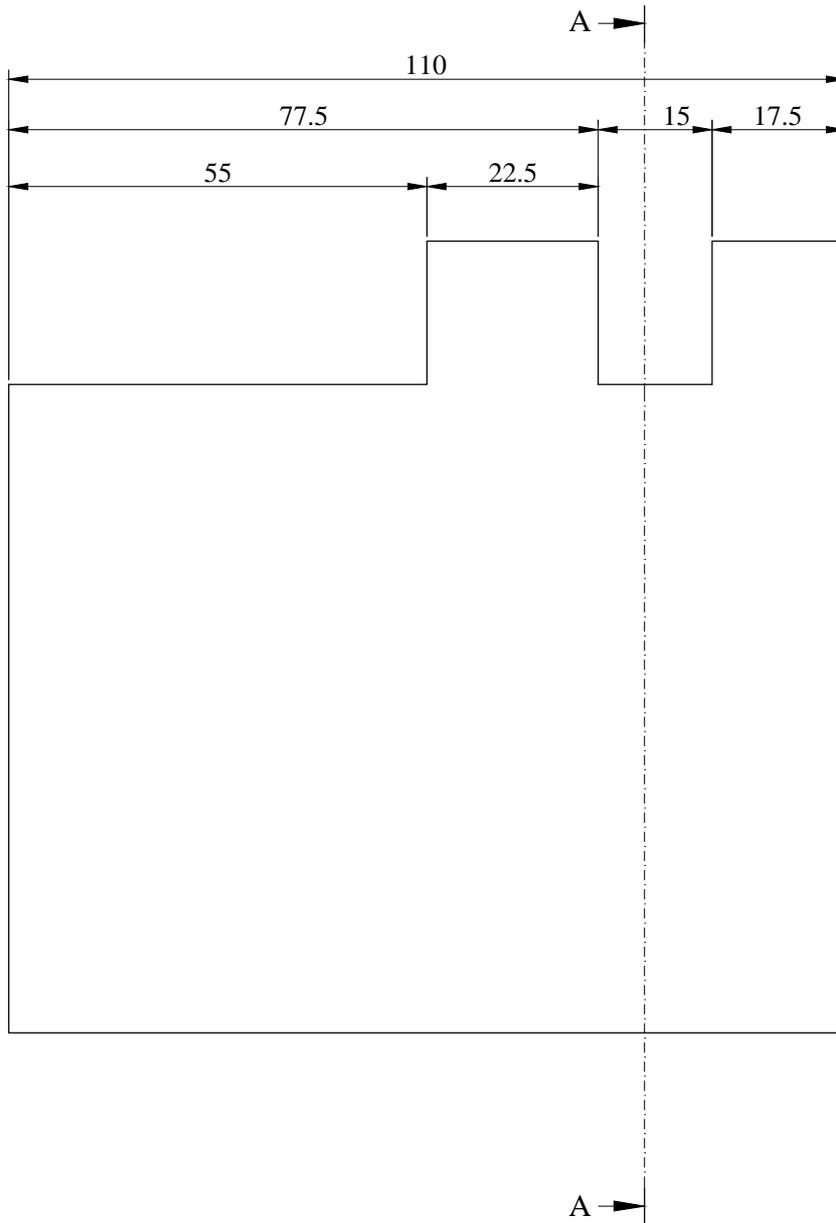


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

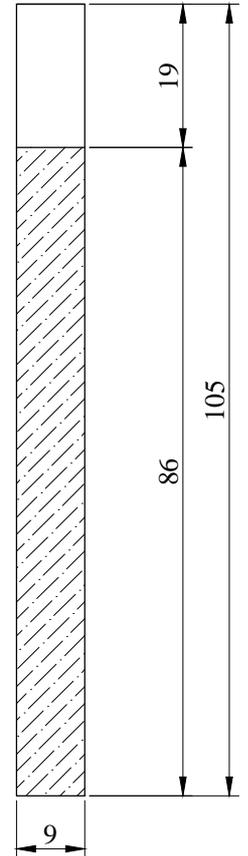
No. de dientes	Z	15
Módulo	M	3 mm
Paso	P	5 mm
Ancho de cara	F	8 mm
Diámetro exterior	De	23.87 mm
Diámetro primitivo	Dp	23.04 mm
Altura total de diente	h	1.2 mm

5 H7	5.012
	5.000

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	Acero SAE 1018	DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	Pintura anticorrosiva			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE:	ESCALA:	CÓDIGO:	TOL. GRAL:	
Piñón motriz	2:1	10.8932542-8932586.00.02.08	±0.5	



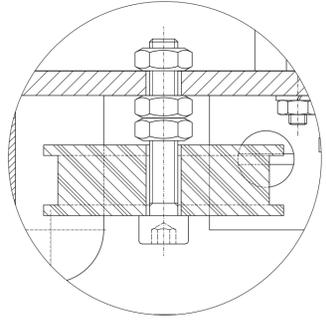
CORTE A-A



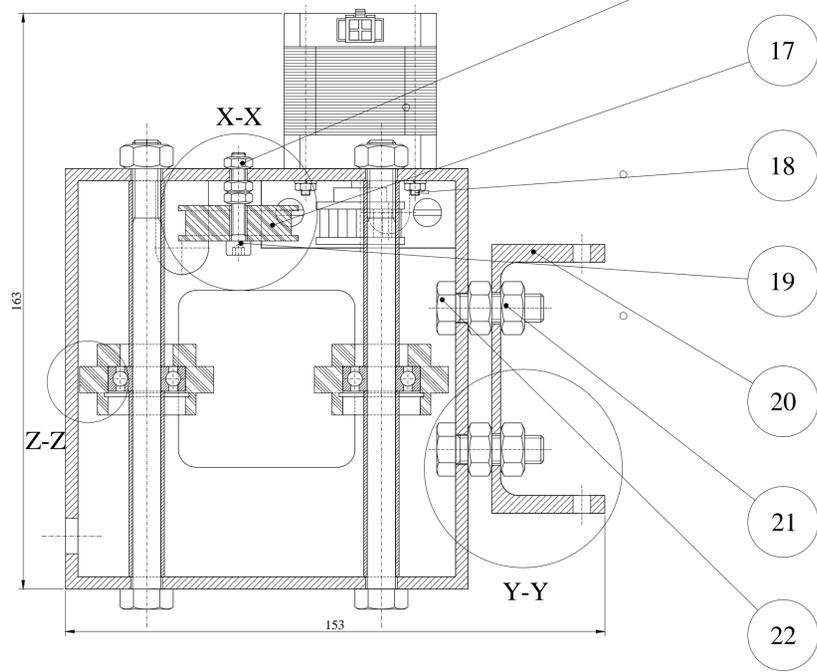
Nota: espesor 9 mm

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: Etilvinilacetato EVA (fómix)	DIM. BRUTAS: 105 x 110 mm	
RECUBRIMIENTO	N/A		DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
		CONTIENE: Tapas de fómix de carrilera horizontal	ESCALA: 1:1	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.02.09	TOL. GRAL ±0.5

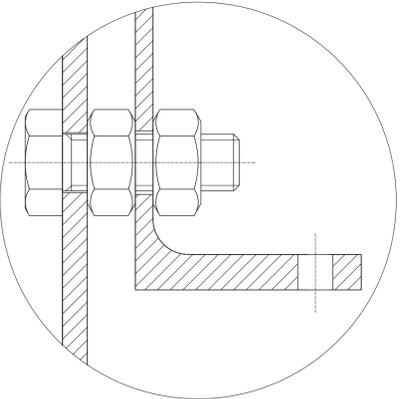
DETALLE X-X (2:1)



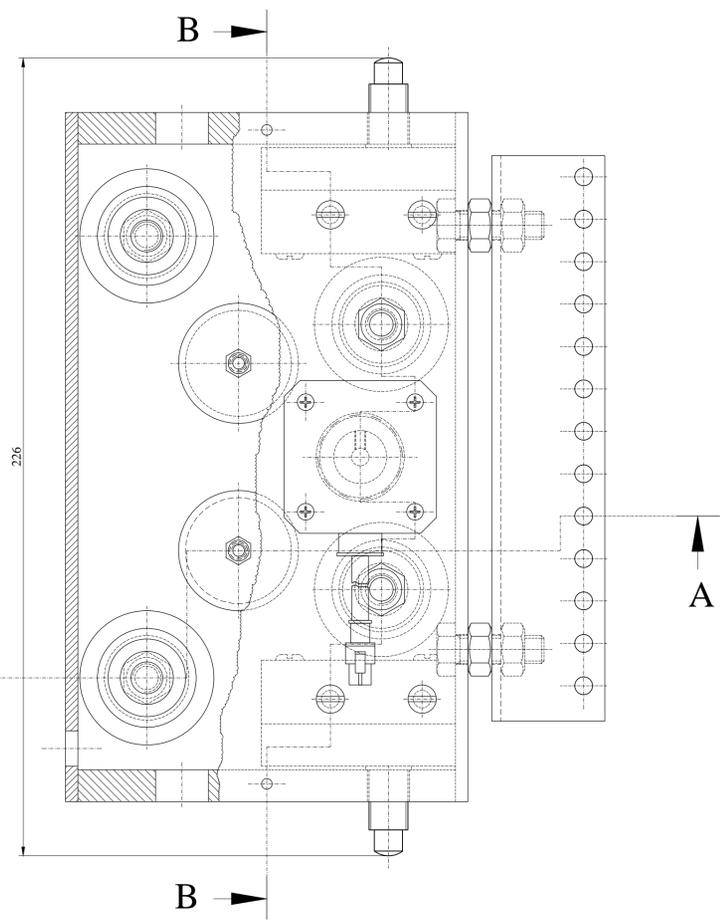
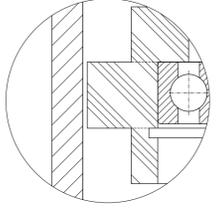
CORTE A-A



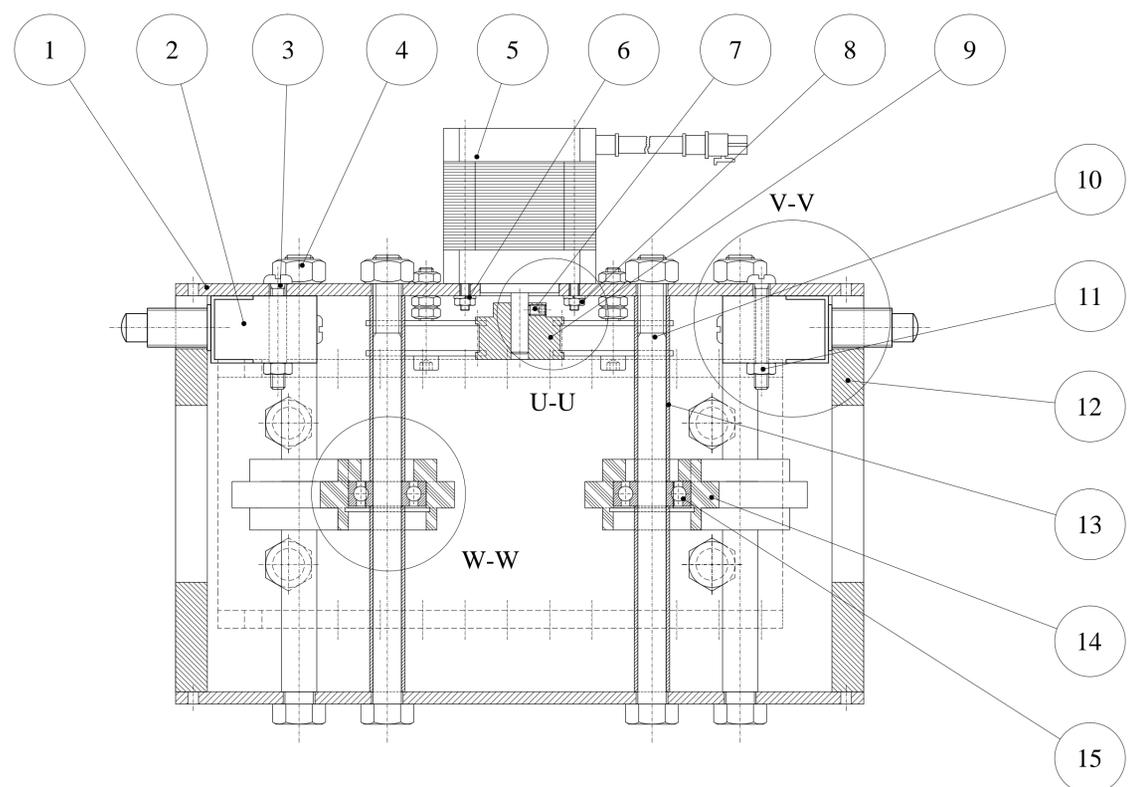
DETALLE Y-Y (2:1)



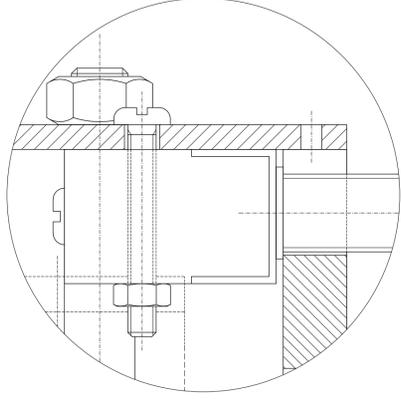
DETALLE Z-Z (2.5:1)



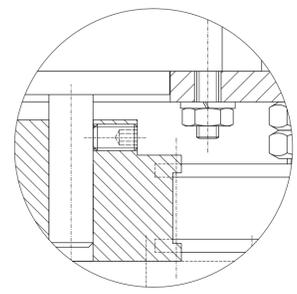
CORTE B-B



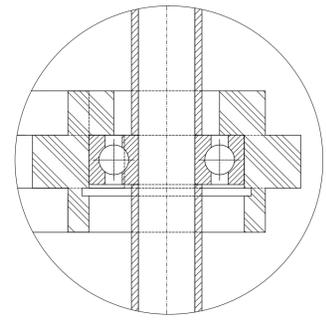
DETALLE V-V (2:1)



DETALLE U-U (2.5:1)



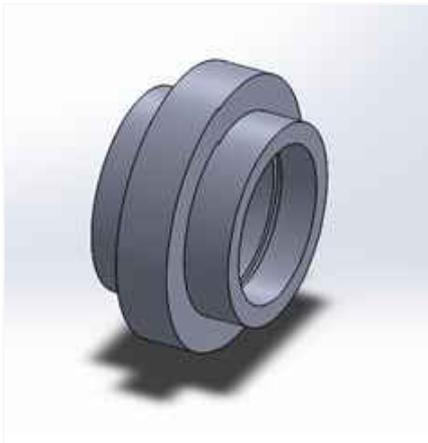
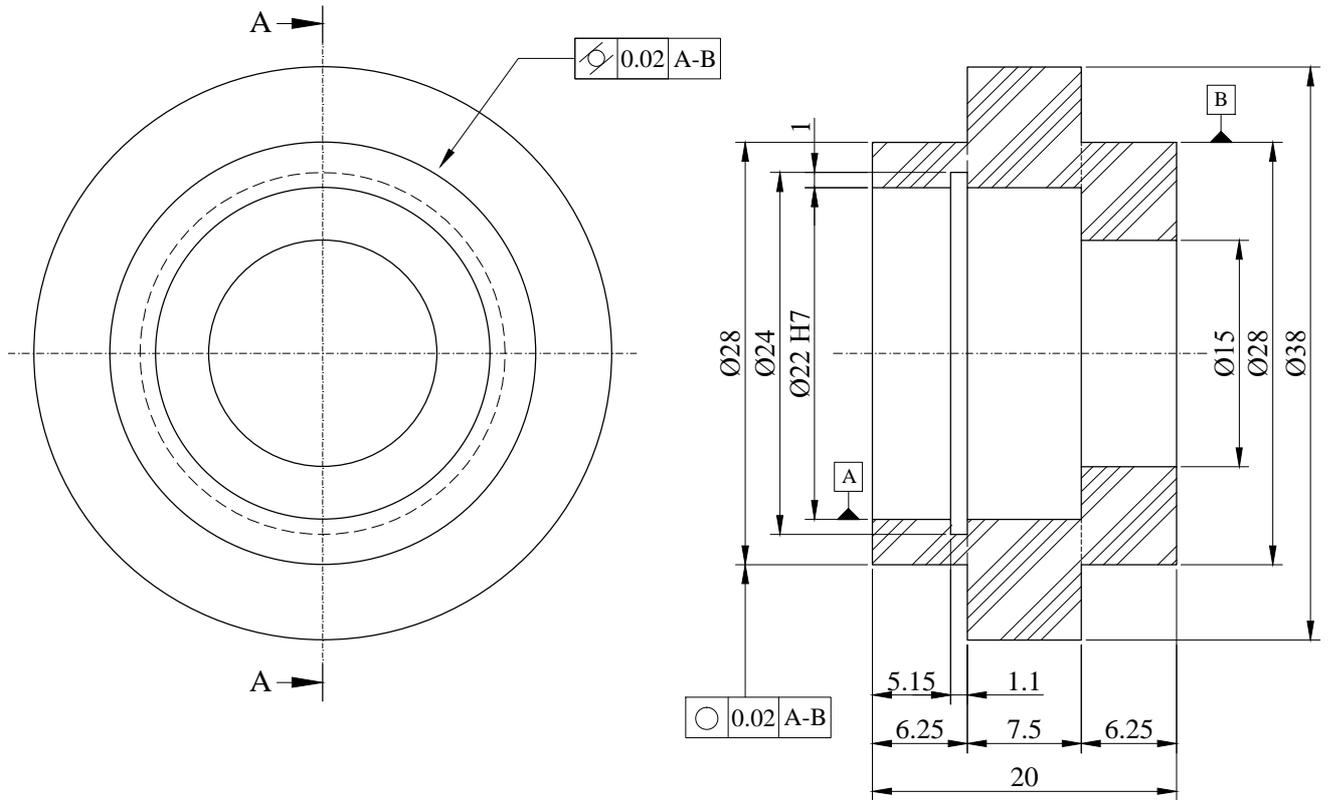
DETALLE W-W (2:1)



NOTA:
 - Para las conexiones del motor de pasos y de los micros de paro, ver plano eléctrico general en anexos
 - Los rodamientos son de cara sellada, no requieren lubricación
 - Peso total ≈ 2.6 Kg

22	Perno cabeza hexagonal	4	D6	Nylon	ASTM 6.6 - M8 x 25		
21	Tuerca hexagonal	8	C6	Nylon	ASTM 6.6 - M8		
20	SopORTE de hilo de corte	1	C6	Aluminio extruido	10.8932542-8932586.00.03.06	160x76x32 mm	
19	Tornillo cabeza allen	2	B6	Acero zincado	DIN 912	M4 x 25	
18	Tornillo avellanado de ranura estrella	4	B6	Acero zincado	ISO 7046-1 H	M2.5 x 50	
17	Polea tensora	2	A6	Nylon	ASTM 6.6; 10.8932542-8932586.00.03.03	Ø=34 mm	
16	Tuerca hexagonal	6	A6	Acero zincado	ISO 4032 - M4	M4	
15	Rodamiento rígido de bolas	4	D12	Acero	DIN 625 T1 - 608 - 8x22x7	Ø=22 mm	
14	Rueda carrilera vertical	4	C12	Nylon	ASTM 6.6; 10.8932542-8932586.00.03.02	Ø=38 mm	
13	Bocin distanciador	8	C12	Acero zincado	SAE 1018; 10.8932542-8932586.00.03.05	e=1mm	
12	Tapa de fómix de carrilera vertical	2	B12	Etilvinilacetato	10.8932542-8932586.00.03.08	e=9mm	
11	Tuerca hexagonal	4	B12	Acero zincado	ANSI B 18.2.4.1 M	M4 x 0.7	
10	Perno cabeza hexagonal	4	B12	Acero	SAE 1018; grado 8.8	M8 x 30	
9	Pinón motriz	1	A11	Acero	SAE 1018; 10.8932542-8932586.00.03.04		
8	Tuerca hexagonal	4	A10	Acero zincado	ANSI B 18.2.4.1 M	M2.5 x 0.45	
7	Prisionero ranura hexagonal	1	A10	Acero	ISO 4026	M3x5	
6	Arandela de presión	4	A10	Acero zincado	DIN 128 - A3	M3	
5	Motor de pasos	1	A9		NEMA 17	43.1mm x 43.1 mm	1.8°, 1.2 A, 5 V
4	Tuerca hexagonal	4	A9	Acero zincado	ISO 4032 - M8	M8	
3	Tornillo de cabeza ranurada	4	A8	Acero zincado	ANSI B18.6.7M	M4x0.7x30	
2	Micro de paro	2	A8		Camsco - AZ7310 - CE		250V 10A
1	Caja soporte de mecanismo vertical	1	A7	Aluminio fundido	10.8932542-8932586.00.03.01		e=3.5 mm
Ref	Descripción	Cant	Zona	Material	Norma	DIM. BRUTAS	Observac.
TRATAMIENTO TÉRMICO					N/A	MATERIAL:	
RECURBIMIENTO					N/A	DIM. BRUTAS: 226 x 163 x 153 mm	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				UPS	DIB. F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
CONTIENE:				ESCALA:	DIS. F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
Carrilera de movimiento vertical - Y				1:1	REV. Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015	
				CÓDIGO:	10.8932542-8932586.00.03	TOL. GRAL. ±0.5	

CORTE A-A

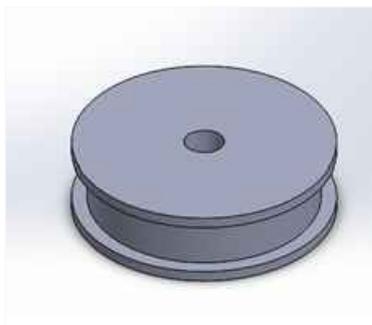
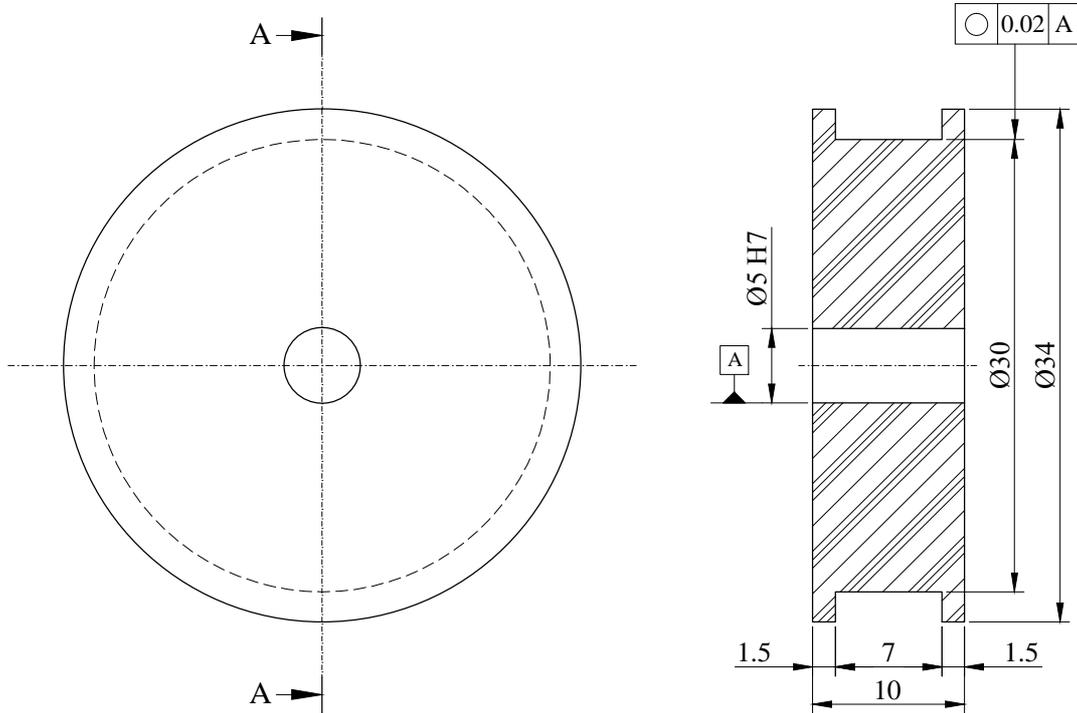


Escala 1:1

22 H7	22.021
	22.000

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: Nylon ASTM 6.6	DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	N/A			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Rueda carrilera vertical	ESCALA: 2:1	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.03.02	TOL. GRAL ±0.5	

CORTE A-A

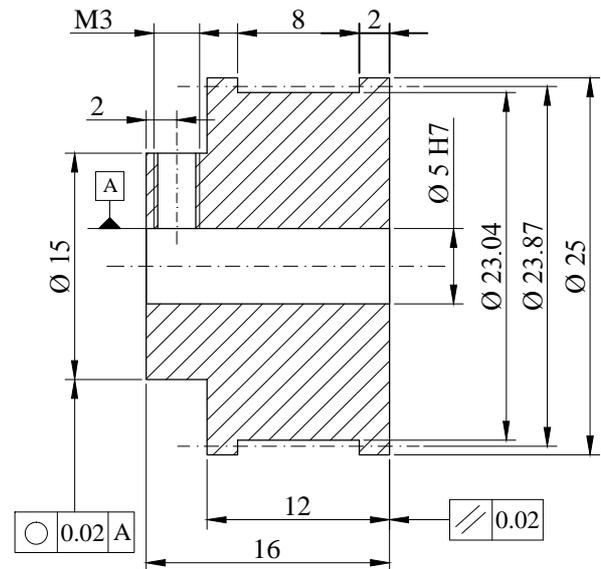
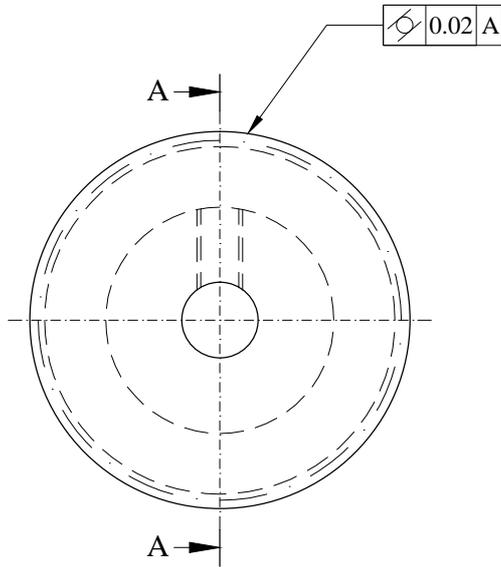


Escala 1:1

5 H7	5.012
	5.000

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: Nylon ASTM 6.6	DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	N/A			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Polea tensora	ESCALA: 2:1	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.03.03	TOL. GRAL ±0.5	

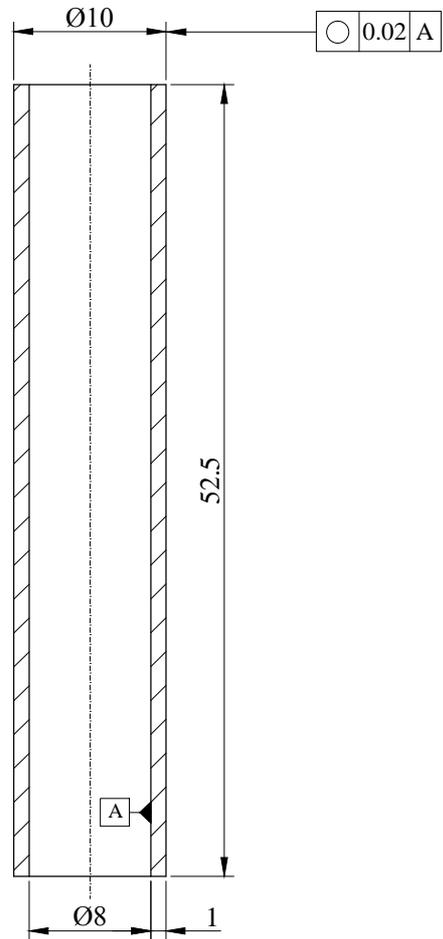
CORTE A-A



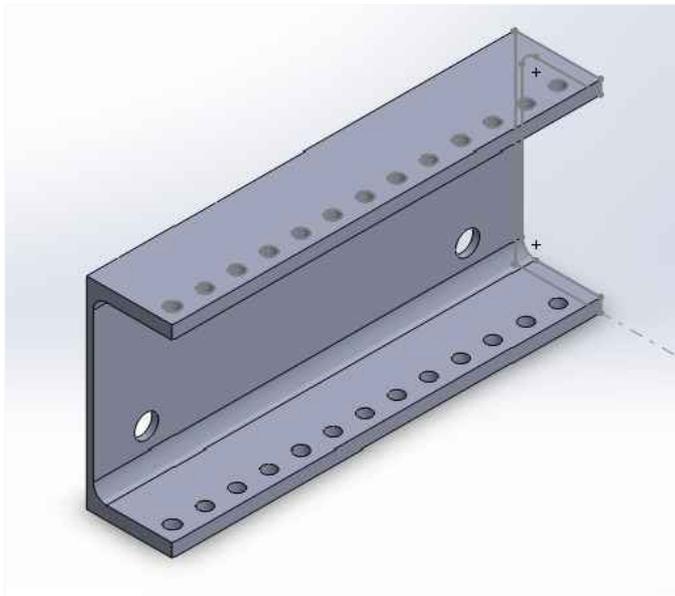
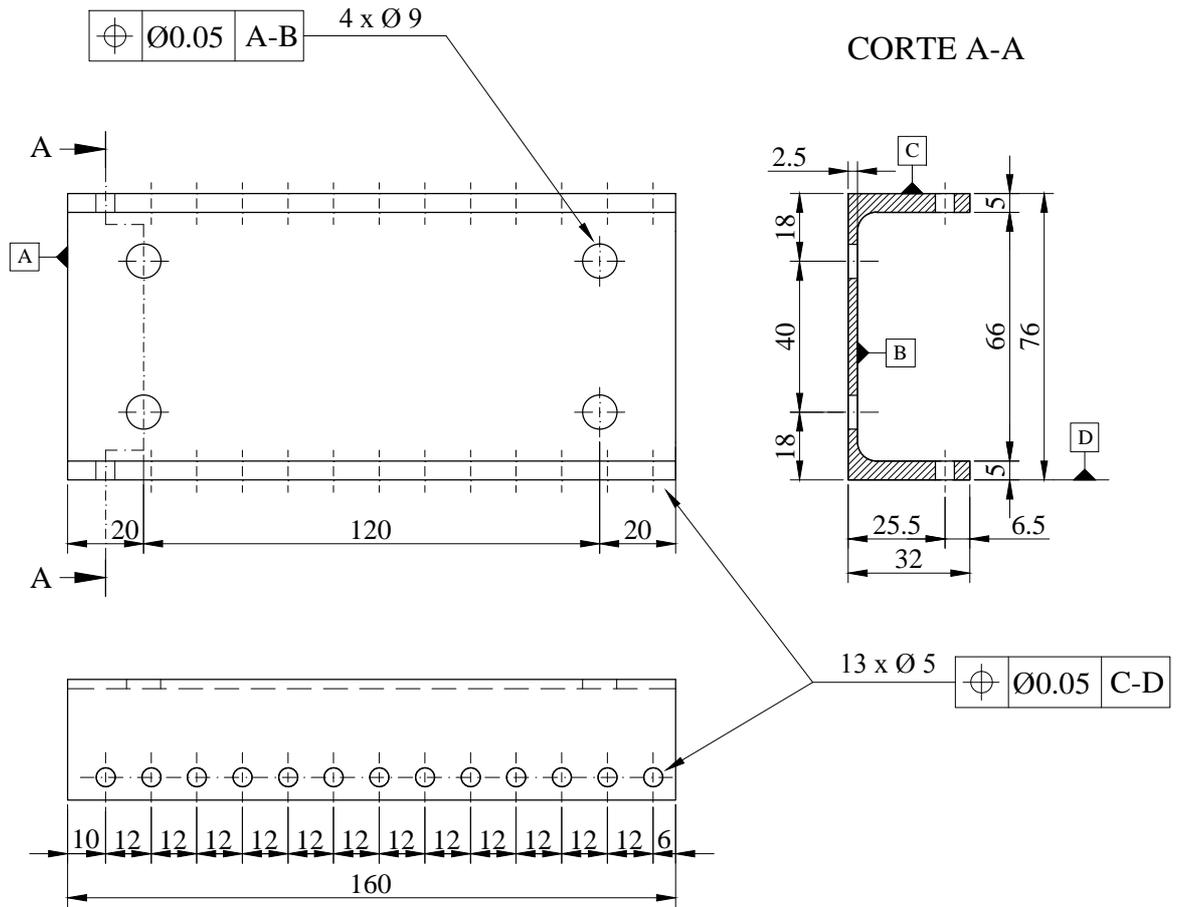
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
No. de dientes	Z	15
Módulo	M	3 mm
Paso	P	5 mm
Ancho de cara	F	8 mm
Diámetro exterior	De	23.87 mm
Diámetro primitivo	Dp	23.04 mm
Altura total de diente	h	1.2 mm

5 H7	5.012
	5.000

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	Acero SAE 1018	DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	Pintura anticorrosiva			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE:	ESCALA:	CÓDIGO:	TOL. GRAL:	
Piñón motriz	2:1	10.8932542-8932586.00.03.04	±0.5	

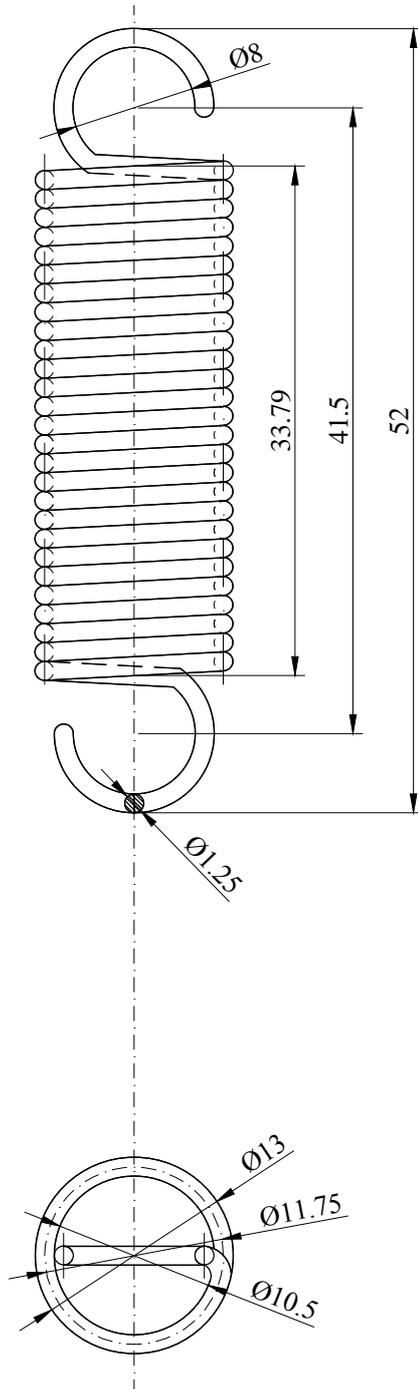


TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	Pintura anticorrosiva	Acero SAE 1010		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Bocín distanciador	ESCALA: 2:1	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.03.05	TOL. GRAL ±0.5	



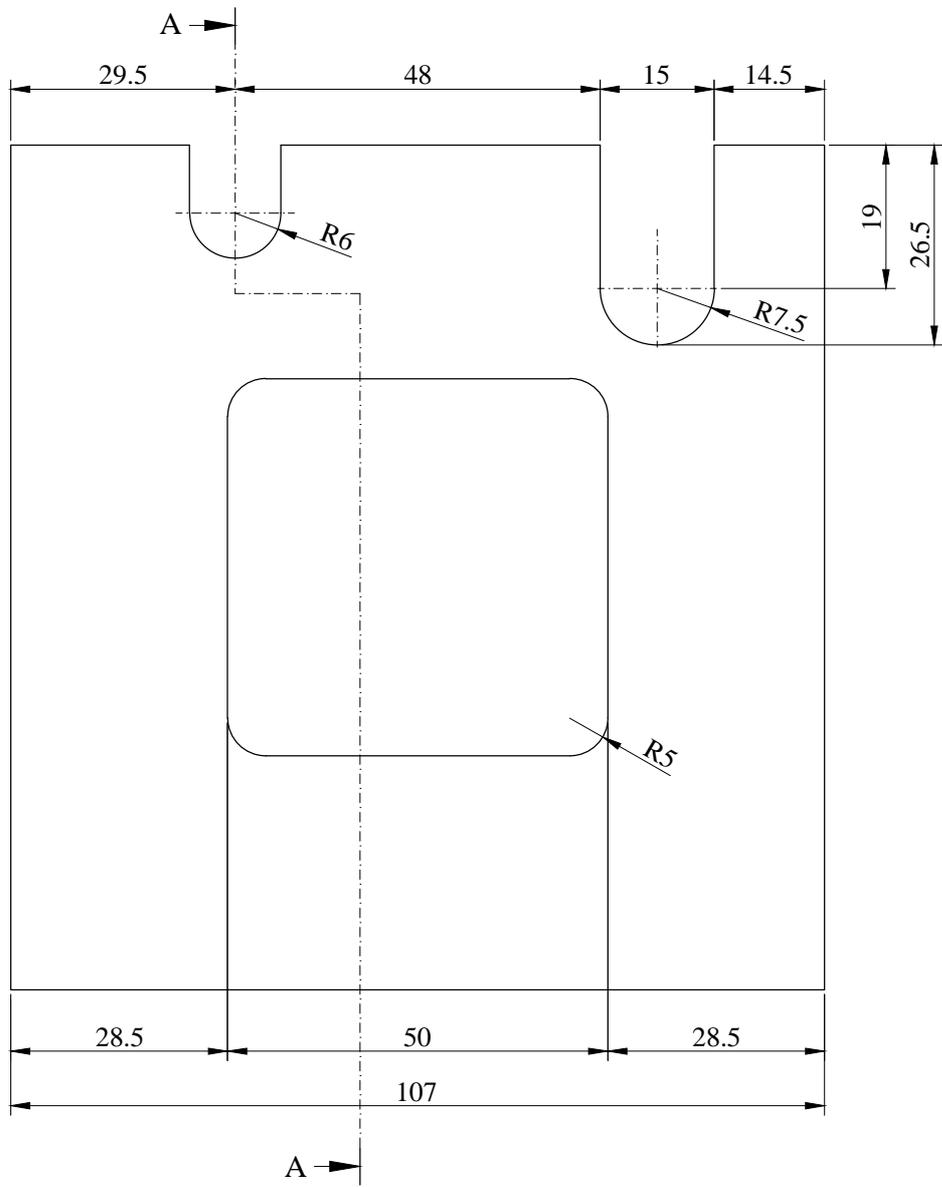
Escala: 1:2

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	N/A	Aluminio extruido, Al Mg Si 0.5 F 25			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015	
CONTIENE: Soporte de hilo de corte	ESCALA: 1:2 no normalizada	CÓDIGO:	10.8932542-8932586.00.03.06	TOL. GRAL	±0.5

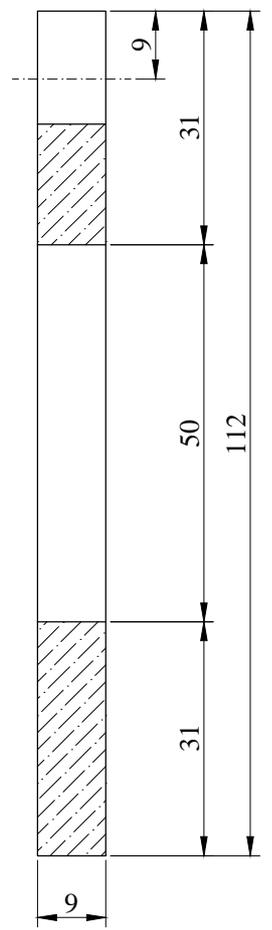


Nota: 27 espiras

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	Zincado	Acero ASTM A228		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Resorte de tracción para hilo de corte	ESCALA: 2:1	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.03.07		TOL. GRAL ±0.5

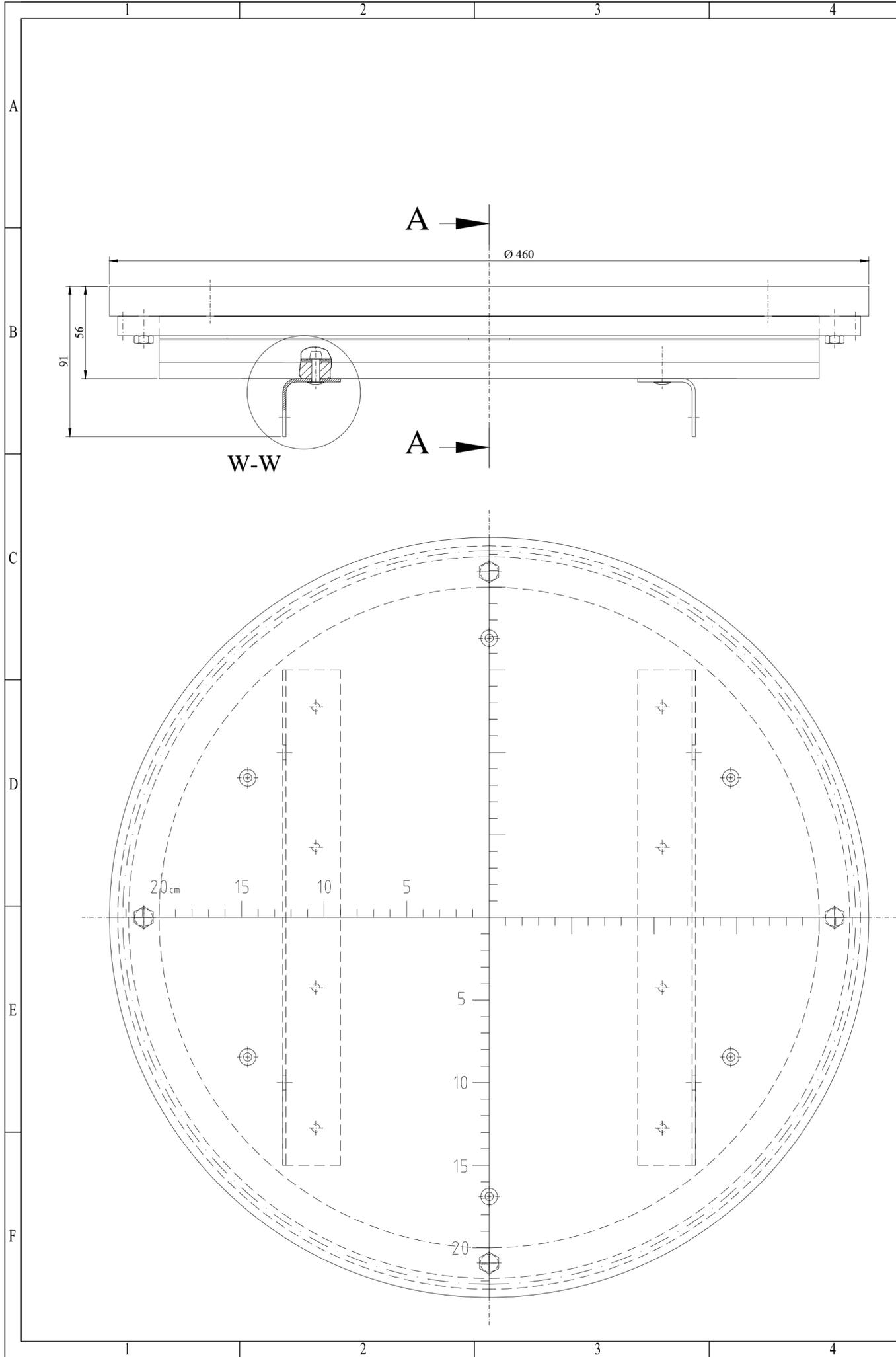


CORTE A-A

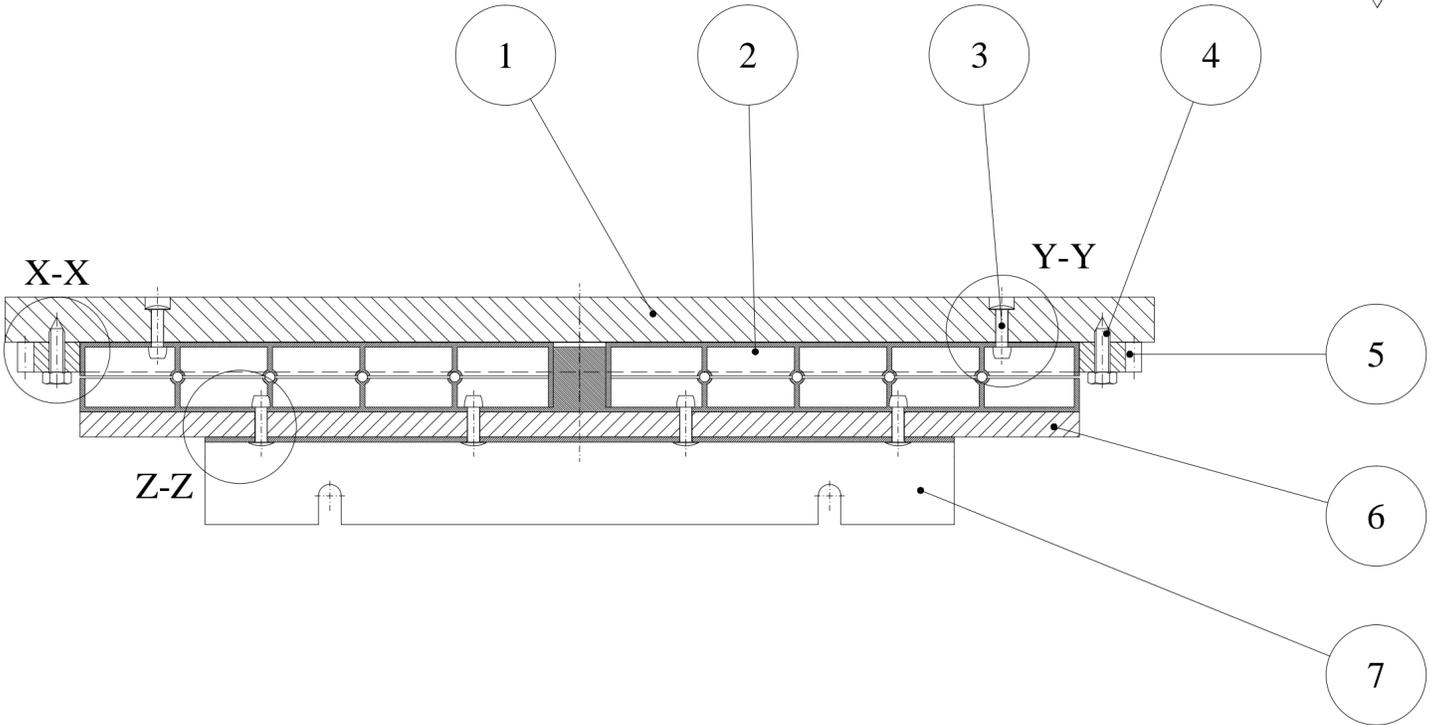


Nota: espesor 9 mm

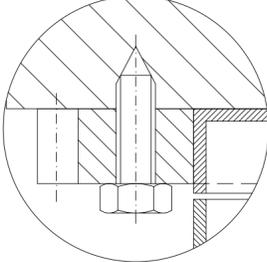
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	Maderol	Etilvinilacetato EVA (fómix)	107 x 112 mm	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Tapas de fómix de carrilera vertical	ESCALA: 1:1	CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.03.08	TOL. GRAL ±0.5	



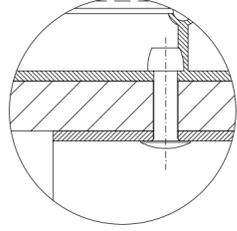
CORTE A-A



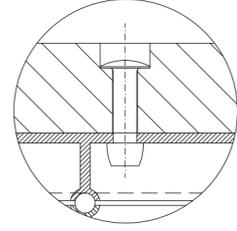
DETALLE X-X (2.5:1)



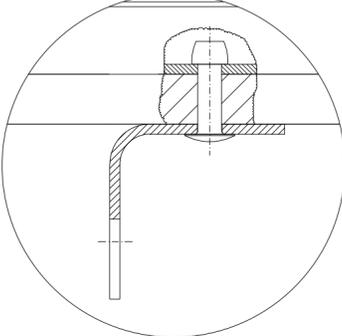
DETALLE Z-Z (2:1)



DETALLE Y-Y (2:1)



DETALLE W-W (2:1)



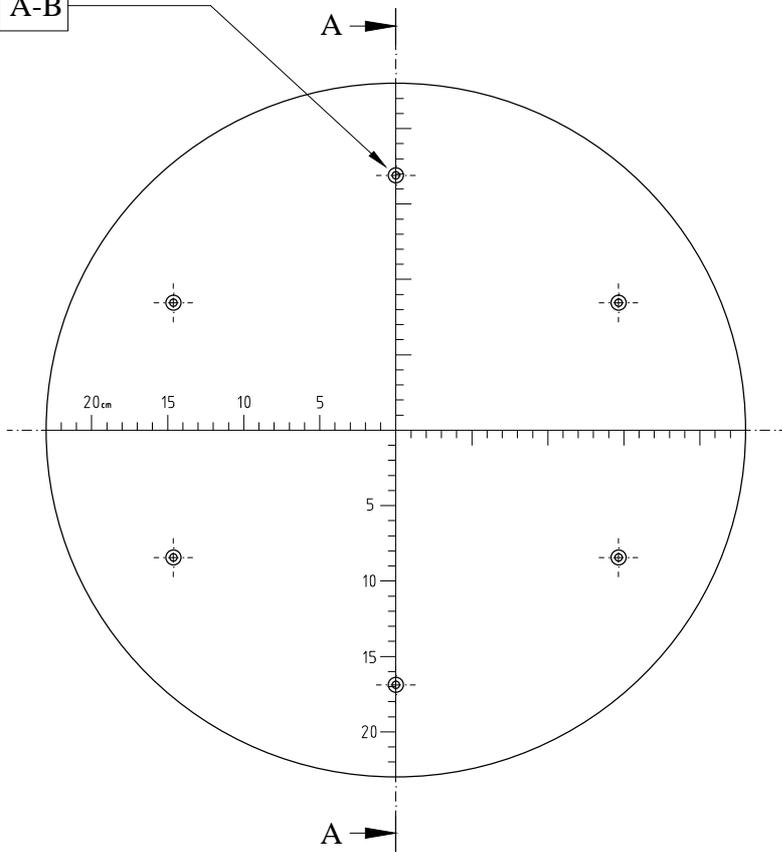
NOTA:
 - Carga máxima de materia prima a rotar ≈ 20 Kgf
 - Peso total ≈ 3.6 Kgf

7	Ángulo de soporte tornamesa	2	C8	Acero	SAE 1018; 10.8932542-8932586.00.04.05	300 mm	e=2mm
6	Disco madera inferior	1	B8	Madera triplex laurel	10.8932542-8932586.00.04.04	Ø400 mm	e=10mm
5	Rueda dentada Z148	1	B8	Nylon	ASTM 6.6; 10.8932542-8932586.00.04.02	Ø 450 mm	Z=148 dientes
4	Tornillo	4	A8	Acero zincado	ISO 1479 ST6.3 x 22 C		
3	Remache	14	A7	Aluminio	IFI 114- No. 610	Ø1/8 x 1 pulg	
2	Tornamesa plástica	1	A6	Polietileno		Ø400 mm	
1	Disco de madera superior	1	A6	Madera triplex laurel	10.8932542-8932586.00.04.01	Ø460 mm	e=18mm
Ref	Descripción	Cant	Zona	Material	Norma	Dim. Brutas	Observac.
TRATAMIENTO TÉRMICO				N/A		MATERIAL:	
RECUBRIMIENTO				N/A		DIM. BRUTAS: 195 x 119 x 114 mm	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				UPS		DIB. F. Collaguazo - J. Játiva 26-06-2015	
CONTIENE: TORNAMESA				ESCALA: 1:2 No normalizada		DIS. F. Collaguazo - J. Játiva 26-06-2015	
				CÓDIGO: 10.8932542-8932586.00.04		REV. Ing. Edwin Ibarra 26-06-2015	
						TOL. GRAL ±0.5	

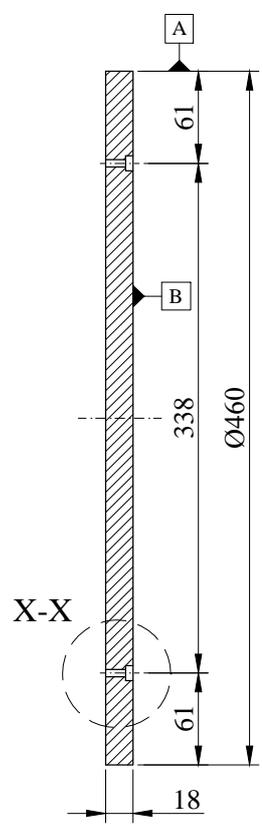


⊕ Ø0.05 A-B

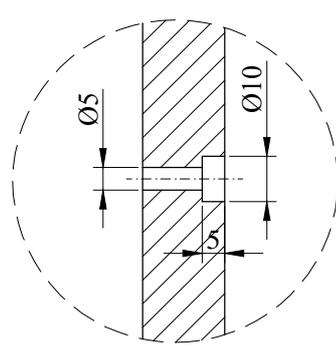
6 x Ø 5



CORTE A-A



DETALLE X-X

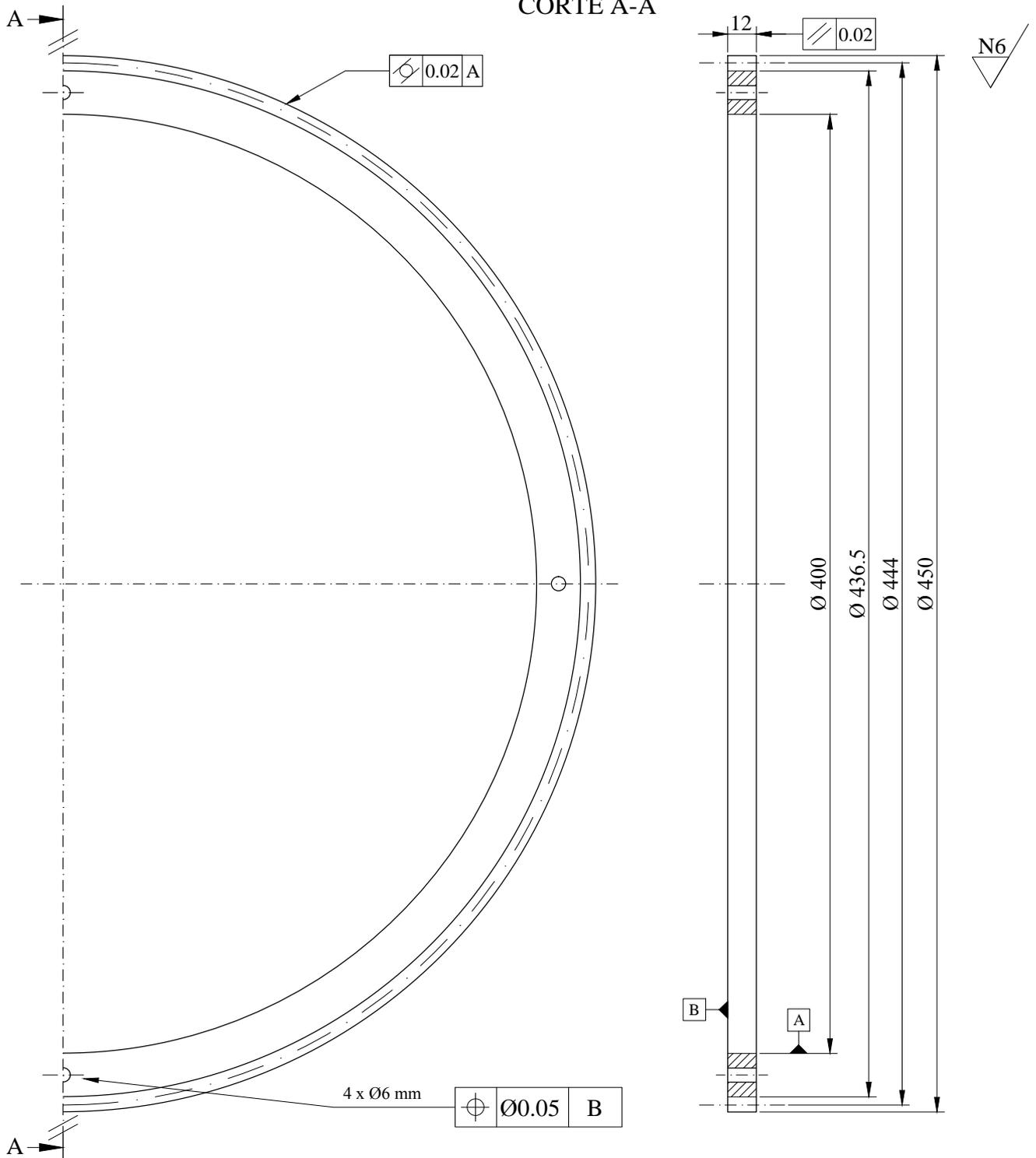


Escala: 3:1
No normalizada

Nota: espesor 18 mm

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	Maderol	Triplex madera de laurel		Ø460 mm
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE:	ESCALA:	CÓDIGO:	TOL. GRAL:	
Disco de madera superior	1:5	10.8932542-8932586.00.04.01	±0.5	

CORTE A-A

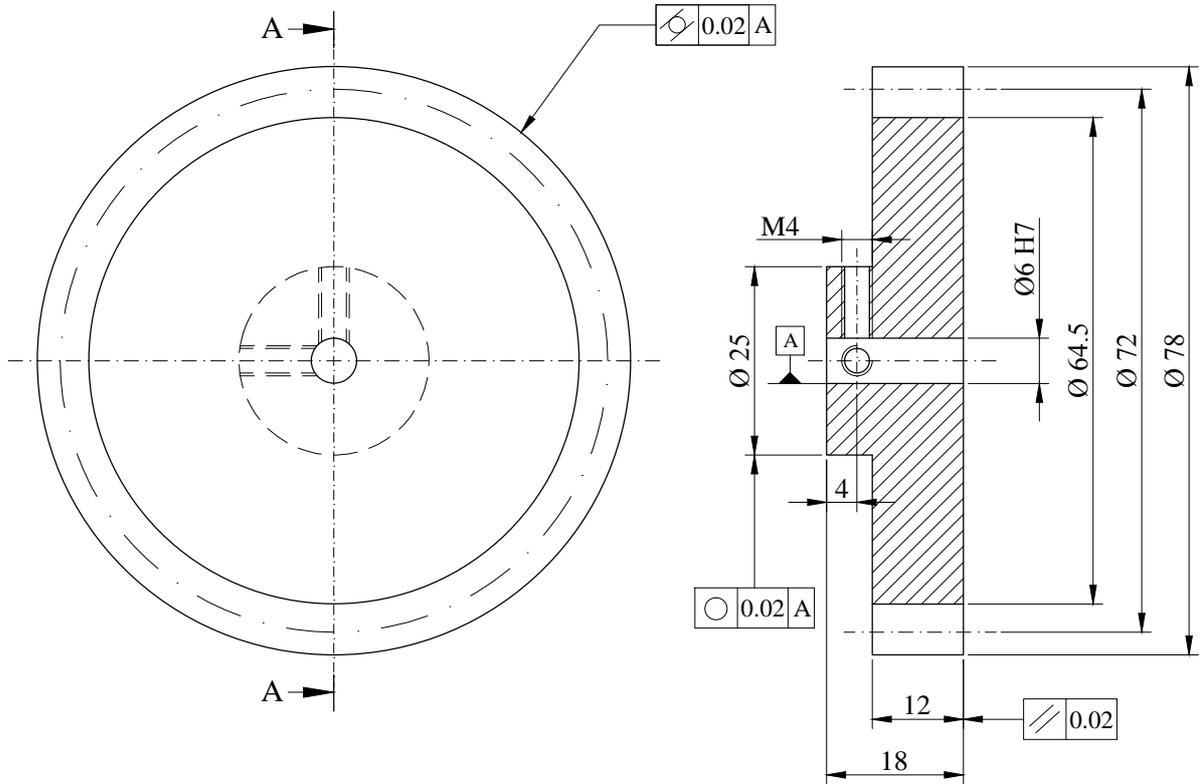


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
No. de dientes	Z	148
Módulo	M	3 mm
Paso	P	9.423 mm
Ancho de cara	F	12 mm
Diámetro exterior	De	450 mm

Diámetro primitivo	Dp	444 mm
Diámetro interior	Di	436.5 mm
Adendum	a	3 mm
Dedendum	b	1.25 mm
Altura total de diente	h	6.75 mm
Relación de transmisión	i	0.166

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	Nylon ASTM 6.6		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015	
		CONTIENE:	ESCALA:	CÓDIGO:	TOL. GRAL
Rueda dentada Z148	1:2.5	10.8932542-8932586.00.04.02	±0.5		

CORTE A-A



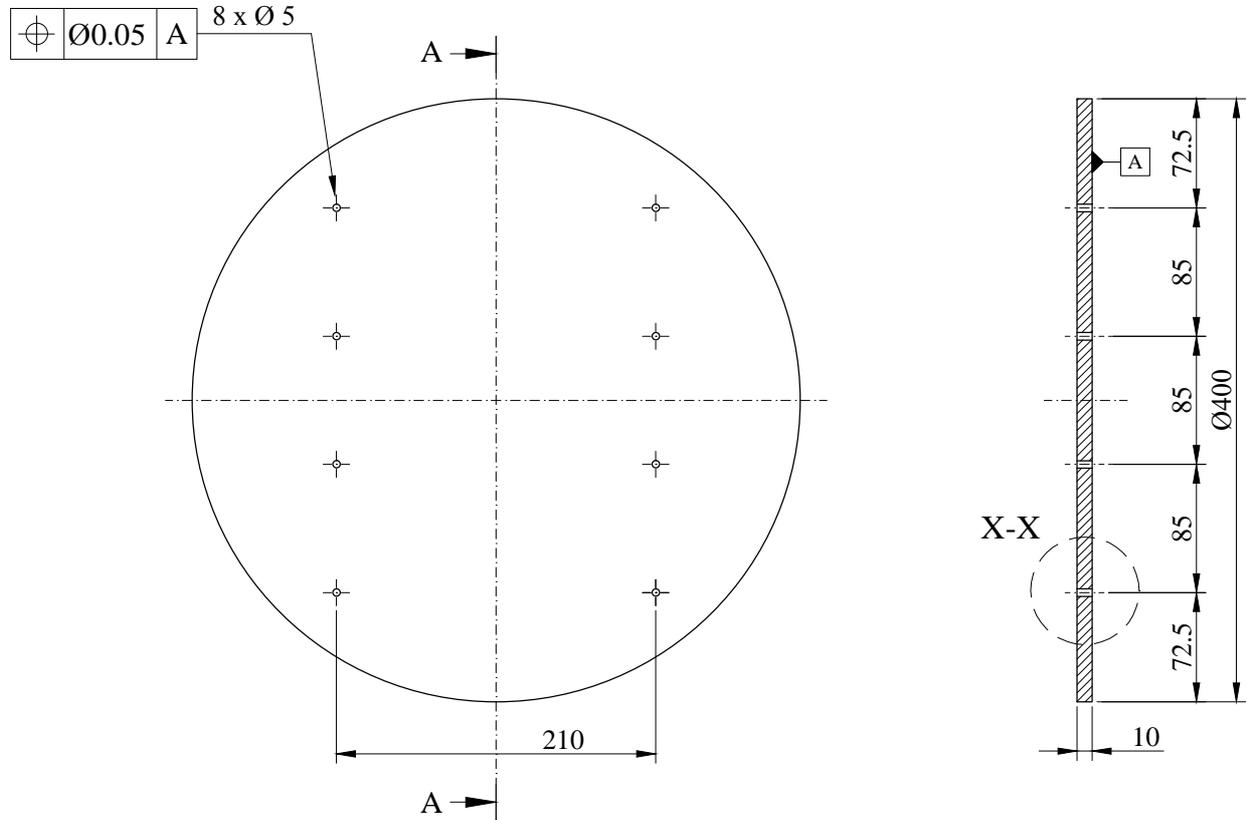
6 H7	6.012
	6.000

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
No. de dientes	Z	24
Módulo	M	3 mm
Paso	P	9.423 mm
Ancho de cara	F	12 mm
Diámetro exterior	De	78 mm
Diámetro primitivo	Dp	72 mm
Diámetro interior	Di	64.5 mm
Adendum	a	3 mm
Dedendum	b	1.25 mm
Altura total de diente	h	6.75 mm
Relación de transmisión	i	0.166

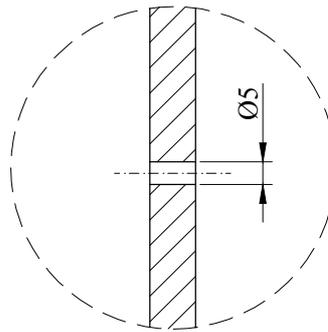
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	Nylon ASTM 6.6		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015	
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015	
		CONTIENE:	ESCALA:	CÓDIGO:	TOL. GRAL
Piñón Z24	1:1	10.8932542-8932586.00.04.03		±0.5	



CORTE A-A



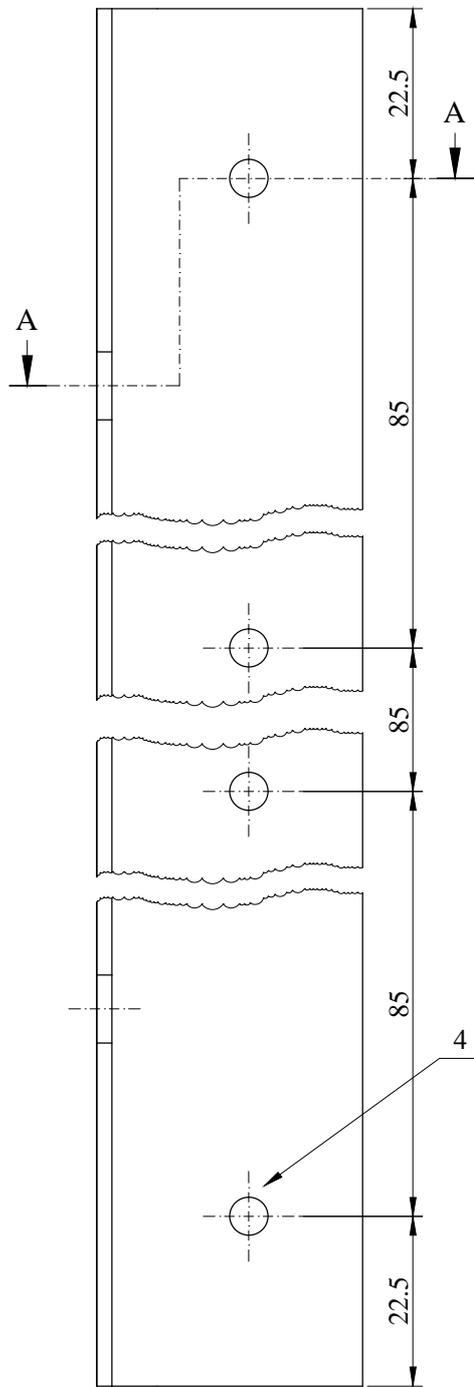
DETALLE X-X



Escala: 3:1
No normalizada

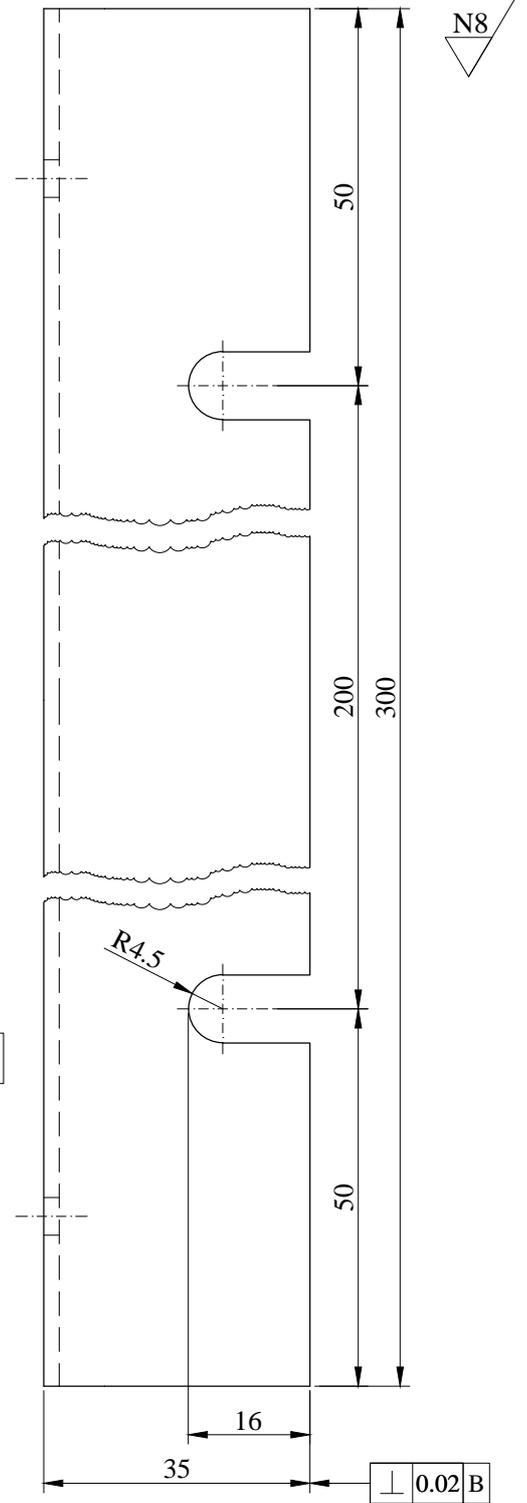
Nota: espesor 10 mm

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	Maderol	Triplex madera de laurel		Ø400 mm
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE: Disco de madera inferior	ESCALA: 1:5	CÓDIGO:	10.8932542-8932586.00.04.04	TOL. GRAL. ±0.5

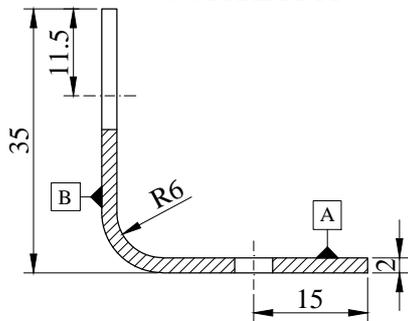


4 x Ø 5

\oplus	Ø0.05	A
----------	-------	---

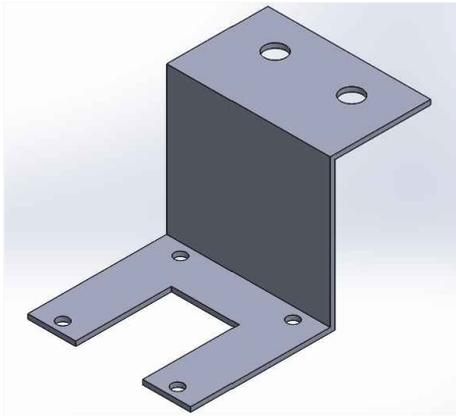
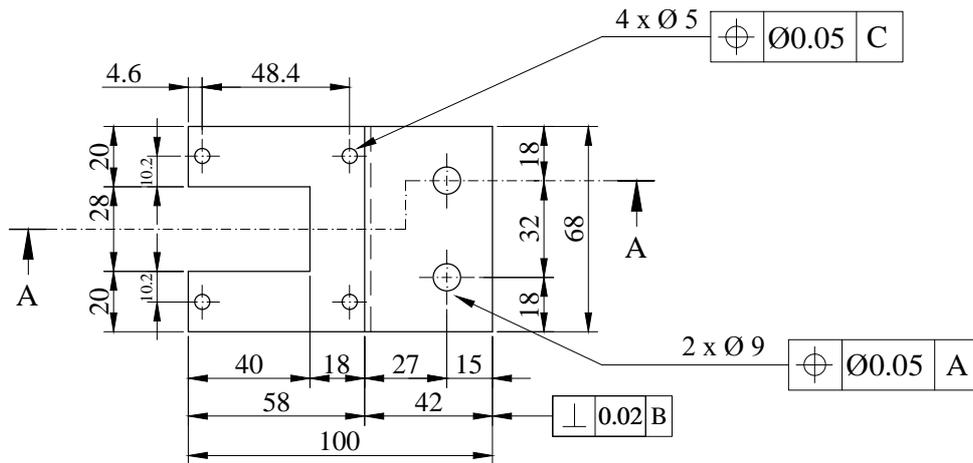
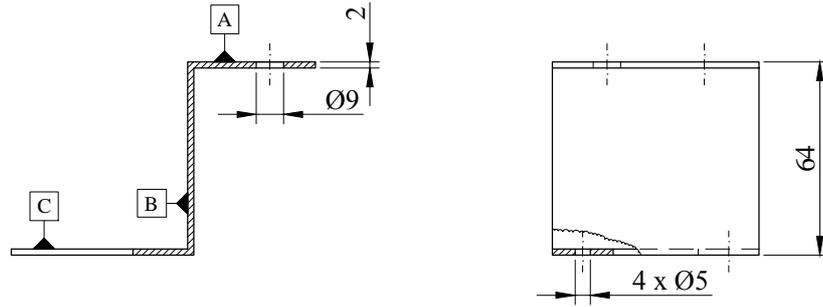


CORTE A-A



TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	DIM. BRUTAS:	
RECUBRIMIENTO	Pintura anticorrosiva	Acero SAE 1010		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
		REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE:	ESCALA:	CÓDIGO:	TOL. GRAL:	
Ángulo de soporte tornamesa	1:1	10.8932542-8932586.00.04.05	±0.5	

CORTE A-A



Escala: 1:2.5

TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:		DIM. BRUTAS:		
RECUBRIMIENTO	Pintura anticorrosiva	Acero SAE 1010				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS		DIB.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
				DIS.	F. Collaguazo - J. Játiva	26-06-2015
				REV.	Ing. Edwin Ibarra	26-06-2015
CONTIENE:	ESCALA:	CÓDIGO:		TOL. GRAL		
Soporte motor de pasos	1:2.5	10.8932542-8932586.00.04.06		±0.5		