



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Sede Santo Domingo

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Proyecto Técnico previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO, MENCIÓN EN AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL

DISEÑO DE UN MANIPULADOR NEUMÁTICO VERTICAL, CON EL EMPLEO DE TÉCNICAS CAD, PARA EL DESPLAZAMIENTO DE PIEZAS PLÁSTICAS EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA TORNOS & MANGUERAS, EN SANTO DOMINGO.

Autor
FRANKLIN LUVINO BELALCÁZAR DÁVALOS

Director
Ing. Arlys Michel Lastre, PhD.

Santo Domingo – Ecuador
Febrero, 2017

DISEÑO DE UN MANIPULADOR NEUMÁTICO VERTICAL, CON EL EMPLEO DE TÉCNICAS CAD, PARA EL DESPLAZAMIENTO DE PIEZAS PLÁSTICAS EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA TORNOS & MANGUERAS, EN SANTO DOMINGO.

Ing. Michel Lastre, *PhD.*

DIRECTOR

APROBADO

Ing. Nilo Ortega, *MBA.*

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Carlos Centeno, *MSc.*

CALIFICADOR DEL TRIBUNAL

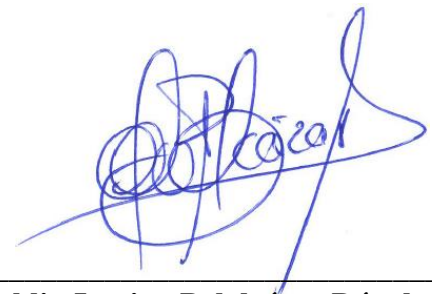
Ing. Néstor Albán, *MSc.*

CALIFICADOR DEL TRIBUNAL

Santo Domingo, _____ de _____ 2017

Autor: FRANKLIN LUVINO BELALCAZAR DÁVALOS
Institución: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL.
Título de Proyecto: DISEÑO DE UN MANIPULADOR NEUMÁTICO VERTICAL, CON EL EMPLEO DE TÉCNICAS CAD, PARA EL DESPLAZAMIENTO DE PIEZAS PLÁSTICAS EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA TORNOS & MANGUERAS, EN SANTO DOMINGO.
Fecha: FEBRERO, 2017

El contenido del presente trabajo, está bajo la responsabilidad del autor, y no ha sido plagiado.



Franklin Luvino Belalcázar Dávalos
C.C.: 1718887050

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Sede Santo Domingo

Santo Domingo 9 de febrero del 2017

Ing. Nilo Ortega, *MBA*

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Presente.

Informo que el Proyecto Técnico realizado por el Sr.: **FRANKLIN LUVINO BELALCÁZAR DÁVALOS**, cuyo título es: **DISEÑO DE UN MANIPULADOR NEUMÁTICO VERTICAL, CON EL EMPLEO DE TÉCNICAS CAD, PARA EL DESPLAZAMIENTO DE PIEZAS PLÁSTICAS EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA TORNOS & MANGUERAS, EN SANTO DOMINGO.**; ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, el mismo que no ha sido plagiado por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes.

Atentamente,



Ing. Arlys Lastre, PhD.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis hijos Frank y Lía Belalcázar.

Por ser los motivos principales para superarme cada día, por ser el motor que me impulsa, llenando de amor mi corazón y desde su tierna inocencia colmar de felicidad mi alma todos y cada uno de mis días desde su bendecida existencia.

A mis hermanas.

Quienes representan mis bendiciones y por las cuales debo también el desarrollo de mi sentido de responsabilidad y amor al prójimo.

A mi hermano Lior Belalcázar D.

Por compartir conmigo momentos importantes de su vida, demostrando su amor incondicional y desinteresado, por su actitud resiliente siendo un puntal fundamental para mi desarrollo personal.

A mi madre Sra. Marcia Dávalos.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Sr. Franklin Belalcázar.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad. Le doy gracias a mis padres Marcia y Franklin por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir. A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar.

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO
PROYECTO TÉCNICO

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1718887050
APELLIDO Y NOMBRES:	Belalcázar Dávalos Franklin Luvino
DIRECCIÓN:	Av. Abraham Calazacón
EMAIL:	franko19874@outlook.com
TELÉFONO FIJO:	0999307738
TELÉFONO MOVIL:	0993689967

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño de un manipulador neumático vertical, con el empleo de técnicas CAD, para el desplazamiento de piezas plásticas en línea de producción de la empresa Tornos & Mangueras, en Santo Domingo.
AUTOR O AUTORES:	Belalcázar Dávalos Franklin Luvino
FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:	Febrero 2017.
DIRECTOR DEL PROYECTO TÉCNICO	Ing. Arlys Lastre, PhD.
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Electromecánico, mención Automatización Industrial.
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	<p>En la presente investigación se hace referencia a los resultados del diseño de un manipulador neumático vertical para la movilización de piezas plásticas a través de procesos CAD en la empresa Tornos & Mangueras de Santo Domingo de los Tsáchilas, ubicada en el redondel Orangine de la vía Chone. En una fase inicial de la investigación se analiza las posibles mejoras para el desplazamiento de piezas desde el proceso de inyección al de sujeción, donde el autor define como objetivo general: “Diseñar un manipulador neumático vertical para la movilización de piezas plásticas a través de procesos CAD.</p> <p>El informe de la investigación se parte con un primer capítulo donde se identifican los elementos principales del problema de estudio, así como la justificación y alcance</p>

	<p>de la investigación. En un segundo capítulo se establecen los aspectos teóricos que sirven de soporte para la aplicación de la metodología adecuada para el diseño del manipulador neumático.</p> <p>En un tercer capítulo se especifica la metodología aplicada, con las fórmulas y conceptos considerados para el diseño. Posteriormente en el cuarto capítulo se muestran los resultados de los elementos del diseño básico y detalle, así como la simulación y características de los esfuerzos, además de las condiciones necesarias para los requerimientos de construcción del manipulador.</p> <p>En la parte final del informe se establecen las conclusiones y recomendaciones de la investigación, unido a la presentación de la bibliografía consultada, para culminar el informe con la exposición de los planos y diseños de la estructura del manipulador neumático vertical.</p>
PALABRAS CLAVES:	Manipulador neumático vertical, procesos CAD.
ABSTRACT	<p>The present research refers to the results of the design of a vertical pneumatic manipulator for the mobilization of plastic parts through CAD processes in the company Tornos & Hoses of Santo Domingo de los Tsáchilas, located at the Orange circle on Chone Avenue. In an initial phase of the investigation the possible improvements for the displacement of pieces from the injection process to the one of subjection are analyzed, where the author defines as general objective: "To design a vertical pneumatic manipulator for the mobilization of plastic pieces through processes CAD.</p> <p>The report of the investigation starts with a first chapter where the main elements of the problem of study, as well as the justification and scope of the investigation are identified. A second chapter establishes the theoretical aspects that support the application of the</p>

	<p>appropriate methodology for the design of the pneumatic manipulator.</p> <p>The third chapter specifies the applied methodology, with the formulas and concepts considered for the design. Subsequently in the fourth chapter the results of the elements of the basic design and detail, as well as the simulation and characteristics of the efforts, besides the conditions necessary for the construction requirements of the manipulator are shown.</p> <p>The final part of the report establishes the conclusions and recommendations of the research, together with the presentation of the bibliography consulted, to culminate the report with the presentation of the plans and designs of the structure of the vertical pneumatic manipulator.</p>
KEYWORDS	Vertical pneumatic manipulator, CAD processes.

Se autoriza la publicación de este Proyecto Técnico en el Repositorio Digital de la Institución.



f: _____
 Belalcázar Dávalos Franklin Luvino
 C.I. 1718887050

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Franklin Luvino Belalcazar Dávalos**, CI. 1718887050 autor del Proyecto Técnico titulado: **Diseño de un manipulador neumático vertical, con el empleo de técnicas CAD, para el desplazamiento de piezas plásticas en línea de producción de la empresa Tornos & Mangueras, en Santo Domingo.**, previo a la obtención del título de **INGENIERO ELECTROMECAÁNICO, MENCIÓN EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL** en la Universidad Tecnológica Equinoccial Sede Santo Domingo.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 06 de febrero de 2017



f: _____
Belalcazar Dávalos Franklin Luvino
C.I. 1718887050

TORNOS & MANGUERAS

Dirección: Av. de los Colonos No 1000, By pass Chone-Quevedo
Santo Domingo de los Colorados- Ecuador
Teléfonos: 3751541 / 3751107

Santo domingo, 21 de octubre de 2015

Señores:
Coordinación De Electromecánica
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Yo, TURHAN VARGAS RIVERA, portador de la cédula de identidad # 1705955449, en calidad de Gerente de "TORNOS Y MANGUERA PLÁSTICOS", tengo a bien comunicar:

El interés de nuestra empresa en que se nos colabore con el diseño de un **MANIPULADOR NEUMÁTICO VERTICAL** para movilización de piezas plásticas que ayudaría agilizando el proceso de producción, interés mostrado por el señor **FRANKLIN BELALCAZAR** estudiante de la institución a la ustedes representan, mismo que también servirá para la realizar su proyecto para la obtención de título de Ingeniero.

Por la atención a la presente me suscribo de Ustedes.

Atentamente,



ÍNDICE DE CONTENIDOS

Portada.....	I
Sustentación y aprobación de los integrantes del tribunal.....	II
Responsabilidad del autor.....	III
Aprobación del director.....	IV
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento.....	VI
Formulario de registro bibliográfico de Proyecto de titulación.....	VII
Declaración y autorización.....	X
Acta de auspicio.....	XI
Índice de contenidos.....	XII
Índice de figuras.....	XIV
Índice de tablas.....	XVI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema.....	1
1.3 Objeto de investigación y campo de acción	1
1.4 Objeto de investigación y campo de acción	2
1.5 Objetivo general	2
1.5.1 Objetivos específicos.....	2
1.6 Alcance de la investigación	3
1.7 Métodos de investigación	3
II. MARCO REFERENCIAL	4
2. Marco teórico	4
2.1 Automatización	4
2.2. Neumática.....	5
2.2.1 Importancia del aire comprimido en la neumática	5
2.1.2 Manipulador neumático.....	6
2.1.3 Sistemas neumáticos en la industria.....	6
2.1.4 Sistemas CAD/CAE	7

2.3	Actuadores o cilindros neumáticos.....	7
2.4	Actuadores de simple efecto.....	8
2.5	Cilindros doble efecto	8
2.6	Compresores	9
2.6.1	Compresores de émbolo alternativo	9
2.6.2	Compresor de émbolo giratorio.....	10
2.6.3	Compresores de flujo.....	10
2.7	Válvulas neumáticas.....	11
2.8	Unidad de mantenimiento	12
2.9	Sensores.....	12
2.10	Estructura mecánica de un robot	13
III.	METODOLOGÍA.....	24
3.1.	Esquema general de la estructura mecánica	25
3.2.	Selección y cálculo de elementos y materiales a utilizar	26
3.2.1	Selección del cilindro vertical (CV).....	26
3.2.2.	Diseño de la pieza deslizante.....	28
3.2.3	Selección del perfil cuadrado	32
3.2.4.	Selección del Cilindro Horizontal	34
3.2.5.	Diseño del eje.....	36
3.2.6.	Selección del actuador giratorio	42
IV.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	51
4.1.	Modelación y simulación de esfuerzos del brazo hidráulico.	51
4.2.	Circuito electro neumático.....	56
4.3.	Diseño del Área de Trabajo del Manipulador.	58
4.4.	Presupuesto de gasto estimado del manipulador.....	60
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
	ANEXOS.....	64
	PLANOS	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Tipos de articulaciones para robots	14
Fig. 2. Configuraciones más frecuentes en robots industriales.....	14
Fig. 3. Robot con configuración Cartesiana	15
Fig. 4. Brazo Manipulador. Configuración Cilíndrica.....	16
Fig. 5. Brazo Manipulador. Configuración Esférica - Polar.....	17
Fig. 6. Robot utilizado en la industria para soldadura	18
Fig. 7. Brazo manipulador de carga y descarga.....	19
Fig. 8. Robot Sacara.....	19
Fig. 9. Robot de Paletizado.....	20
Fig. 10. Manipuladores utilizados en Salas blancas	22
Fig. 11. Esquema del Volumen de Trabajo	24
Fig. 12. Esquema del dispositivo completo	25
Fig. 13. Esquema del cilindro vertical	26
Fig. 14. Esquema de la pieza deslizante.	28
Fig. 15. Área de contacto para nuestro análisis	30
Fig. 16. Perfil cuadrado.....	32
Fig. 17. Diagrama de cuerpo libre	35
Fig. 18. Esquema del eje.....	36
Fig. 19. Esquema para determinar esfuerzos	40
Fig. 20. Bloque a levantar.....	43
Fig. 21. Cilindro vertical.....	44
Fig. 22. Pieza deslizante o placa que soportará la carga a desplazar	44
Fig. 23. Cilindro horizontal.....	45
Fig. 24. Cilindro horizontal.....	46
Fig. 25. Eje a utilizar.....	47
Fig. 26. Diagrama velocidad vrs. Desplazamiento angular.	48
Fig. 27. Diagrama para el análisis de esfuerzos y desplazamientos.	51
Fig. 28. Diagrama para el análisis de esfuerzos y desplazamientos.	51
Fig. 29. Diagrama para el análisis de esfuerzos y desplazamientos.	52
Fig. 30. Esquema del desplazamiento originado por la carga.	53

Fig. 31. Diagrama de <i>Von Mises Stress</i> en el brazo.....	53
Fig. 32. Fragmento de Código en LISP para el movimiento del brazo mecánico.	55
Fig. 33. Fragmento de Código en LISP para el movimiento del brazo mecánico.	55
Fig. 34. Representa la distribución realizada a la mesa de trabajo.	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Presupuesto de gasto parte mecánica.....	60
Tabla 2. Presupuesto de gasto parte neumática	61
Tabla 3. Presupuesto de gasto total.....	61

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En los procesos de producción actual es necesario estar continuamente revisando las alternativas de optimizar los procesos a través de diversas gestiones industriales. La industria evoluciona y en su ritmo acelerado los procesos de producción y manufactura dan grandes pasos en el sector. Este desarrollo industrial motiva a los propietarios de empresas e industrias la evaluación y revisión de alternativas que reduzcan costos y eleven la producción de las empresas; en función de esto surgen la necesidad de implementar procesos automatizados que optimicen tiempo y consoliden procesos.

La empresa Tornos & Mangueras, perteneciente al señor Turhan Vargas es una de las empresas más antiguas de la ciudad de Santo Domingo dedicada a fabricación de piezas plásticas para diversas áreas del mercado. La empresa ha ido evolucionando su proceso de producción de forma satisfactoria con la implementación de dispositivos y herramientas que faciliten los procesos productivos. Actualmente dentro de la empresa existe una dificultad en la transportación de las piezas que salen del proceso de inyección hasta el dispositivo de sujeción, donde se realizan los cortes de material excedente en las piezas, repitiendo esta operación de manera cíclica. Se pierde tiempo al transportar manualmente la pieza, además de los riesgos existentes para los operarios, lo cual genera una alta probabilidad de accidente de trabajo.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo contribuir a movilización eficiente de las piezas que salen del proceso de inyección hasta el dispositivo de sujeción en la empresa Tornos & Mangueras?

1.3 Justificación

Desde el punto de vista social la automatización en los procesos industriales ayuda a la prevención de riesgos laborales en las empresas, permite mantener las normas de

seguridad adecuadas y facilita la utilización de los operarios en actividades satisfactorias según la línea de producción. La viabilidad investigativa de la presente investigación se respalda en el hecho de reducir costos para la empresa, así como también se profundiza en los diseños adecuados a partir de los procesos CAD que facilitan la implementación de dispositivos automatizados para la optimización de los procesos industriales.

1.4 Objeto de investigación y campo de acción

El objeto de estudio de la presente investigación es el proceso de producción de piezas plásticas de la empresa Tornos & Mangueras de la ciudad de Santo Domingo.

El campo de acción es dentro del proceso de producción, la movilización de las piezas plásticas que salen del proceso de inyección hasta el dispositivo de sujeción.

1.5 Objetivo general

Diseñar un manipulador neumático vertical para la movilización de piezas plásticas a través de procesos CAD en la empresa Tornos & Mangueras.

1.5.1 Objetivos específicos

- ✓ Determinar los aspectos teóricos que sustentan la utilización manipuladores neumáticos para la transportación de piezas en los procesos industriales.
- ✓ Aplicar una metodología de investigación favorable para el diseño de manipuladores neumáticos en la transportación de piezas.
- ✓ Diseñar a través de procesos CAD un manipulador neumático que permita la transportación de forma eficiente de las piezas en la empresa Tornos & Mangueras.
- ✓ Analizar la factibilidad que genera el uso manipuladores neumáticos para la transportación de piezas en los procesos industriales.

1.6 Alcance de la investigación

El alcance del tema de investigación es diseñar, un manipulador neumático vertical para la movilización de piezas plásticas en el proceso de producción de la empresa Tornos & Mangueras; de forma tal que facilite un mejor aprovechamiento de los procesos dentro de la fábrica.

1.7 Métodos de investigación

Método Inductivo: Se aplica el siguiente método para determinar a partir de hechos singulares criterios generalizados, según afirma Bernal (2010:59), este método de razonamiento se utiliza en la investigación para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, es decir a partir del diseño conceptual se analiza la factibilidad de implementar el manipulador vertical con interés de aplicación con carácter general.

Método de Análisis: Se utiliza dentro del método de análisis el histórico-social para describir la evolución que el objeto de estudio va desarrollando en el tiempo, estableciendo un estudio comparativo. (Sabino, 1992). Este método se aplica en la investigación para hacer un análisis de la evolución de los estudios de transportación de materiales en procesos productivos similares a la línea de estudio, y como han sido efectivos con sus automatizaciones.

II. MARCO REFERENCIAL

2. Marco teórico

2.1 Automatización

En la historia de la humanidad, el ser humano se ha visto en la necesidad de buscar herramientas que le faciliten su interacción con el entorno, esto ha impulsado el surgimiento de nuevas y sofisticadas herramientas de trabajo. Según (Ignasi Brunet Icart, 2014), la automatización parte de realizar con una máquina o máquinas las labores o actividades del ser humano en la industria, con la finalidad de incrementar la velocidad del trabajo, su productividad, reducir costos y aumentar ganancias, explotando la facilidad que ofrece la automatización para simular en gran medida la mayoría de los esfuerzos humanos.

Los principios esenciales de la automatización vienen con la revolución industrial en el 1750, donde se implementan máquinas tejedoras controladas por tarjetas perforadas, así para el 1870 ya se utilizan las máquinas especiales para cortes de metal, y ya para 1940 Surgen los controles hidráulicos, neumáticos y electrónicos para máquinas de corte automáticas; y unos 30 años después para los finales de los 70 se desarrollan técnicas de control numérico directo y manufactura computadorizada, que es el soporte de la automatización actual. (Ídem)

La automatización tiene como propósito reducir los costos e incrementar las ganancias de la industria, que estas produzcan mucho más de lo que anteriormente se hacía solo con la mano de obra, si no que facilite el campo labor y por ende la producción va generando más ingresos, por eso para emplear un buen sistema de automatización se debe tener en cuenta: costos de diseño, la viabilidad del estudio, la forma de ensamble, los costos de prueba, diseño actual del sistema, los costos de mantenimiento y operación del sistema.

2.2. Neumática

La tecnología neumática ha incrementado su importancia de manera considerable en el área de la automatización de los lugares de trabajo, logrando talleres de máquinas y robots que facilitan las labores de los operarios. Esta tecnología tiene como enfoque el estudio del comportamiento y aplicación del aire comprimido, ya que, ciertas características de éste lo convierten en una herramienta útil para la fabricación y producción productos. (Parker Corporation, 2012).

2.2.1 Importancia del aire comprimido en la neumática

Dentro de la neumática el aire comprimido es muy importante ya que cuando se suministra en un neumático debe contar con el nivel de calidad suficiente para lograr la confiabilidad, para esto es necesario tomar en cuenta la presión correcta del aire y la proporción de aire seco y aire limpio.

Si no se verifica dichos aspectos o factores puede ocasionar el daño temporal o la inactivación del componente o máquina y si esto llegase a pasar por ende habrá un elevado índice de pérdidas para la empresa, incluso ese neumático va a tener un deterioro de la vida útil del sistema neumático.

Unas de las características del aire son:

- Carece de fuerza entre sus moléculas por lo que el aire puede ser comprimido y tiene la tendencia a expandirse. (Boyle-Mariott).
- Para lograr la compresión, el aire pasa por una serie de elementos antes de llegar al punto de consumo. Estos elementos son: filtro de aspiración, compresor, acumulador de aire a presión, secador, regulador de presión y puntos de evacuación de condensado.

2.1.2 Manipulador neumático

Los manipuladores son mecanismos que generalmente se construyen por sistemas de elementos seriados que están articulados entre sí con la finalidad de desplazar o mover objetos dentro de las industrias, criterio que afirma (Creus Solé, 2010). El hecho de estar automatizado le permite un auto funcionamiento bajo la supervisión del hombre. Para el caso de la empresa de estudio, no existe experiencia en el uso de los dispositivos neumáticos para la automatización de procesos, siendo un aspecto ventajoso el considerar que la neumática ofrece a la industria ventajas de operación considerables en la elaboración de sus productos tales como: disponibilidad, compresibilidad y mantenimiento fácil del aire, facilidad de transporte, es a prueba de incendios y explosiones, de fácil control y costos bajos.

2.1.3 Sistemas neumáticos en la industria

En la industria la mecanización y automatización es el medio de un sistema de neumáticos ya que dan trabajo en tareas complejas delegando un control neumático y así un incremento en la eficiencia del trabajo. Además dentro de muchas plantas o industrias existe un sistema básico que se debe cumplir para el buen funcionamiento de esto; como bien es cierta cada empresa tiene sus componentes y son:

- Planta de compresores: aire comprimido para generar la cantidad de aire que el sistema demanda.
- Tubería: planta de compresores hasta el punto de consumo de la energía neumática.
- Válvulas de control: Éstas tienen la finalidad de regular, controlar y monitorear la energía neumática
- Actuador neumático: Para efectuar el trabajo se utilizan diversas clases de cilindros y motores neumáticos
- Aparatos auxiliares: Estos tienen la finalidad de obtener un mejor rendimiento del sistema neumático

2.1.4 Sistemas CAD/CAE

El Computer-aided design (CAD) es el uso de programas computacionales para crear representaciones gráficas de objetos físicos ya sea en segunda o tercera dimensión (2D o 3D). El software CAD puede ser especializado para usos y aplicaciones específicas. CAD es ampliamente utilizado para la animación computacional y efectos especiales en películas, publicidad y productos de diferentes industrias, donde el software realiza cálculos para determinar una forma y tamaño óptimo para una variedad de productos y aplicaciones de diseño industrial. (Siemens Product Lifecycle Management Software Inc, 2015)

Ventajas de utilizar sistemas CAD/CAE

A partir de la revisión de la literatura se pudo constatar que las ventajas de utilizar los diseños CAD para la fabricación de herramientas en la industria, viene expresada por los siguientes beneficios como menores costos de desarrollo de productos, aumento de la productividad, mejora en la calidad del producto y un menor tiempo de lanzamiento al Mercado.

2.3 Actuadores o cilindros neumáticos

En los actuadores neumáticos consiste en que es menos costosos y más seguros que otros sistemas, sin embargo, es difícil controlar la velocidad o la posición debido a la compresibilidad del aire que se utiliza. Este aire que es comprimido es abastecido por un compresor y esta atraviesa las mangueras.

Un actuador o cilindro neumático es un elemento que tiene como objetivo transformación de la energía, esta se lleva a cabo cuando el actuador recibe la señal de salida. Este elemento tiene como consecuencia los tipos de movimiento del actuador y el que provoca la señal de salida por ello se clasifican en:

- De movimiento rectilíneo o lineal: que a su vez, se dividen en cilindros de efecto simple y cilindros de efecto doble.
- De movimiento giratorio: que pueden ser: motor neumático, actuador giratorio y accionamiento oscilante.

2.4 Actuadores de simple efecto

Este tipo de cilindro o actuador tiene movimiento de translación ya que solo se le aplica presión solo por un extremo con el aire comprimido, con lo cual solo realiza trabajo en un sentido, cuando el aire que les ha hecho salir escapa, retroceden, lo que quiere decir, que sólo es alimentado de aire por un lado, por esta razón este tipo de componentes únicamente puede realizar el trabajo en un sentido.

Los cilindros de simple efecto retorno - muelle se utilizan principalmente como cilindros de sujeción de piezas y bloqueo de elementos mecánicos.

Los cilindros de simple efecto retorno por fuerza externa solo se pueden utilizar en aquellos casos en los cuales la carga (lo que deba mover) empuje hacia atrás al cilindro. Este movimiento de retorno debe contar con suficiente velocidad poniendo énfasis en no provocar que el cilindro tenga que soportar una carga.

2.5 Cilindros doble efecto

Los cilindros de doble efecto pueden realizar el trabajo en ambas direcciones porque se les aplica la presión en ambas caras del émbolo, este tipo de cilindros no lleva mecanismo de retorno como muelle. Ambas direcciones tienen como función alimentar y evacuar el aire a presión. De forma distinta a los cilindros simple efecto, este tipo de actuadores pueden realizar trabajos en dos sentidos. Sus aplicaciones más comunes se encuentran en la detección sin contacto.

2.6 Compresores

Un compresor en cualquier circuito es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tales como gases y vapores, además es la parte más importante donde se produce el aire comprimido, y por lo tanto es considerado una máquina o un dispositivo que tiene la finalidad de tomar aire con unas determinadas condiciones.

Al igual que las bombas, los compresores también desplazan fluidos, pero a diferencia de las primeras que son máquinas hidráulicas, éstos son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible

2.6.1 Compresores de émbolo alternativo

Compresor de émbolo

En este tipo de compresores se introduce el gas por medio de unas válvulas de entrada al cilindro, es aquí en donde se estanca y se realiza el proceso de compresión, para después ser expulsado por medio de las válvulas de escape.

Compresor de membrana

Este tipo de compresores pertenece a la familia de los compresores de émbolo, ya que también poseen uno, con la diferencia de que una membrana separa al émbolo de la cámara de compresión con la finalidad de mantener el aire limpio interrumpiendo el paso de aceite del compresor al aire, haciendo a estos componentes óptimos para la industria alimenticia, química o farmacéutica.

2.6.2 Compresor de émbolo giratorio

Compresores rotativos

Este tipo de dispositivo es un tipo de compresor en el cual el rotor gira en el interior de un estator cilíndrico tiene un principio de trabajo similar al de las bombas rotativas, también son conocidos como centrífugos, expulsan y comprimen el gas de trabajo por medio de un mecanismo constituido por ruedas de paletas o placas.

Los compresores de paletas se pueden operar con valores típicos de entre 1,1 y 75 kW (de 1,5 a 100 CV), produciendo presiones de trabajo de 7 a 8 y 10 bar (101 a 145 psi).

Compresor de lóbulos (roots)

Éstos compresores se encuentran formados por dos o tres lóbulos simétricos además de ser un compresor de desplazamiento positivo. Este tipo de maquina usa unos rotores de lóbulos o émbolos rotativos para comprimir el aire. El principio de funcionamiento está basado en el giro de dos rotores de lóbulos en el interior de la carcasa. Los rotores giran de forma sincronizada y en sentido contrario, formando entre ellos unas cámaras en las que entra el aire.

Cuentan con la ventaja de no requerir ningún tipo de válvulas haciéndolos ideales para trabajar a baja presión debido a que no generan pérdidas de impulsión o aspiración, dando como resultado que puedan manejar caudales volumétricos.

2.6.3 Compresores de flujo

Compresor radial

Los compresores radiales, también llamados compresores centrífugos, son un tipo especial de turbo maquinaria que incluye bombas, ventiladores, o compresores. Éste tipo de compresores tiene como principio la compresión del aire aprovechando la fuerza

centrífuga, la cual se lleva a cabo en una cámara de forma espiral que contiene dentro de sí un rotor centrífugo que toma aire en sentido axial para después ser proyectado con una fuerza poderosa de manera radial y es en este punto donde la fuerza centrífuga toma su lugar,

Los compresores radiales se usan industrialmente por varias razones: tienen menos componentes a fricción, también relativamente eficientes, y proporcionan un caudal mayor que los compresores alternativos (o de desplazamiento positivo) de tamaño similar.

Compresor axial

Éste tipo de compresor está constituido por una rejilla variable y una fija, las cuales juntas, forman una célula del compresor. Los compresores axiales poseen un mayor número de células que los compresores centrífugos.

El compresor axial fue utilizado en alguna de las primeras turbinas, pero debido a los pocos conocimientos de aerodinámica de la época, dio como resultado compresores con rendimientos muy bajos.

2.7 Válvulas neumáticas

Las válvulas neumáticas son dispositivos que dependiendo de sus características y tipo nos ceden el control para el arranque, parada, dirección o sentido de flujo del aire utilizado en un circuito neumático. Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión del aire. A continuación se describen los diferentes tipos de válvulas:

- Válvulas de vías o distribuidores.
- Válvulas de bloqueo.
- Válvulas de presión.
- Válvulas de caudal.
- Válvulas de cierre

2.8 Unidad de mantenimiento

Para contar con que un circuito neumático trabaje de manera óptima y que tenga un promedio de vida aceptable se tiene que prestar singular atención al acondicionamiento del aire presurizado, dicho acondicionamiento se lleva a cabo por medio de un proceso de filtración, lubricación y regularización que se puede realizar por elementos separados, y es aquí donde surge la unidad de mantenimiento, que es una unidad operativa que cuenta con las funciones de acondicionamiento antes mencionadas y es colocada antes de toda la instalación del circuito neumático.

2.9 Sensores

Éstos son los dispositivos encargados de la transformación de cualquier tipo de cantidad física en otra cantidad física pero diferente, en otras palabras, convierten las características de un entorno en una medida cuantitativa, todos aquellos lugares donde no sea posible detectar magnitudes eléctricas se requiere la sensores. Convierte una magnitud física en una magnitud eléctrica como. Muchos de los sensores son eléctricos o electrónicos aunque existen de otros tipos, se cuenta en el mercado son:

- Sensores de luz
- Sensores de presión y fuerza
- Sensores de sonido
- Sensores para medición de distancia
- Sensores de gravedad (posición)
- Sensores de temperatura
- Sensores de humedad
- Sensores de velocidad
- Sensores de magnetismo
- Sensores de ubicación geográfica
- Sensores de proximidad

2.10 Estructura mecánica de un robot

Mecánicamente, un robot está formado por una serie de elementos o eslabones unidos mediante articulaciones que permiten un movimiento relativo entre cada dos eslabones consecutivos. La constitución física de la mayor parte de los robots industriales guarda cierta similitud con la anatomía del cuerpo humano, por lo que en ocasiones, para hacer referencia a los distintos elementos que componen el robot, se usan términos como cuerpo, brazo, codo y muñeca.

El movimiento de cada articulación puede ser de desplazamiento, de giro, o de una combinación de ambos. De este modo son posibles los seis tipos diferentes de articulaciones:

- Esférica o rótula
- Planar
- Tornillo
- Prismática
- Rotación
- Cilíndrica

Cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior, se denomina grado de libertad (GDL). En la Figura 31 se indica el número de GDL de cada articulación. El número de grados de libertad del robot viene dado por la suma de los grados de libertad de las articulaciones que lo componen. Puesto que las articulaciones empleadas actualmente en los robots industriales son únicamente las de rotación y prismática con un solo GDL cada una, el número de GDL del robot suele coincidir con el número de articulaciones de que se compone.

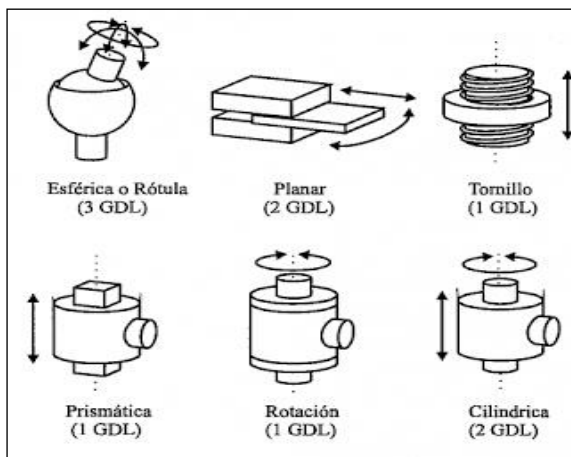


Fig. 1. Tipos de articulaciones para robots

Fuente: <http://roboticakarimnc.blogspot.com/2015>

El empleo de diferentes articulaciones en un robot, da lugar a diferentes configuraciones, con características a tener en cuenta tanto en el diseño y construcción del robot como en su aplicación. Las combinaciones más frecuentes son las representadas en la Figura X donde se atiende únicamente a las tres primeras articulaciones del robot, que son las más importantes a la hora de posicionar su extremo en un punto del espacio.

En la práctica, a pesar de ser necesarios seis GDL para tener total libertad en el posicionado y orientación del extremo del robot, muchos robots industriales cuentan con sólo cuatro o cinco GDL, por ser suficientes para llevar a cabo las tareas que se les encomiendan.

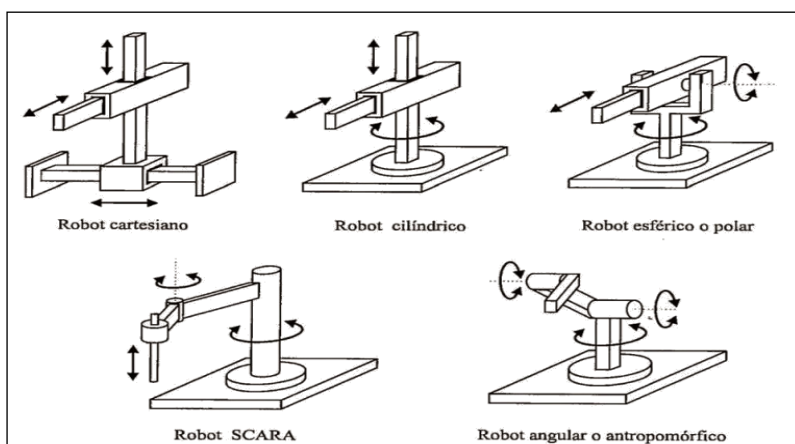


Fig. 2. Configuraciones más frecuentes en robots industriales.

Fuente: <http://roboticavanguardia.blogspot.com/>

Existen también casos opuestos, en los que se precisan más de seis GDL para que el robot pueda tener acceso a todos los puntos de su entorno. Así, si se trabaja en un entorno con obstáculos, el dotar al robot con grados de libertad adicionales le permitirá acceder a posiciones y orientaciones de su extremo a las que, como consecuencia de los obstáculos, no hubiera llegado con seis GDL. Otra situación frecuente es la de dotar al robot de un GDL adicional que le permita desplazarse a lo largo de un carril, aumentando así el volumen del espacio al que puede acceder.

Cuando el número de grados de libertad del robot es mayor que los necesarios para realizar una determinada tarea se dice que el robot es redundante.

Configuraciones del Brazo Manipulador

A continuación se presentan las características principales de las configuraciones de un brazo manipulador.

Cartesiana / Rectilínea.

El posicionado se hace en el espacio de trabajo con las articulaciones prismáticas. Esta configuración se usa cuando un espacio de trabajo es grande y debe cubrirse, o cuando la exactitud consiste en la espera del robot. Posee tres movimientos lineales, es decir, tiene tres grados de libertad, los cuales corresponden a los movimientos localizados en los ejes X, Y y Z.



Fig. 3. Robot con configuración Cartesiana
Fuente: <http://robotecpacking.com/productos>

Los movimientos que realiza este robot entre un punto y otro son con base en interpolaciones lineales. Interpolación, en este caso, significa el tipo de trayectoria que realiza el manipulador cuando se desplaza entre un punto y otro.

Cilíndrica.

El robot tiene un movimiento de rotación sobre una base, una articulación prismática para la altura, y una prismática para el radio. Este robot ajusta bien a los espacios de trabajo redondos. Puede realizar dos movimientos lineales y uno rotacional, o sea, que presenta tres grados de libertad. (Figura x)

Este robot está diseñado para ejecutar los movimientos conocidos como interpolación lineal e interpolación por articulación. La interpolación por articulación se lleva a cabo por medio de la primera articulación, ya que ésta puede realizar un movimiento rotacional.



Fig. 4. Brazo Manipulador. Configuración Cilíndrica
Fuente: <http://www.bpress.cn/im/tag/ST-UBLI/>

Esférica / Polar.

Dos juntas de rotación y una prismática permiten al robot apuntar en muchas direcciones, y extender la mano a un poco de distancia radial. Los movimientos son: rotacional, angular y lineal. Este robot utiliza la interpolación por articulación para

moverse en sus dos primeras articulaciones y la interpolación lineal para la extensión y retracción. (Figura 5)



Fig. 5. Brazo Manipulador. Configuración Esférica - Polar
Fuente: <https://www.emaze.com/@ALWCLOIR/Presentation-Name>

Campos de Aplicación de los manipuladores

En la actualidad los robots se usan de manera extensa en la industria, siendo un elemento indispensable en una gran parte de los procesos de manufactura. Impulsados principalmente por el sector del automóvil, los robots han dejado de ser máquinas misteriosas propias de la ciencia-ficción para ser un elemento más de muchos de los talleres y líneas de producción. Por su propia definición el robot industrial es multifuncional, esto es, puede ser aplicado a un número, en principio ilimitado, de funciones. No obstante, la práctica ha demostrado que su adaptación es óptima en determinados procesos (soldadura, paletización, etc.) en los que hoy día el robot es sin duda alguna, la solución más rentable.

Aplicaciones Industriales

A continuación se analizan algunas de las aplicaciones industriales de los robots acá en El Salvador, exponiendo el modo en el que el robot entra a formar parte del proceso, y considerando las ventajas e inconvenientes.

- Soldadura



Fig. 6. Robot utilizado en la industria para soldadura

Fuente: <https://www.logismarket.com.mx/hurtado-rivas/robot-de-soldadura/>

Se emplean masivamente en el ensamblaje de vehículos a motor, la soldadura por arco es la más habitual. (Figura 6).

Los robots de soldadura suelen tener la apariencia de un brazo articulado que mediante algún mecanismo alimenta los electrodos necesarios para producir la soldadura.

- Carga y Descarga

Este tipo de robots suele estar formado por un doble eje (X e Y) que permite desplazar cargas sobre dos puntos, de esta forma nos situamos en el punto A y recogemos el objeto en cuestión para a continuación desplazarnos sobre el plano y situarlo en un punto B. (Figura 7)

Suele ser necesario un tercer grado de libertad (en Z) para poder desplazar los objetos verticalmente y evitar así que toquen el suelo.



Fig. 7. Brazo manipulador de carga y descarga
Fuente: <http://www.directindustry.es>

a) SCARA

Los robots Scara son robots equipados de libertad total de movimientos en los ejes X e Y pero limitados severamente en sus desplazamientos en el eje Z. (Figura 8)

Es decir, se comportan de forma parecida al brazo humano, permitiendo ubicar el extremo de la mano en cualquier ubicación pero siempre sobre el plano. En el eje vertical solo realizan manipulaciones simples que habitualmente consisten en presionar y desplazarse unos pocos centímetros.

Debido a estas características se usan sobremanera en la fabricación de electrónica de consumo y en la clasificación de artículos para su empaquetado.



Fig. 8. Robot Sacara
Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/>

b) Paletización

Los robots de paletizado permiten ubicar productos, materiales y en general objetos que se encuentren situado sobre un palet. (Figura 8). Los sistemas automáticos de paletizado son de muy diversa naturaleza y aspecto. Algunos robots de paletizado se encuentran distribuidos por todo el recinto de almacenaje y tienen la forma de cintas de transporte y numerosas carretillas que permiten situar los pales a diferentes alturas.

Otros robots de paletizado, presentan la forma de un eje de dos dimensiones que permite situar los pales en repisas a una sola altura



Fig. 9. Robot de Paletizado

Fuente: <http://www.payper.com/paletizador-robot-po>

c) Control de Calidad

La tendencia a conseguir una completa automatización de la producción abarca todas las etapas de ésta, inclusive el control de la calidad. El robot industrial puede participar en esta tarea usando su capacidad de posicionamiento y manipulación. Así, transportando en su extremo un palpador, puede realizar el control dimensional de piezas ya fabricadas. Para ello el robot toca con el palpador varios puntos claves de la pieza.

A partir del conocimiento que en todo instante tiene la unidad de control del robot de

la posición y orientación de su extremo, se obtienen los datos relativos a la posición espacial de los puntos determinados de la pieza. Estos datos son utilizados para registrar posibles desviaciones sobre los valores deseados.

Otras posibles aplicaciones del robot en el control de calidad consisten en utilizar a éste para transportar el instrumental de medida (ultrasonidos, rayos X, etc.) a puntos concretos de la pieza a examinar. La situación de posibles defectos detectados puede registrarse y almacenarse a partir, como antes, de la propia unidad de control de robot.

Por último, el robot puede usarse como mero manipulador encargado de clasificar piezas según ciertos criterios de calidad (piezas correctas e incorrectas, por ejemplo). En este caso, el control y decisión de a qué familia pertenece la pieza se hace mediante un sistema específico, capaz de comunicarse con el robot (visión artificial). No existe, en este caso, un tipo concreto de robot más adecuado para estas tareas. En el control dimensional suelen usarse robots cartesianos por la precisión de estos pero, en general, son igualmente válidos robots articulares.

d) Manipulación en salas blancas

Ciertos procesos de manipulación deben ser realizados en ambientes extremadamente limpios y controlados. En ellos, la actividad del operador se ve dificultada no por el trabajo en sí, que no tiene por qué ser especialmente complejo o delicado, sino por la necesidad de mantener elevadas medidas de control de impurezas mediante el uso de trajes especiales y controles rigurosos.

Las denominadas salas blancas de la industria de los semiconductores o las de fabricación de algunos productos farmacéuticos, son ejemplos típicos.



Fig. 10. Manipuladores utilizados en Salas blancas

Fuente: <http://www.payper.com/manipuladores-robot-po>

La utilización de un robot para estas funciones se realiza introduciendo éste de manera permanente en una cabina. El robot debe cumplir la normativa correspondiente al entorno siendo, por lo demás, válido cualquier robot comercial, normalmente de seis grados de libertad y alcance inferior a un metro. De este modo se consigue, entre otros beneficios, una reducción del riesgo de contaminación, una mayor homogeneidad en la calidad del producto y una reducción en el coste de la fabricación.

e) Nuevos sectores de aplicación

Las aplicaciones de la robótica examinadas anteriormente responden a los sectores que, como el del automóvil o el de la manufactura, han sido desde hace 30 años usuarios habituales de los robots industriales. Este uso extensivo de los robots en los citados se ha visto propiciado por la buena adaptación del robot industrial a las tareas repetitivas en entornos estructurados. De este modo, la competitividad del robot frente a otras soluciones de automatización se justifica por su rápida adaptación a series cortas, sus buenas características de precisión y rapidez, y por su posible reutilización con costes inferiores a los de otros sistemas.

Sin embargo, existen otros sectores donde no es preciso conseguir elevada productividad, en los que las tareas a realizar no son repetitivas, y no existe un conocimiento detallado del entorno. Entre estos sectores podría citarse la industria

nuclear, la construcción, la medicina o el uso doméstico. En ninguno de ellos existe la posibilidad de sistematizar y clasificar las posibles aplicaciones, pues éstas responden a soluciones aisladas a problemas concretos. Este tipo de robots ha venido a llamarse robots de servicio y están siendo aplicados en sectores como:

Agricultura y silvicultura, Ayuda a discapacitados, Domésticos, Espacio, Medicina y salud, Minería, Entornos submarinos, Vigilancia y seguridad, etc.

En general, la aplicación de la robótica a estos sectores se caracteriza por la falta de estructuración tanto del entorno como de la tarea a realizar, y la menor importancia de criterios de rentabilidad económica frente a la de realizar tareas en entornos peligrosos o en los que no es posible el acceso de las personas.

III.METODOLOGÍA

Durante la etapa de diseño conceptual del manipulador, es necesario identificar la configuración, según su GDL, que mejor se ajusta a la solución del problema en estudio. De esta manera se determinó que la configuración cilíndrica da cumplimiento a las restricciones de movimientos y posición durante el traslado de piezas en el taller.

Unas de los requerimientos principales que se exige del manipulador, es que pueda transportar un peso máximo de piezas de 5 Kg. Lo cual equivale a:

$$W_b = m * g \quad (1)$$

$$W_b = 5kg * 9.81 m/s^2$$

$$W_b = 49.5 N \approx 50N$$

El volumen de trabajo dentro del cual se desplazara el brazo manipulador será de $0.004368m^3$ que proviene de un cambio de radio de 0.125 mt, una altura de 0.1 mt y un radio de giro de 90° ($\pi/2$) como se muestra:

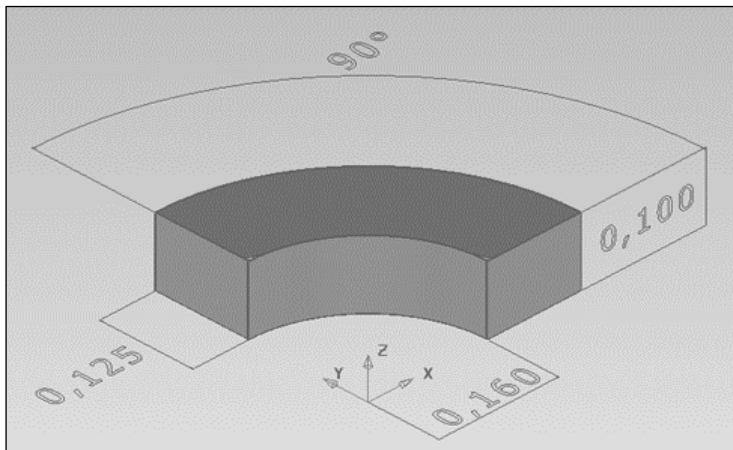


Fig. 11.Esquema del Volumen de Trabajo

$$V = \frac{b\pi r^2}{4} \quad (2)$$

$$V = \frac{\pi[(0.100m) * (0.285)^2 - (0.100m) * (0.160m)^2]}{4}$$

$$V = 0.004368m^3$$

Con estos parámetros se seleccionan los cilindros que cumplen con dichas carreras, pero es necesario calcular que diámetros de estos soportarían el peso a levantar equivalente a 50 N. A continuación se definirá el esquema que tendrá la estructura mecánica en general y se desglosará cada una de las piezas a diseñar:

3.1. Esquema general de la estructura mecánica

La estructura propuesta para el manipulador neumático se presenta a continuación

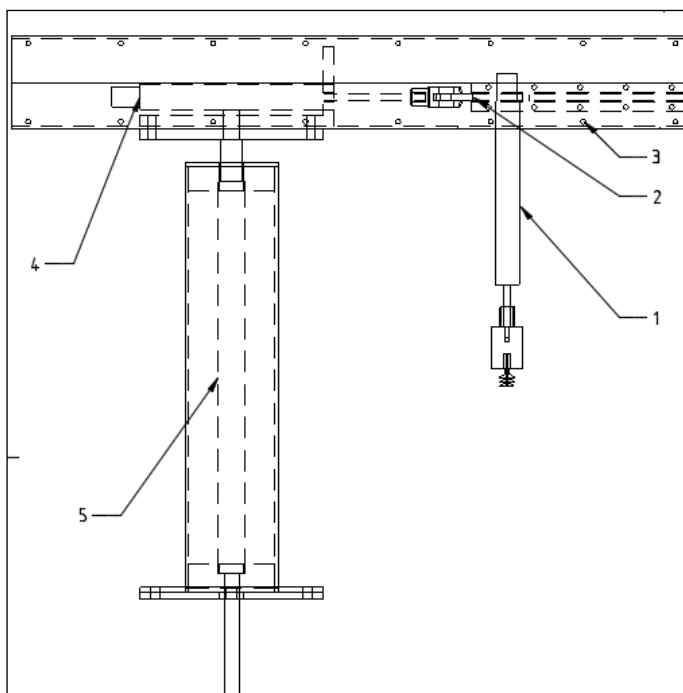


Fig. 12. Esquema del dispositivo completo

Donde:

1. Cilindro Vertical

2. Pieza deslizante
3. Perfil
4. Cilindro Horizontal
5. Eje

3.2. Selección y cálculo de elementos y materiales a utilizar

3.2.1 selección del cilindro vertical (CV)

En esta sección se determina el diámetro mínimo que requiere el cilindro vertical para levantar el peso equivalente a 9.81 N.

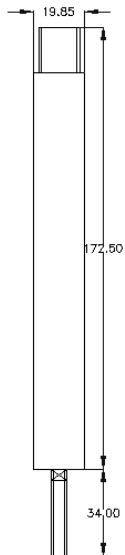


Fig. 13. Esquema del cilindro vertical

$$F = P * A - F_f \quad (3)$$

Donde:

F = Fuerza del vástago del cilindro.

P = Presión de trabajo.

A = Área del pistón.

F_f = Fuerza de fricción dentro del cilindro

Considerando que $F_f = 0.01PA$, de la ecuación 3 despejamos el área del pistón:

$$A = \frac{F + F_f}{P} \quad (4)$$

Conociendo que:

$$A = \frac{\pi}{4} * D^2 \quad (5)$$

Se procede a sustituir y despejar D, obteniendo así la ecuación 6 para determinar el diámetro del pistón, para dicho cálculo se asume que $F_f = 0.01PA$.

$$F = P.A - 0.001PA \rightarrow F = A(P - 0.01P)$$

$$A = \frac{F}{0.99P}$$

$$\frac{\pi}{4} * D^2 = \frac{F}{0.99P} \quad (6)$$

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi * 0.99P}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4(50N)}{\pi * 0.99(588.420 \frac{N}{m^2})}}$$

$$D = 0.0104m$$

$$D = 10.4mm$$

El cual será el diámetro mínimo requerido por el cilindro vertical para soportar el peso

a levantar. Como no existen cilindros de diámetro tan pequeño, y además hay que tomar en cuenta el pandeo del vástago del mismo, seleccionamos un cilindro de diámetro superior al calculado pero siempre y cuando se nos acomode la carrera que se necesita para estimar el volumen de trabajo, siendo este el que se detalla a continuación:

Modelo: MCM1-11-16-100

Marca: MINDMAN

Diámetro Nominal: 16 mm

Stroke (Carrera): 100 mm

Ver otras características y dimensiones en anexos.

3.2.2. Diseño de la pieza deslizante

Dicha pieza se ubicara dentro de un perfil cuadrado dentro del cual se desplazara de un lado a otro. El fin de la pieza deslizante es sostener el cilindro vertical y posicionarlo donde se encuentre el bloque a levantar.

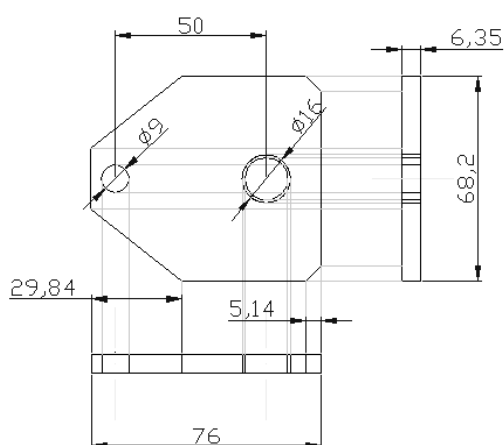


Fig. 14. Esquema de la pieza deslizante.

$$W_{T1} = W_B + W_{CV} \quad (7)$$

Donde:

W_B = Peso del Bloque

W_{CV} = Peso cilindro Vertical

Para conocer el peso del cilindro vertical se necesita calcular el volumen del mismo:

$$V = \frac{\pi}{4} * D^2 * L \quad (8)$$

$$V = \frac{\pi}{4} * (0.19854Dm)^2 * 2.06Dm$$

$$V = 0.0637Dm^3$$

Para el NYLON la densidad es de 7.18 Kg/M, de esta manera se calcula el peso del cilindro vertical:

$$\gamma_{NY} = \frac{7.18kg/m}{6.82 * 0.635} \quad (9)$$

$$\gamma_{NY} = 1.658kg/Dm^3$$

$$masa = \gamma_{NY} * V_{CV}$$

$$masa = 1.658kg/Dm^3 * 0.0637Dm^3$$

$$masa = 0.1056kg$$

Sustituyendo 9 en 10 se obtiene el peso:

$$W_{CA} = m * g \quad (10)$$

$$W_{CA} = 0.1056 kg * 9.81 m/s^2$$

$$W_{CA} = 1.04 N$$

Ahora sustituyendo valores en la ecuación 7, se obtiene:

$$W_{T1} = 9.381N + 1.7N \quad (11)$$

$$W_{T1} = 11.08N$$

Haciendo análisis de esfuerzo cortante a la pieza:

$$\sigma_{\gamma} = \frac{V}{A} = \frac{W_{T1}}{A} \quad (12)$$

Donde:

W_{T1} = Peso total a soportar por la pieza deslizante

A = Área de contacto

Calculando el área donde estará aplicado el esfuerzo de corte:

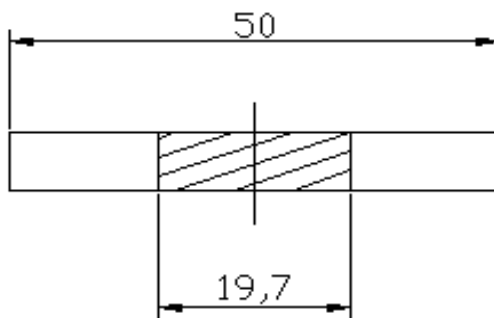


Fig. 15. Área de contacto para nuestro análisis

El área de contacto viene dada por la siguiente ecuación:

$$A = S * t \quad (13)$$

Donde:

S= Longitud de arco (viene dada por el radio y el ángulo de giro)

t= Espesor de la placa

Calculando la longitud de arco:

$$S = r * \theta \quad (14)$$

$$S = \left(\frac{19.7mm}{2} \right) * 2\pi$$

$$S = 61.89mm = 0.06189 m$$

Ahora sustituyendo en ecuación del área:

$$A = 61.89mm * 6.35mm$$

$$A = 393mm^2 = 3.93 * 10^{-4}m^2$$

Sustituyendo valores en ecuación 12:

$$\sigma_{\gamma} = \frac{11.51N}{3.93 * 10^{-4}m^2}$$

$$\sigma_{\gamma} = 29287.71 \frac{N}{m^2} = 29.28kPa$$

Factor de Seguridad

Para el nylon el esfuerzo cortante máximo será igual a 780 kPa.

$$n = \frac{\sigma_{\gamma Tabla}}{\sigma_{\gamma}} \quad (15)$$

$$n = \frac{78 * 10^3 Pa}{29.28 * 10^3 Pa}$$

$$S = 2.66$$

Por lo que se concluye que la pieza deslizante diseñada para transportar el cilindro vertical soportara sin ninguna dificultad el peso a trasladar fabricándola de nylon.

3.2.3 Selección del perfil cuadrado

Se seleccionara un perfil cuadrado de 70 mm por lado y 3 mm de espesor para soportar la pieza deslizante donde se sujetara el cilindro vertical. Dentro de este perfil se soldaran unas platinas que servirán de rieles en donde deslizará la pieza donde estará sujeto el cilindro de 100 mm de carrera.

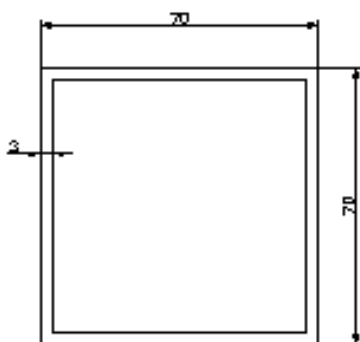


Fig. 16. Perfil cuadrado

A este perfil se le hará un análisis de deflexión de acuerdo con el peso total a soportar por el mismo:

Se calcula el peso total a soportar por el perfil, el cual viene dado por la suma del peso del bloque, el cilindro vertical y la pieza deslizante como se muestra a continuación:

$$W_{T2} = W_B + W_{CV} + W_{PD} \quad (16)$$

Donde:

W_B = peso del bloque

W_{CV} = peso del cilindro vertical

W_{PD} = peso de la pieza deslizante

Se calcula el peso de la pieza deslizante de la siguiente manera:

$$V_{PD} = b * b * t * \frac{\pi}{4} * D^2 * t \quad (17)$$

$$V_{PD} = 0.5Dm * 0.5Dm * 0.0365Dm - \frac{\pi}{4} * (0.197Dm)^2 * (0.0635Dm)$$

$$V_{PD} = 0.0139Dm^3$$

Entonces el peso será:

$$masa = \gamma_{AL} * V_{PD} \quad (18)$$

$$masa = 2.7 \frac{kg}{Dm^3} * 0.039Dm^3$$

$$masa = 0.0376kg$$

$$W_{PD} = m * g \quad (19)$$

$$W_{PD} = 0.0376kg * \frac{9.81m}{s^2}$$

$$masa = 0.369N$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 16:

$$W_{T2} = 9.81N + 1.7N + 0.37N$$

$$W_{T2} = 11.88N$$

Con dicho peso se calculara la deflexión del perfil:

$$Y_{MAX} = -\frac{W * L^3}{3EL} \quad (20)$$

Donde:

W_{T2} = peso a soportar por el riel L = longitud del riel

E = módulo de Elongación ($E=71 \times 10^9 \text{ N/m}^2$)

Sustituyendo valores en la ecuación 20:

$$Y_{MAX} = -\frac{11.88N * (0.462m)^3}{3E(71 * 10^9N/m^2)(9.26 * 10^{-7}m^4)}$$

$$Y_{MAX} = -5.9395 * 10^{-6}m$$

$$Y_{MAX} = -0.0059mm$$

Como la deflexión resultante en el perfil es mínima se seleccionara el perfil en mención, cuyas características principales se detallan a continuación:

- Dimensión por lado: 70 mm
- Espesor: 3 mm
- Área: 7.73 cm²
- Peso: 6.07 Kg/mt
- Inercia It: 92.6 cm⁴

Ver demás características de este perfil en tabla del anexo.

3.2.4. Selección del Cilindro Horizontal

Para cumplir con el requisito del radio que tendrá el manipulador se ocupara un cilindro que tenga 125 mm de carrera y se hará el análisis para ver que diámetro mínimo debe tener este para desplazar el peso soportado por la pieza deslizante.

Este cálculo se hará obteniendo la fuerza de fricción que el cilindro tendrá que vencer:

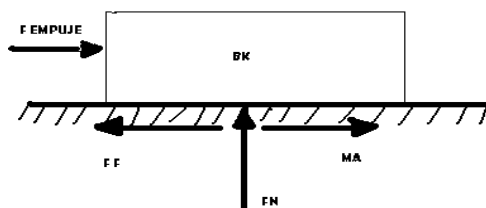


Fig. 17. Diagrama de cuerpo libre

Diagrama de cuerpo libre de la placa deslizante asumiendo carga completa (carga del bloque + carga del cilindro vertical + carga de la placa deslizante)

Haciendo sumatoria de fuerzas en X tenemos:

$$\sum F_X = 0$$

$$F_{empuje} + m * a - F_F = 0 \quad (21)$$

Suponiendo que $a = 0.1 \text{ m/s}^2$, entonces se tiene:

$$F_{empuje} = m(\mu_{DIN} * g - a) \quad (22)$$

$$F_{empuje} = 1.211 \text{ kg}(0.15 * 9.81 \text{ m/s}^2 - 0.1 \text{ m/s}^2)$$

$$F_{empuje} = 1.66 \text{ N}$$

A partir de esta fuerza se calcula el diámetro del cilindro a utilizar:

$$F = P * A$$

$$A = \frac{F}{P} \quad (23)$$

Igualando ecuaciones 5 y 23, tenemos:

$$\frac{\pi}{4} D^2 = \frac{F}{P}$$

Despejamos D:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi P}} \quad (24)$$

$$D = \sqrt{\frac{4(1.66N)}{\pi P(588.420N/m^2)}}$$

$$D = 1.8952 * 10^{-3}m$$

$$D = 1.89mm$$

El cual será el diámetro mínimo requerido por el cilindro vertical para soportar el peso a levantar. Como no existen cilindros de diámetro tan pequeño, y además hay que tomar en cuenta el pandeo del vástago del mismo, en consecuencia se seleccionara un cilindro de diámetro superior al calculado pero siempre y cuando se acomode a la carrera que se necesita para el volumen de trabajo, siendo este el que se detalla a continuación:

MODELO – MCFI-11-20-125

MARCA: MINDMAN

DIÁMETRO NOMINAL: 20 mm

STROKE (CARRERA): 125 MM

Ver otras características y dimensiones en anexos.

3.2.5. Diseño del eje

Para diseñar el eje se tiene que conocer el peso total que este soportara, el cual viene dado por la siguiente ecuación:

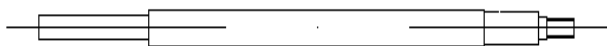


Fig. 18. Esquema del eje

$$F_{eje} = W_B + W_{CA} + W_{PD} + W_P + W_{CH} \quad (25)$$

Donde:

W_B = Peso del bloque

W_{CA} = Peso del cilindro vertical

W_{PD} = Peso de la pieza deslizante

W_P = Peso del perfil

W_{CH} = Peso del cilindro horizontal

Se calcula el peso del perfil de la siguiente manera:

De tabla -P = 6.07kg/Mt

$$W_{PER} = \rho * l \quad (26)$$

$$W_{PER} = \frac{6.07kg}{m} * 0.462m$$

$$W_{PER} = 2.8kg$$

$$W_{PER} = m * g \quad (27)$$

$$W_{PER} = 2.8kg * 9.81m/s^2$$

$$W_{PER} = 27.51N$$

El peso del cilindro Vertical será:

Volumen:

$$Volumen = \frac{\pi}{4} * D^2 * L \quad (28)$$

$$Volumen = \frac{\pi}{4} * (0.297dm)^2 * 2.57dm$$

$$W_{PER} = 0.178dm^3$$

Calculando la masa:

$$Masa = \gamma * V \quad (29)$$

$$Masa = 0.297kg/dm^3 * 0.178 dm^3$$

$$Masa = 0.48kg$$

El peso será:

$$W_{CH} = m * g \quad (30)$$

$$W_{CH} = 0.48kg * 9.81m/s^2$$

$$W_{CH} = 4.71N$$

Ahora sustituyendo valores en ecuación 25:

$$F_{eje} = (9.81 + 1.71 + 0.369 + 27.51 + 4.71)N$$

$$F_{eje} = 44.09N$$

Haciendo sumatoria de momentos en A:

$$\sum M_1 = 0 \quad (31)$$

$$M_1 = W_{T2} \left(\frac{L}{2} \right)$$

$$M_1 = 44.09N \left(\frac{0.348m}{2} \right)$$

$$M_1 = 7.68Nm$$

Luego con el momento obtenido se obtiene la fuerza aplicada al eje:

$$M = F * d \quad (32)$$

$$F = \frac{M}{d} = \frac{7.68Nm}{0.01588/2}$$

$$F = 967.25N$$

Se calcula los esfuerzos a los que estará sometido el eje, flexión, tracción, corte y torsión.

Calculando la flexión se tiene:

$$\sigma = \frac{MC}{I} \quad (33)$$

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{32(967.25N)(0.45m)}{\pi(0.01588m)^3}$$

$$\sigma = 11.07 * 10^8 N/m^2$$

Calculando el esfuerzo de tracción:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (34)$$

$$\sigma = \frac{4P}{\pi d^2}$$

$$\sigma = \frac{4(44.09N)}{\pi(0.01588m)^2}$$

$$\sigma = 3535.08N/m^2$$

Calculando el esfuerzo de corte se tiene:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (35)$$

$$\sigma = \frac{4F}{\pi d^2}$$

$$\sigma = \frac{4(967.25N)}{\pi(0.01588m)^2}$$

$$\sigma = 48.83 * 10^5 N/m^2$$

El esfuerzo de torsión será:

$$\tau = \frac{TC}{J} \quad (36)$$

$$\sigma = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{16(7.68Nm)}{\pi(0.01588m)^2}$$

$$\sigma = 97.67N/m^2$$

Calculando los esfuerzos en cada punto del eje (ver gráfico):

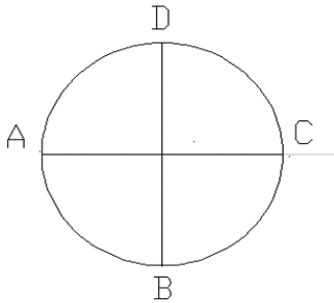


Fig. 19. Esquema para determinar esfuerzos

Punto A:

$$\sigma_x = 11.07 * 10^8 N/m^2 + 3535.08N/m^2$$

$$\sigma_x = 3546.16N/m^2$$

$$\tau_{xy} = 97.67N/m^2$$

Punto B:

$$\sigma_x = 3535.08N/m^2$$

$$\tau_{xy} = 48.83 * 10^5 N/m^2 + 97.67 N/m^2$$

$$\tau_{xy} = 48.83 * 10^5 N/m^2$$

Punto C:

$$\sigma_x = 11.07 * 10^8 N/m^2 - 3535.08 N/m^2$$

$$\sigma_x = 11.06 * 10^8 N/m^2$$

$$\tau_{xy} = 97.67 N/m^2$$

Punto D:

$$\sigma_x = 3535.08 N/m^2$$

$$\tau_{xy} = 97.67 N/m^2 - 48.83 * 10^5 N/m^2$$

$$\tau_{xy} = -48.82 * 10^5 N/m^2$$

Haciendo el análisis de cargas para el punto A:

$$\sigma = \frac{\sigma}{2} \pm \left[\left(\frac{\sigma}{2} \right)^2 + \tau^2 \right]^{1/2} \quad (37)$$

$$\sigma = \frac{3546.15 N/m}{2} \pm \left[\left(\frac{3546.15 N/m}{2} \right)^2 + (97.67 N/m)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_1 = 3548.83 N/m^2$$

$$\sigma_2 = -2.6880 N/m^2$$

Para el eje se ocupara Acero 1020, el cual tiene un esfuerzo de fluencia de 210MPa, con el cual se calcula el factor de seguridad que se presenta en el eje.

$$\sigma = \frac{\sigma}{2} \pm \left[\left(\frac{\sigma}{2} \right)^2 + \tau^2 \right]^{1/2} \quad (38)$$

$$\sigma = \frac{3546.15N/m}{2} \pm \left[\left(\frac{3546.15N/m}{2} \right)^2 + (97.67N/m)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_1 = 3548.83N/m^2$$

$$\sigma_2 = -2.6880N/m^2$$

3.2.6. Selección del actuador giratorio

Para seleccionar el actuador giratorio se necesita conocer el torque que este tendrá que vencer.

La potencia del motor viene dada por:

$$P_{OT} = T * \omega \quad (39)$$

Donde:

T = Torque

ω = velocidad angular

$$T = I * \alpha \quad (40)$$

Donde:

I = Inercia total

α = aceleración angular

Para calcular la potencia del motor a utilizar se necesita conocer la inercia de cada elemento de la estructura del manipulador referidas al eje de giro:

- Cálculo de inercia del bloque a levantar:

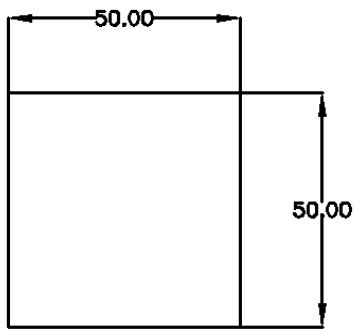


Fig. 20. Bloque a levantar

$$I_{BK} = I_X = \frac{1}{2}ma^2 \quad (41)$$

$$I_{BK} = \frac{1}{2}(5kg)(0.01m)^2$$

$$I_{BK} = 25 * 10^5 \text{ kgm}^2$$

Referida al eje X:

$$I_{BKR} = I_{BX} + \frac{1}{2}mh^2 \quad (42)$$

$$I_{BKR} = 25 * 10^5 \text{ kgm}^2 + 5kg(0.3035)^2$$

$$I_{BKR} = 0.46081125 \text{ kgm}^2$$

- Calculo de inercia del Cilindro Vertical

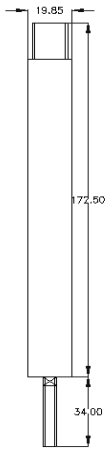


Fig. 21. Cilindro vertical

$$I_{CV} = I_X = \frac{1}{2}md^2 \quad (43)$$

$$I_{CV} = \frac{1}{2}(0.1733kg)(0.0985m)^2$$

$$I_{CV} = 8.4 * 10^{-4} kgm^2$$

Referida al eje X:

$$I_{CVR} = I_{CV} + md^2 \quad (44)$$

$$I_{CVR} = 8.4 * 10^{-4} kgm^2 + 0.1733kg(0.3035)^2$$

$$I_{CVR} = 0.01680kgm^2$$

Cálculo de inercia de la pieza deslizante

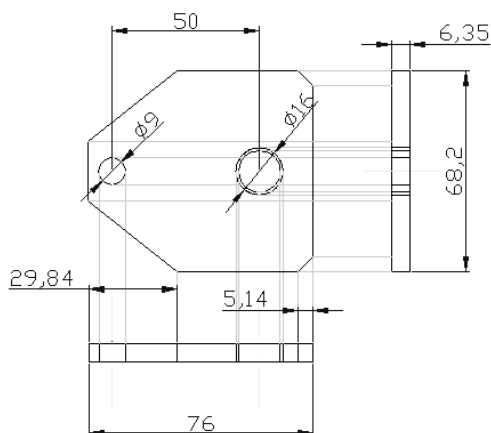


Fig. 22. Pieza deslizante o placa que soportará la carga a desplazar

$$W_{PLACA} = 0.369N \quad (45)$$

$$m = \frac{W}{g}$$

$$m = \frac{0.369N}{9.81m/s^2}$$

$$m = 0.0376kg$$

$$I_{PD} = I_{PLACA} - I_{DISCO} \rightarrow I_{DISCO} \cong 0 \quad (46)$$

$$I_{PD} = \frac{1}{12}m(a^2 + b^2) \quad (47)$$

$$I_{PD} = \frac{1}{12}(0.0376kg)((0.05m)^2 + (0.05m)^2)$$

$$I_{PD} = 1.56 * 10^{-5}kgm^2)$$

Referida al eje X:

$$I_{PDR} = I_{PD} + mh^2 \quad (48)$$

$$I_{CVR} = 1.56 * 10^{-5} kgm^2 + 0.037kg(0.3035)^2$$

$$I_{CVR} = 0.007016kgm^2$$

- Calculo de Inercia del Cilindro Horizontal



Fig. 23. Cilindro horizontal

$$\rho_{kg/m} = 6.07kg/m$$

(49)

$$m = \rho * l$$

$$m = 6.07kg/m * 0.462m$$

$$m = 2.8kg$$

De tabla I del perfil.

Inercia de la sección del perfil

$$I_{PER} = I_{PER} * \frac{m}{A_{SEC}} \quad (50)$$

$$A_{SEC} = 7.73cm^2$$

$$I_{PER} = 56.6cm^4 * \frac{2.8kg}{7.73cm^2}$$

$$I_{PER} = 33.5404kgcm^2 = 0.003354kgm^2$$

Referida al eje X:

$$I_{PERR} = I_{PER} + mh^2 \quad (51)$$

$$I_{PERR} = 0.003354 kgm^2 + 2.8kg(0.085m)^2$$

$$I_{PERR} = 0.02358kgm^2$$

- Calculo de Inercia del Cilindro Horizontal



Fig. 24. Cilindro horizontal

$$I_{CH} = I_Y = \frac{1}{12} m(3a^2 + l^2) \quad (52)$$

$$I_{CH} = \frac{1}{12} (0.4801kg)(3(0.01485m)^2 + (0.282m)^2)$$

$$I_{CH} = 0.005828 * 10^{-3}kgm^2$$

Referida al eje X:

$$I_{CHR} = 0.005828kgm^2 + 0.4801kg(0.1267)^2 \quad (53)$$

$$I_{CHR} = 0.01350kgm^2$$

- Cálculo de Inercia del eje

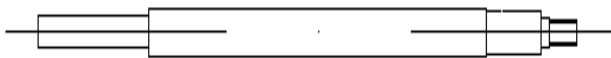


Fig. 25.Eje a utilizar

$$I_{eje} = I_{XY} = \frac{1}{2} m a^2 \quad (54)$$

$$V_{eje} = \frac{\pi}{4} * D^2 * L \quad (55)$$

$$V_{eje} = \frac{\pi}{4} * (0.222dm)^2 * 4.5dm$$

$$V_{eje} = 0.174dm^3$$

$$m = V * \gamma \quad (56)$$

$$m = (0.174dm)^3 * 2.7kg/dm^3$$

$$m = 0.47kg$$

Sustituyendo en ecuación de la inercia:

$$I_{eje} = I_{XY} = \frac{1}{2} m a^2 \quad (57)$$

$$I_{eje} = \frac{1}{2} 0.47kg * (7.9375 * 10^{-3}m)^2$$

$$I_{eje} = 1.4806 * 10^{-5}kgm^2$$

- Inercia total que moverá el motor

$$I_T = I_{BK} + I_{CV} + I_{PD} + I_{PER} + I_{CH} + I_{eje} \quad (58)$$

$$I_T = 0.09216kgm^2 + 0.01680kgm^2 + 0.007016kgm^2$$

$$+ 0.02358kgm^2 + 0.01353kgm^2 + 1.4806 * 10^{-5}kgm^2$$

$$I_T = 0.1531 \text{kgm}^2$$

Se calcula ahora la aceleración angular del manipulador de la siguiente manera:

Asumimos:

Tiempo de transporte de la pieza: 40 seg.

Tiempo de aceleración: 0.1t

Tiempo de desaceleración: 0.1t

Desplazamiento angular: $\Delta\theta = 90^\circ = \pi/2 = 1.5708 \text{ rad}$

*** NOTA: El tiempo estipulado es referente a la secuencia que hará el manipulador, el cual comprende los siguientes movimientos: giro de posicionamiento, extensión del cilindro horizontal, extensión del cilindro vertical, retracción del cilindro vertical, retracción del cilindro horizontal, giro a posición inicial, extensión y retracción del cilindro vertical.

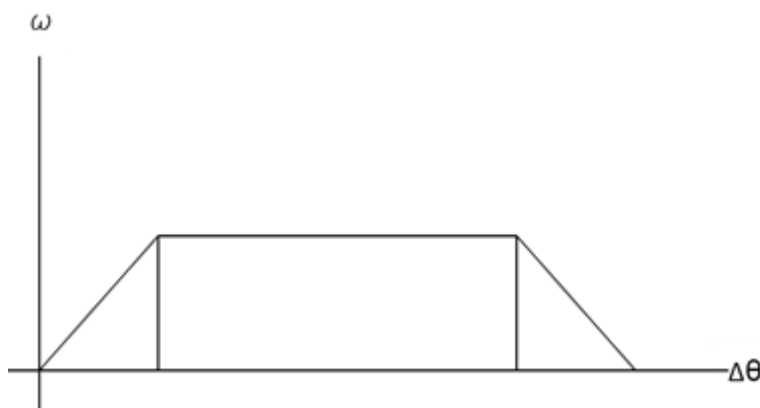


Fig. 26. Diagrama velocidad vs. Desplazamiento angular.

El desplazamiento total será:

$$\Delta\theta = \Delta\theta_1 + \Delta\theta_2 + \Delta\theta_3 \quad (59)$$

Dónde:

$$\Delta\theta_1 = \frac{1}{2} \alpha t_a^2 \quad (60)$$

Pero:

$$\frac{\alpha}{t} = \frac{\omega_m - \omega_o}{t_a} \quad (61)$$

Sustituyendo en ecuación 60:

$$\Delta\theta_1 = \frac{1}{2} * \frac{\omega_m}{t_a} * 0.1t \quad (62)$$

$$\Delta\theta_1 = 0.05\omega_m t$$

Sustituyendo las ecuaciones 60, 61 y 62 en 59, obtenemos:

$$1.5708rad = 0.05\omega_m t + 0.8\omega_m t + 0.05\omega_m t \quad (63)$$

$$1.5708rad = 0.9\omega_m t$$

$$\omega_m = \frac{1.5708rad}{0.9t}$$

Para un tiempo de 40 segundos:

$$\omega_m = 0.0436rad/s$$

Con dicho valor se calcula la aceleración con la cual girara el brazo manipulador:

$$\alpha = \frac{\omega_m}{t_a} = \frac{0.0436rad/s}{0.1(40s)} \quad (64)$$

$$\alpha = 0.0109 rad/s^2$$

La velocidad máxima se encuentra en Δ_2 , calculando dicha velocidad se tiene:

$$\Delta\theta_2 = 0.8\omega_m t$$

Suponiendo desplazamiento igual a:

$$\Delta\theta_2 = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{32} = 1.47rad$$

$$80^\circ = 1.47rad$$

Sustituyendo valores y despejando:

$$2.79 = 0.8\omega_m t$$

$$\omega_m = 0.87rad/s$$

Ahora se encuentra el torque del actuador sustituyendo la Inercia total (ecuación 58) y la aceleración angular (ecuación 64) en la siguiente ecuación:

$$T = I * \alpha$$

$$T = 0.1531kgm^2 * 0.0109rad/s^2$$

$$T = 0.001669 kgm^2/s^2$$

El torque requerido para mover el brazo es mínimo, por tanto para el proyecto se utilizara un actuador modelo M10DA/SLS marca UNITORQ ya que cumple con el torque necesario para movilizar todo el mecanismo.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Modelación y simulación de esfuerzos del brazo hidráulico.

La modelación geométrica del brazo hidráulico fue realizada en el Mechanical Desktop (V. 2016). Sobre dicha plataforma se estableció el dibujo de cada parte componente y su respectivo ensamble, en aras de la generación de los planos de detalle y comprobar la resistencia del brazo a partir de las cargas de trabajo especificadas para su operación. (Ver figura 27 y 28).

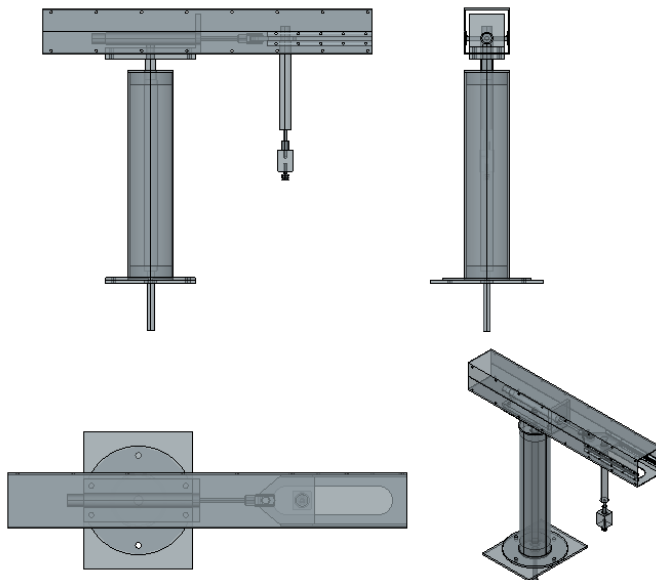


Fig. 27. Diagrama para el análisis de esfuerzos y desplazamientos.



Fig. 28. Diagrama para el análisis de esfuerzos y desplazamientos.

El modelado geométrico en 3D permite la detección de interferencias entre los diferentes mecanismos del brazo hidráulico, además es necesario para el estudio de las cargas a que estará sometido durante su régimen de trabajo

Para el análisis de los esfuerzos que soporta el brazo hidráulico, fueron calculados previamente, en el epígrafe anterior, los diferentes máximos valores de carga que soportaría el brazo. Los cálculos de resistencia realizados por métodos tradicionales fueron comparados con los obtenidos en sistemas CAD/CAE, en este caso la propia plataforma del Mechanical Desktop (V. 2016).

A partir de la representación simplificada del brazo hidráulico (Ver figura 59), se colocan los apoyos fijos distribuidos en su base y la fuerza actuante en el punto y dirección en que acciona la carga a suspender. Según los cálculos realizados en el epígrafe anterior la magnitud de la fuerza originada por la carga de trabajo es de 50 N, para la comprobación se utilizó una carga mayor de 80 N en aras de evaluar los límites de resistencia del mecanismo.

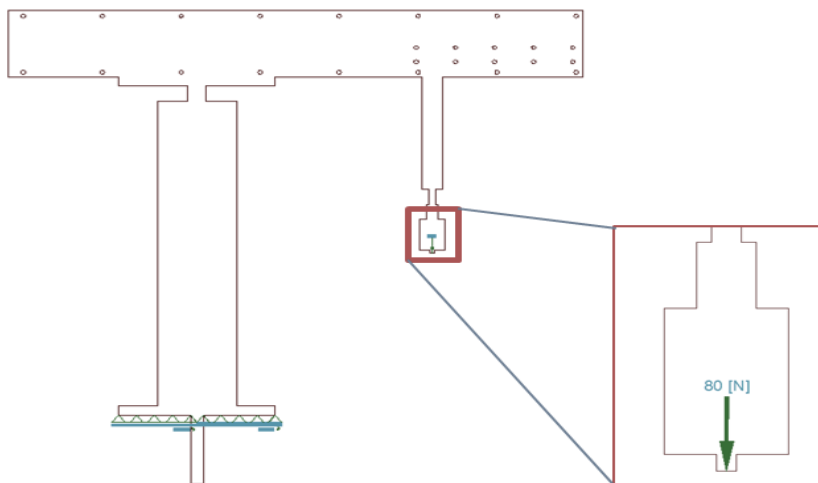


Fig. 29. Diagrama para el análisis de esfuerzos y desplazamientos.

Al aplicar las restricciones de posición de los apoyos, materiales y cargas, se procede a la ejecución de la simulación de comportamiento en el sistema, el cual arrojó los valores y gráficos correspondientes a las desviaciones y desplazamientos en el brazo (Ver figura 29) y a la distribución de las tensiones de *Von Mises Stress* (Ver figura 30).

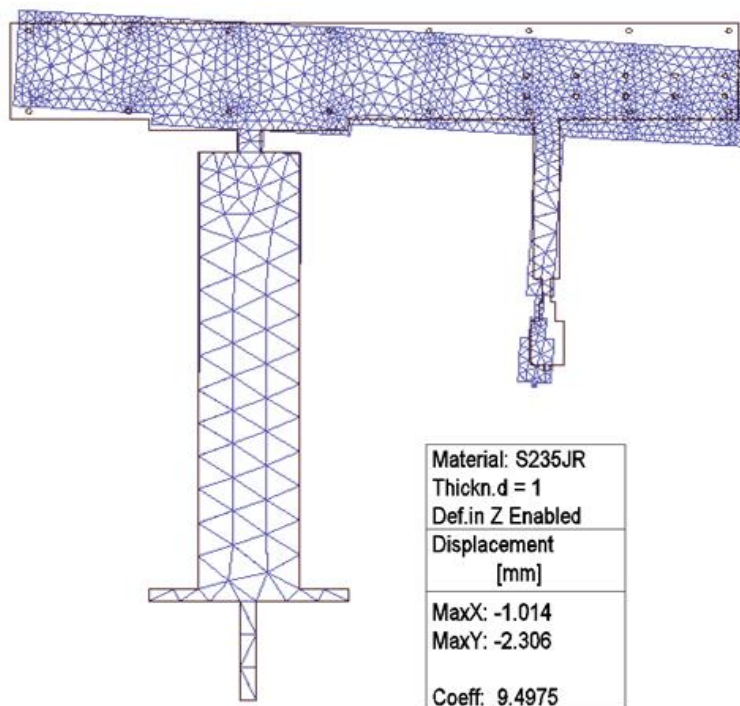


Fig. 30. Esquema del desplazamiento originado por la carga.

Los resultados de los desplazamientos obtenidos no representan peligro para la estabilidad y rigidez del brazo hidráulico, el coeficiente de seguridad es superior a 9 por lo cual el material podrá absorber estas pequeñas desviaciones sin comprometer su resistencia mecánica.

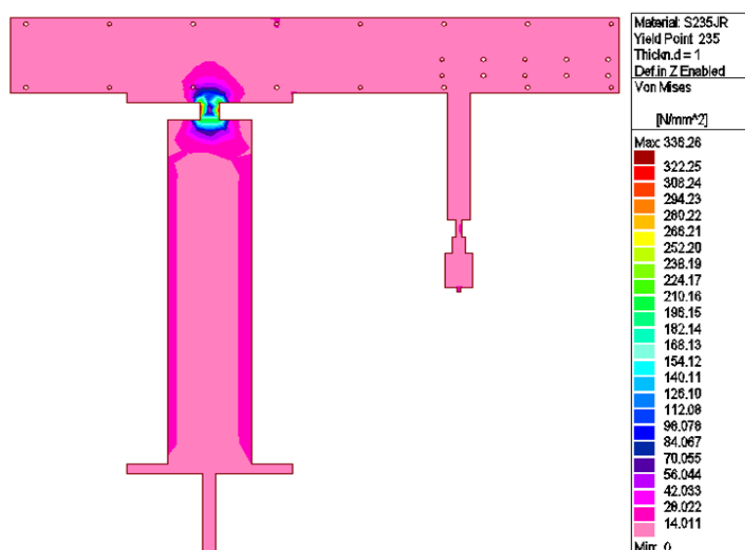


Fig. 31. Diagrama de *Von Mises Stress* en el brazo.

El análisis de fallo elástico nos permite determinar los esfuerzos estáticos permisibles en estructuras o componentes de máquinas. De acuerdo con este criterio el brazo hidráulico es resistente ya que en ninguno de sus puntos la energía de distorsión por unidad de volumen rebasa el umbral del límite elástico del material:

Ambos análisis corroboran que el brazo hidráulico podrá accionar la carga prevista de trabajo de 5 kg sin ver afectada su estabilidad, rigidez ni resistencia mecánica.

Durante la modelación geométrica de mecanismos la simulación de movimientos de los componentes facilita el análisis y comprobación del ensamble, interferencia entre las partes y el cumplimiento de las restricciones de posición y desplazamiento acordes a las exigencias propias funcionales del mecanismo diseñado.

Para la simulación de los movimientos del brazo hidráulico diseñado fue desarrollada una rutina en lenguaje VisualLisp y OpenDCL, la cual opera integrada sobre la plataforma del Mechanical Desktop (V. 2016) sobre el modelo CAD del brazo hidráulico.

La rutina establece las restricciones de posición y desplazamiento de los mecanismos móviles del brazo, y permite modificar dinámicamente las variables que regulan las mismas en los ejes de movimiento establecidos. Para ello se creó un dialogo (Ver figura 62) que permite al diseñador interactuar con los ejes de movimiento del brazo hidráulico y establecer los valores de posición y desplazamiento en los elementos móviles, lo cual facilita el análisis, en diferentes posiciones escogidas por el diseñador, de las posibles interferencias y verificación de los recorridos de trabajo.

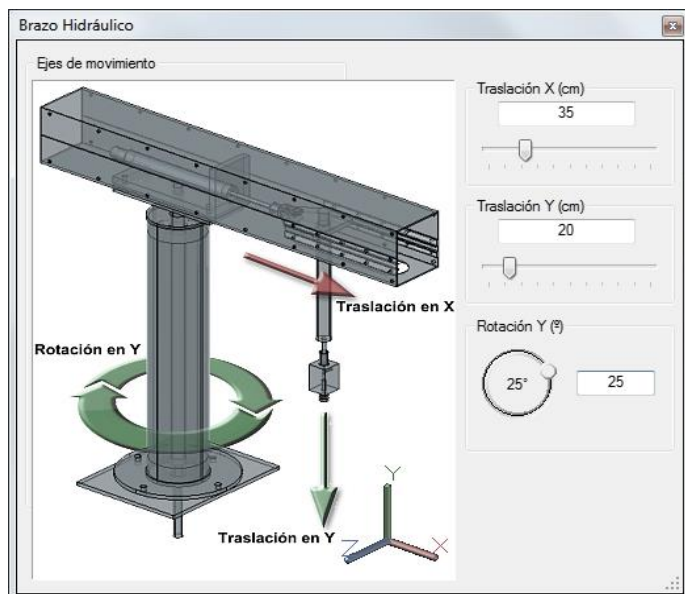


Fig. 32. Fragmento de Código en LISP para el movimiento del brazo mecánico.

El código en lenguaje LISP interactúa directamente con el motor gráfico del sistema CAD, lo cual lo convierte en una potente herramienta para el desarrollo de rutinas de ayuda al diseño, análisis y verificación de modelos geométricos y parámetros ingenieriles. En la figura 63, se representa fragmentos de dicho código, de las funciones principales para el movimiento del brazo hidráulico diseñado.

```

Visual LISP for AutoCAD <MODELO 3D TO MOTION.dwg> - [MAIN.LSP]
File Edit Search View Project Debug Tools Window Help
car
(DEFUN C:MOVEALL ( / )
(MOVEC1 1 90)
(MOVEC2 10 1300)
(MOVEC1 -1 90)
(MOVEC2 10 -1300)
)

(DEFUN MOVEC1 ( ANGP FRAME / )
(REPEAT FRAME
(VL-CMDF "_ROTATE3D" CUERPO1 CUERPO2 CUERPO3 "" "Z" POC1 ANGP)
(VL-CMDF "_DELAY" 100)
)
)

(DEFUN MOVEC2 ( FRAME DIST / )
(setq pasodist (/ DIST FRAME))
(SETQ PASIN++ pasodist)
(REPEAT FRAME
(SETQ PREF (LIST (NTH 0 POC2) (NTH 1 POC2) (- (NTH 2 POC2) PASIN++)))
(VL-CMDF "_MOVE" CUERPO2 CUERPO3 "" POC2 PREF)
(VL-CMDF "_DELAY" 200)
(SETQ PASIN++ (+ PASIN++ pasodist))
)
)

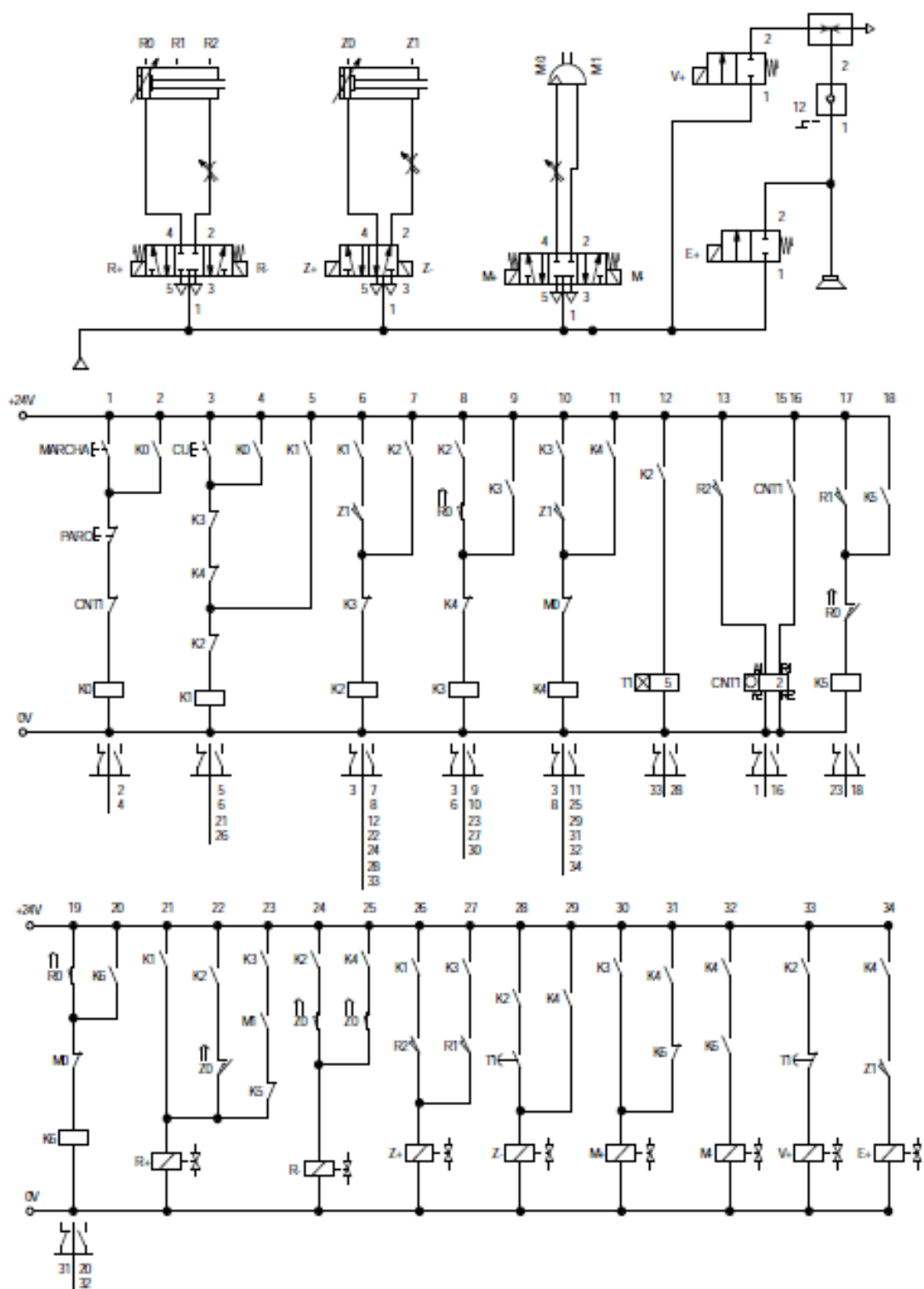
(DEFUN MOEC3 ( FRAME DIST / )
(setq pasodist (/ DIST FRAME))
(SETQ PASIN++ pasodist)
(REPEAT FRAME
(SETQ PREF (LIST (NTH 0 POC2) (NTH 1 POC2) (- (NTH 2 POC2) PASIN++)))
(VL-CMDF "_MOVE" CUERPO2 CUERPO3 "" POC2 PREF)
(VL-CMDF "_DELAY" 200)
(SETQ PASIN++ (+ PASIN++ pasodist))
)
)
)
)

Edit: G:/UTE/DESARRAOLLO/BRAZO/MAIN.LSP [Visual LISP] L 00001 C 00001

```

Fig. 33. Fragmento de Código en LISP para el movimiento del brazo mecánico.

Circuito electro neumático



BRAZO MECÁNICO		
Network 1		
Ciclo Continuo		
LD	MARCHA : I0 . 0	
O	K0 : M0 . 0	
AN	PARO : I0 . 1	
AN	CNT1 : C2	
=	K0 : M0 . 0	
=	Led_CC : Q1 . 0	
Símbolo	Dirección	Comentario
CNT1	C2	Contador
K0	M0.0	Rele Interno M0.0
Led_CC	Q1.0	Led Ciclo Continuo
MARCHA	I0.0	Inicio Ciclo Continuo
PARO	I0.1	Paro del Ciclo Continuo
Network 2		
Ciclo Unico		
LD	CU : I0 . 2	
O	K0 : M0 . 0	
AN	K3 : M0 . 3	
AN	K4 : M0 . 4	
O	K1 : M0 . 1	
AN	K2 : M0 . 2	
=	K1 : M0 . 1	
AN	K0 : M0 . 0	
=	Led_CU : Q1 . 1	
Símbolo	Dirección	Comentario
CU	I0.2	Inicio del Ciclo Unico
K0	M0.0	Rele Interno M0.0
K1	M0.1	Rele Interno M0.1
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
K3	M0.3	Rele Interno M0.3
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
Led_CU	Q1.1	Led Ciclo Unico
Network 3		
LD	K1 : M0 . 1	
A	S1 : I0 . 7	
O	K2 : M0 . 2	
AN	K3 : M0 . 3	
=	K2 : M0 . 2	
Símbolo	Dirección	Comentario
K1	M0.1	Rele Interno M0.1
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
K3	M0.3	Rele Interno M0.3
S1	I0.7	Sensor Reed - Cilindro S Extendido
Network 4		
LD	K2 : M0 . 2	
A	R0 : I0 . 3	
O	K3 : M0 . 3	
AN	K4 : M0 . 4	
=	K3 : M0 . 3	
Símbolo	Dirección	Comentario
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
K3	M0.3	Rele Interno M0.3
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
R0	I0.3	Sensor Reed - Cilindro R Contraído
Network 5		
LD	K3 : M0 . 3	
A	S1 : I0 . 7	
O	K4 : M0 . 4	
AN	M0 : I1 . 0	
=	K4 : M0 . 4	
Símbolo	Dirección	Comentario
K3	M0.3	Rele Interno M0.3
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
M0	I1.0	Sensor Reed - Motor Neumatico Giro 0°
S1	I0.7	Sensor Reed - Cilindro S Extendido
Network 6		
LD	K2 : M0 . 2	
TON	TEMP1 : T34 , 500	
Símbolo	Dirección	Comentario
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
TEMP1	T34	Temporizador con Retardo a la Conexion
Network 7		
LD	R2 : I0 . 5	
LD	CNT1 : C2	
CTU	CNT1 : C2 , 2	
Símbolo	Dirección	Comentario
CNT1	C2	Contador
R2	I0.5	Sensor Reed - Cilindro R Extendido
Network 8		
LD	R1 : I0 . 4	
O	K5 : M0 . 5	
AN	R0 : I0 . 3	
=	K5 : M0 . 5	
Símbolo	Dirección	Comentario
K5	M0.5	Rele Interno M0.5
R0	I0.3	Sensor Reed - Cilindro R Contraído
R1	I0.4	Sensor Reed - Cilindro R a la Mitad
Network 9		
LD	R0 : I0 . 3	
O	K6 : M0 . 6	
AN	M0 : I1 . 0	
=	K6 : M0 . 6	
Símbolo	Dirección	Comentario
K6	M0.6	Rele Interno M0.6
M0	I1.0	Sensor Reed - Motor Neumatico Giro 0°
R0	I0.3	Sensor Reed - Cilindro R Contraído

Network 10		
LD	K1 : M0 . 1	
LD	K2 : M0 . 2	
AN	S0 : I0 . 6	
OLD		
LD	K3 : M0 . 3	
A	M1 : I1 . 1	
AN	K5 : M0 . 5	
OLD		
=	RMAS : Q0 . 0	
Símbolo	Dirección	Comentario
K1	M0.1	Rele Interno M0.1
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
K3	M0.3	Rele Interno M0.3
K5	M0.5	Rele Interno M0.5
M1	I1.1	Sensor Reed - Motor Neumatico Giro 90º
RMAS	Q0.0	Se Extiende el vástago del cilindro R
S0	I0.6	Sensor Reed - Cilindro S Contraido

Network 11		
LD	K2 : M0 . 2	
A	S0 : I0 . 6	
LD	K4 : M0 . 4	
A	S0 : I0 . 6	
OLD		
=	RMENOS : Q0 . 1	
Símbolo	Dirección	Comentario
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
RMENOS	Q0.1	Se Retrae el vástago del cilindro R
S0	I0.6	Sensor Reed - Cilindro S Contraido

Network 12		
LD	K1 : M0 . 1	
A	R2 : I0 . 5	
LD	K3 : M0 . 3	
A	R1 : I0 . 4	
OLD		
=	ZMAS : Q0 . 2	
Símbolo	Dirección	Comentario
K1	M0.1	Rele Interno M0.1
K3	M0.3	Rele Interno M0.3
R1	I0.4	Sensor Reed - Cilindro R a la Mitad
R2	I0.5	Sensor Reed - Cilindro R Extendido
ZMAS	Q0.2	Se extiende el vástago del cilindro Z

Network 13		
LD	K2 : M0 . 2	
A	TEMP1 : T34	
O	K4 : M0 . 4	
=	ZMENOS : Q0 . 3	
Símbolo	Dirección	Comentario
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
TEMP1	T34	Temporizador con Retardo a la Conexion
ZMENOS	Q0.3	Se Retrae el vástago del cilindro Z

Network 14		
LD	K3 : M0 . 3	
LD	K4 : M0 . 4	
AN	K6 : M0 . 6	
OLD		
=	MMAS : Q0 . 4	
Símbolo	Dirección	Comentario
K3	M0.3	Rele Interno M0.3
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
K6	M0.6	Rele Interno M0.6
MMAS	Q0.4	Eje del Motor Neumatico - Posicion Original Ar

Network 15		
LD	K4 : M0 . 4	
A	K6 : M0 . 6	
=	MMENOS : Q0 . 5	
Símbolo	Dirección	Comentario
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
K6	M0.6	Rele Interno M0.6
MMENOS	Q0.5	Eje del Motor Neumatico - Posicion Final Angulo 90º

Network 16		
LD	K2 : M0 . 2	
AN	TEMP1 : T34	
=	VMAS : Q0 . 6	
Símbolo	Dirección	Comentario
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
TEMP1	T34	Temporizador con Retardo a la Conexion
VMAS	Q0.6	

Network 17		
LD	K4 : M0 . 4	
A	S1 : I0 . 7	
=	EMAS : Q0 . 7	
Símbolo	Dirección	Comentario
EMAS	Q0.7	
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
S1	I0.7	Sensor Reed - Cilindro S Extendido

4.2. Diseño del Área de Trabajo del Manipulador.

En esta sección se diseñará la mesa de trabajo, donde estará acoplado el circuito neumático, para que funcione el brazo manipulador como un sistema.

Para lograr este objetivo, se deben tener en cuenta para diseñar La mesa de trabajo

las siguientes consideraciones:

- La rigidez necesaria que debe poseer para que pueda soportar la carga (peso) del brazo manipulador incluyendo las componentes (cilindros, válvulas, etc).
- Las dimensiones adecuadas que faciliten el buen funcionamiento del brazo manipulador.

Es necesario hacer notar, que el brazo no será sometido a velocidades altas que produzcan grandes vibraciones en la mesa de trabajo, por lo que la exigencia de rigidez en esta no es de mayor importancia, cerciorándose solo que pueda soportar el peso del brazo y el de todos sus componentes.

Se ha realizado entonces una distribución del área de la mesa, el cual tendrá una dimensión de $70 \times 65 \text{ cm}^2$, asignándose esta área, zonas específicas para el mejor aprovechamiento del espacio.

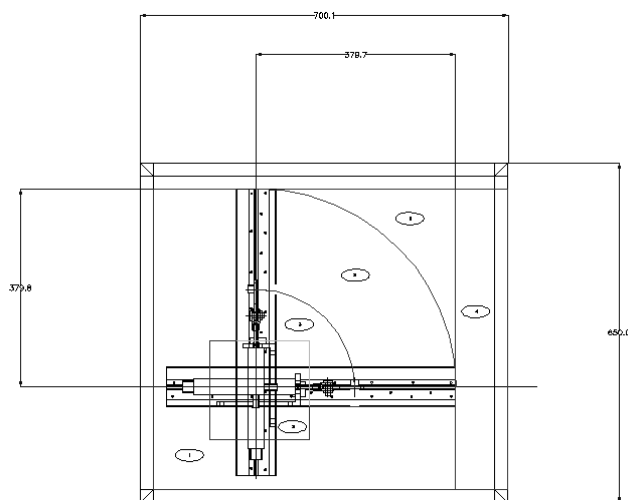


Fig. 34. Representa la distribución realizada a la mesa de trabajo.

- Estructura
- Zona de trabajo
- Zona de la base del brazo del manipulador
- Zona del tablero de control

- **Estructura.**

La principal característica que debe tener la estructura, es la rigidez, pues debe soportar la carga generada (peso), además del movimiento que debe realizar el brazo del manipulador.

- **Zona de Trabajo.**

Representa el volumen en el que debe funcionar el brazo manipulador. Este volumen está contenido por el área de trabajo en el que puede moverse el brazo el cual corresponde a Δr de 125mm y altura de 100 mm de radio de giro de 90°.

- **Zona de la base del manipulador.**

Representa el área en la cual está soportada la carga debido al peso del brazo con todos los componentes y el peso de la pieza de trabajo, además debe soportar los movimientos y esfuerzos que son absorbidos por la estructura de la mesa

- **Zona del tablero de control.**

Representa el área donde son colocados todos los dispositivos necesarios para activar los movimientos del brazo manipulador de forma manual.

4.3.Presupuesto de gasto estimado del manipulador

Tabla 1. Presupuesto de gasto parte mecánica

PRESUPUESTO DE GASTO PARTE MECANICA					
N°	DESCRIPCION	MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Eje	acero 1020	1	\$ 8,00	\$ 8,00
2	Cunas	acero 1020	1	\$ 18,00	\$ 18,00
3	Perfil	aluminio	1	\$ 25,00	\$ 25,00
4	Guias	aluminio	1	\$ 10,00	\$ 10,00
5	Base, bridas	hierro negro	1	\$ 10,00	\$ 10,00
6	Tubo camisa de eje		1	\$ 6,00	\$ 6,00
7	Estructura Mesa	hierro negro	1	\$ 15,00	\$ 15,00
8	Recubrimiento Mesa	Madera	1	\$ 15,00	\$ 15,00
9	Rodamientos	---	1	\$ 25,00	\$ 25,00
10	Pernos y accesorios	hierro galvanizado	1	\$ 8,00	\$ 8,00
11	Pintura	---	1	\$ 10,00	\$ 10,00
12	Otros	---	1	\$ 50,00	\$ 50,00
13	Alquiler maquinaria/mano de obra	---	1	\$ 250,00	\$ 250,00
				Sub-total	\$ 450,00
				IVA	\$ 58,50
				Total	\$ 508,50

Tabla 2. Presupuesto de gasto parte neumática

PRESUPUESTO DE GASTO PARTE NEUMATICA					
Nº	DESCRIPCION	MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Valvula 5/3 doble selenoide		1	\$ 70,00	\$ 70,00
2	Valvula 5/2 doble selenoide		1	\$ 70,00	\$ 70,00
3	Valvula mecanica de switch		2	\$ 70,00	\$ 140,00
4	Final de carrera		2	\$ 70,00	\$ 140,00
5	Manifold		1	\$ 14,00	\$ 14,00
6	Accesorios para Manifold		1	\$ 5,00	\$ 5,00
7	Unidad de Mantenimiento		1	\$ 32,00	\$ 32,00
8	Racores		20	\$ 1,40	\$ 28,00
9	Actuador Giratorio		1	\$ 150,00	\$ 150,00
10	Piston 16 mm x 100 mm		1	\$ 45,00	\$ 45,00
11	Piston 20 mm x 125 mm		1	\$ 50,00	\$ 50,00
12	Sensor para Piston		4	\$ 28,00	\$ 112,00
13	Abrazaderas para Sensor		4	\$ 1,50	\$ 6,00
14	Conector en Y para piston		1	\$ 5,00	\$ 5,00
15	Mts. De Manguera 4 mm		10	\$ 0,60	\$ 6,00
16	Ventosa		1	\$ 24,00	\$ 24,00
17	Sistema Generador de Vacio		1	\$ 55,00	\$ 55,00
18	Reguladores de Flujo		6	\$ 10,00	\$ 60,00
19	check en linea		2	\$ 10,00	\$ 20,00
				Sub-Total	\$ 1.032,00
				IVA	\$ 134,16
				Total	\$ 1.166,16

Tabla 3. Presupuesto de gasto total

PRESUPUESTO DE GASTO TOTAL		
Nº	DESCRIPCION	PRECIO
1	Parte Mecanica	\$ 508,50
2	Parte Neumatica	\$ 1.166,16
3	Parte Electrica de Control	\$ 350,00
TOTAL DEL PROYECTO		\$ 2.024,66

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se presentó una breve reseña histórica de la neumática y los principios de la robótica.
- Se dio a conocer los componentes básicos utilizados en un circuito neumático.
- Se diseñó un manipulador, con ayuda de sistemas CAD/CAE, que satisface las exigencias del proceso productivo de la empresa Tornos & Mangueras de Santo Domingo, escenario del presente estudio.
- Los elementos diseñados satisfacen las condiciones de resistencia, funcionamiento y estabilidad del manipulador.
- Las especificaciones y restricciones del proceso productivo fueron consideradas y los resultados del análisis del diseño indican que el potencial uso de este manipulador neumático para la transportación de piezas en los procesos industriales de la empresa Tornos & mangueras, resultará favorable y puede aumentar los niveles de productividad.

Recomendaciones

- El peso máximo que podrá levantar el manipulador será de 5 kg por lo tanto se recomienda no exceder el mismo.
- Promover el desarrollo de la tecnología de fabricación y se estimule su proceso constructivo.
- Implementar su empleo en la empresa Tornos & Mangueras en Santo Domingo.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Barrientos A. *Fundamentos de la robotica*. McGraw-Hill. España 1997
- Bernal Cesar (2010), *Metodología de la Investigación en administración, economía, humanidades y ciencias sociales*, Tercera Edición, Editorial Prentice Hall, Colombia.
- Catalogo Mindman, 2008-2009.
- Colectivo de autores. *Código Eléctrico Nacional*. 2010. Quito Ecuador.
- Creus Solé, A. (2010). *Neumática e Hidráulica*. Madrid: Marcombo.
- Cuspinera, J. H.-J.-A. (1997). *Control electroneumatico y electronico*. Madrid: Torrelodones.
- D. Seaborg, “*Process Dynamics and Control*”, Wiley, 1989.
- Degem Systems. *Introduccion al analisis de sistemas de control manual del estudiante*. Curso PN-2400 Electroneumatica Avanzada.
- Deppert, W. (2001). *Aplicaciones de la neumática*. Alfaomega
- Farina A. *Cables y conductores eléctricos*. Ed. Cúspide. 2011. Argentina.
- García J. 2011. Sistemas neumáticos. Obtenido el 15 de marzo de 2016 en: <http://www.arqhys.com/construccion.html>
- Gómez, C., *Proyectos Factibles*. Editorial Predios. Valencia. 2000
- Ignasi Brunet Icart, R. B. (2014). *Competitividad, competencias y fin del ciclo fordista*. *International Journal of Sociology of Education*, 25.
- Kelly, Rafael Santibáñez, Víctor; *Control de Movimiento de Robots Manipuladores*. Prentice Hall, D.L. (2003)
- Parker Corporation. (2012). *Tecnología Neumática Industrial* . Brasilia: Apostilla M1001 BR.
- Sabino C. *El proceso de investigación*. Panapo, Caracas, 1992.
- Serway R. y Beichner R. *Física para ciencias e ingeniería*. (tomo 2) 5ª edición McGraw-Hill / interamericana de México, 2002.
- Shigley, *Diseño de elementos de máquinas*. Quinta Edicion McWraw-Hill
- Siemens product lifecycle management software INC. (2015). *CAD / Diseño Asisitido por Computadora*. Obtenido de http://www.plm.automation.siemens.com/es_sa/plm/cad.shtml

ANEXOS

GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS EN NEUMÁTICA Y ELECTRONEUMÁTICA:

Actuadores: Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Autómata: Máquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado.

Automatización: Es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Bucle: secuencia de instrucciones que se repite mientras se cumple una condición prescrita.

Célula de Proceso: conjunto de actividades y/o maquinaria para el maquinado de un producto dentro de un proceso de fabricación

Compresor: Es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores.

Desbarbado: eliminación de residuos de una pieza previamente maquinada

Electroválvulas: son dispositivos diseñados para controlar el flujo de aire a través de un conducto como puede ser una tubería.

Embolo: Pistón.

Expelido: Expulsado, excluido, eliminado.

Grado de Libertad: El número de grados de libertad que tiene un brazo robótico es el número de magnitudes que pueden variarse independientemente por lo general coincide con el número de articulaciones móviles.

Inercia: En física, la inercia es la propiedad de los cuerpos de resistirse al cambio del movimiento, es decir, es la resistencia al efecto de una fuerza que se ejerce sobre ellos.

Manipulador: Equipo que tendrá contacto directo en el desplazamiento

Muelle: Se conoce como muelle o resorte a un operador elástico capaz de almacenar energía y desprenderse de ella sin sufrir deformación permanente cuando cesan las fuerzas o la tensión a las que es sometido.

Neumática: Es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.

Permutar: se dice cuando la válvula o electroválvula cambia de una posición a otra

Racor es una pieza metálica con dos roscas internas en sentido inverso, que sirve para unir tubos u otros perfiles cilíndricos.

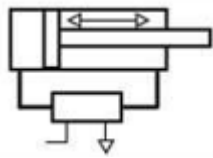

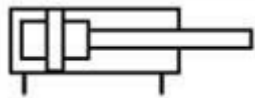
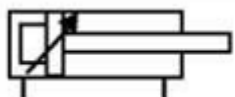
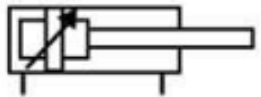
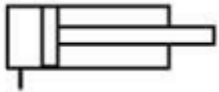
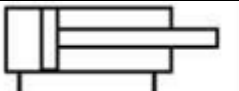

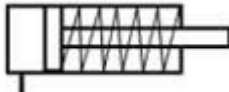
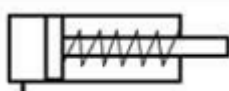
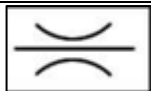
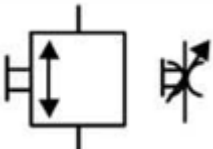
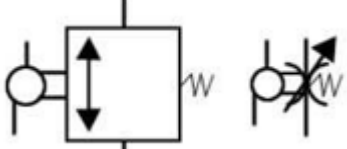
Robótica: es la ciencia y la tecnología de los robots. Se ocupa del diseño, manufactura y aplicaciones de los robots

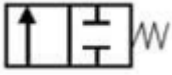


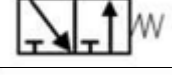
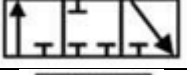
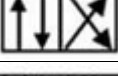
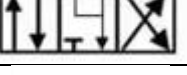

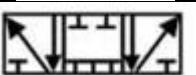
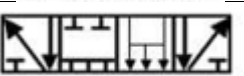


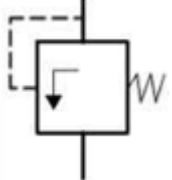
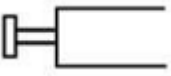
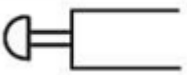
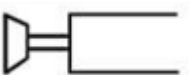
Sensor: Un sensor es un aparato capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas.

Unidad de Mantenimiento (FRL): El elemento que se encarga de Filtrar Regular y Lubricar adecuadamente el aire para su distribución; también conocida como conjunto FRL, que está formado por un filtro, un regulador de presión con manómetro y un lubricador.

Válvula: es un dispositivo que regula el paso del aire en uno o varios tubos o conductos.

SIMBOLOGÍA

FIGURA	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
	Cilindro accionado automáticamente que cierra el aire.	Símbolo Din/ISO/CETOP
	Cilindro simple no regulable, actúa en un solo sentido.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Cilindro simple no regulable, con dos sentidos.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Cilindro simple regulable, con un solo sentido.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Cilindro simple regulable, con dos sentidos.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Cilindro de simple efecto con un solo sentido, sin fuerza determinada en el retroceso.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Cilindro con efecto en los dos sentidos.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Cilindro de doble efecto y doble vástago.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Cilindro de simple efecto con retroceso de muelle.	Símbolo Din/ISO.
	Cilindro de simple efecto con retroceso de muelle.	Símbolo CETOP.
TIPOS DE VÁLVULAS		
	Válvula de estrangulación	Símbolo Din/ISO/CETOP
	Válvula de estrangulación, manual.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Válvula de estrangulación, mecánico, retorno con muelle.	Din/ISO/CETOP.

	Válvula 2/2, cerrado.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Válvula 2/2, abierto.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Válvula 3/2, cerrado.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Válvula 3/2, abierto.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Válvula 3/3, cerrada.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Válvula 4/2.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Válvula 4/3.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Válvula 5/2.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Válvula 5/3, cerrado.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Válvula 5/4, cerrado.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Válvula distribuidora 4/2 simplificada	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Válvula distribuidora 4/2 simplificada	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Válvula, la salida depende de que se supere la presión de la entrada.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
SIMBOLOGIA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ACCIONAMIENTO PARA VALVULAS QUE EXISTEN		
	Accionamiento por pulsador.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por pulsador tipo seta.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por pulsador tipo seta extractora.	Símbolo Din/ISO/CETOP.

	Accionamiento por pulsador tipo seta tractora.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por palanca.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por pedal.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por pedal basculante	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por presión directa.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por depresión	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por diferencial de presión	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por una bobina de electroiman	Símbolo Din/ISO/CETOP.

Propiedades mecánicas de los metales

Tabla de propiedades de los materiales No ferrosos: Extractada de Referencia[2]

Material	Densidad kg/m ³	Módulo de elasticidad [Gpa]	Resistencia a fluencia [Mpa]	Resistencia a la rotura [Mpa]	Ductilidad % alarg. en 2 pulgadas	coeficiente de Poisson	Conduct. Térmica [W/m ² ·°C]	Coef. de dilatación (°C) ⁻¹ · 10 ⁻⁶
Aluminio puro	2710	69	17	55	25	0.33	231	23.6
Aluminio (aleación)	2800	72	97	186	18	0.33	192	22.5
Cobre puro	8940	110	69	220	45	0.35	398	16.5
Latón (70Cu-30Zn)	8530	110	75	303	68	0.35	120	20.0
Bronce (90Cu-8Sn)	8800	110	152	380	70	0.35	62	18.2
Magnesio puro	1740	45	41	165	14	0.29	122	27.0
Molibdeno puro	10220	324	565	655	35	--	142	4.9
Níquel	8900	207	138	483	40	0.31	80	13.3
Plata	10490	76	55	125	48	0.37	418	19.0
Titanio	4510	107	240	330	30	0.34	17	9.0

Tabla de Módulos de Elasticidad. Tabla extractada de Referencia[2]

Material	GPa	Mpsi
Aceros. aleaciones bajas	196	28.4
aceros aleaciones altas	200	29.0
Aluminio y sus aleaciones	70	10.2
Babbitt. metal blanco con base estaño	52	7.5
Bronce fosforoso	110	16.0
Bronce poroso	60	8.7
Hierro fundido	170	24.7
Cobre	124	18.0
Latones	100	14.5

PROPIEDAD	UNIDAD	NYLON
Alargamiento a la rotura	%	>50
Conductividad Térmica	W/Km	0,28
Coeficiente de dilatación Térmica de 20°C a 50°C	m/m K	85·10-6
Coeficiente de Fricción		0,3
Densidad	g/cm ²	1,14
Dureza a la bola	N/mm ²	136
Dureza "Shore"		D75
Módulo de elasticidad	N/mm ²	2.850
Punto de fusión	°C	220
Resistencia Superficial		5·1010
Resistencia al impacto	KJ/m ²	3,8
Resistencia a la tracción	N/mm ²	78
Temperatura máxima de utilización	°C	90
	°C	150
Temperatura mínima de uso	°C	-40

PLACAS NYLON (Poliamida)	
ESPESO R	Kg/M (Peso Teórico)
4	4,79
6	7,18
8	9,57
10	11,9
12	14,3
15	17,9
20	23,9
25	29,9
30	35,9
40	47,8
50	59,8
60	71,8
70	83,7
80	95,7
90	107,
100	119,

Tabla utilizada en el cálculo de volúmenes e inercias.

PESO ESPECIFICO DE DIVERSOS MATERIALES	
Material	Peso específico (Kg./dm³)
1. Rocas	
Arenisca	2.60
Arenisca porosa y caliza porosa	2.40
Calizas compactas, pizarra y mármol	2.80
Granito, sienita,	3.80
2. Prefabricados y cerámicos	
Adobe	1.60
Baldosa cerámica	1.80
Baldosa de gres	1.90
Baldosa hidráulica	2.10
Hormigón ordinario	2.20
Ladrillo cerámico macizo (0 a 10% de huecos)	1.80
Ladrillo cerámico perforado (20 a 30% de huecos)	1.40
Ladrillo cerámico hueca (40 a 50% de huecos)	1.00
C. Maderas	
Maderas resinosas: (Pino, pinabete, abeto,)	0.60
Pino tea	0.80
Maderas frondosas: (Castaño, roble, cerezo, nogal, fresno...)	0.80
3. Metales	
Hierro	7.85
Aluminio	2.70
Bronce	8.50
Cobre	8.90
Estaño	7.40
Latón	8.50
Plomo	11.40
Zinc	7.20
E. Materiales diversos	
Alquitrán	1.20
Asfalto	1.30
Caucho	1.70
Papel	1.10
Plástico (los más comunes)	2.10
Vidrio	2.60

TABLA DE DENSIDADES DE LOS METALES MÁS CORRIENTES A 15 °C

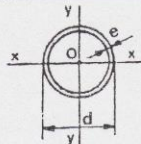
METAL	DENSIDAD (grs/ml)	METAL	DENSIDAD (grs/ml)
ALUMINIO	2,70	COBRE	8,93
CINC	7,10	CROMO	7,10
ESTAÑO	7,29	HIERRO	7,87
NÍQUEL	8,90	PLATA	10,50
PLOMO	11,30	MERCURIO	13,50
ORO	19,30	PLATINO	21,50

CLASIFICACION DE LA CALIDAD DEL AIRE SEGUN ISO 8573

Clase de Calidad	Suciedad Tamaño de Particulas	Presión del Agua Punto de Rocío °C (ppm vol.) a 7 bar g	Aceite (incluido vapor) mg/m ³
1	0,1	-70 (0,3)	0,01
2	1	-40 (16)	0,1
3	5	-20 (128)	1
4	40	+3 (940)	5
5	—	+7 (1 240)	25
6	—	+10 (1 500)	—

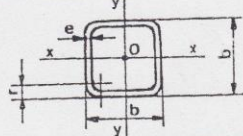
HOJAS TÉCNICAS

PERFILES HUECOS REDONDOS TABLA 14 . 6



Perfil O mm	A cm ²	P kg/m	Dimensiones			Términos de sección					Suministro	Perfil O mm	A cm ²	P kg/m	Dimensiones			Términos de sección					Suministro			
			d	a	u	S _x cm ³	I _t cm ⁴	I _T cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm					d	e	u	S _x cm ³	I _t cm ⁴	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm				
40	2	2,39	1,88	40	2	126	1,44	8,66	4,33	2,16	1,35	P	80	2	4,90	3,85	80	2	251	6,09	74,6	37,3	9,33	2,76	C	
	3	3,49	2,74	40	3	126	2,05	12,0	6,01	3,00	1,31	P		3	7,26	5,70	80	3	251	8,90	108	53,9	13,5	2,72	C	
	4	4,52	3,55	40	4	126	2,60	14,8	7,42	3,71	1,28	C		4	9,55	7,50	80	4	251	11,6	138	69,1	17,3	2,69	C	
45	2	2,70	2,12	45	2	141	1,85	12,5	6,26	2,78	1,42	P	90	3	8,19	6,43	90	3	283	11,4	155	77,6	17,3	3,07	P	
	3	3,96	3,11	45	3	141	2,65	17,5	8,77	3,90	1,49	P		4	10,8	8,48	90	4	283	14,8	200	100	22,3	3,04	P	
	4	5,15	4,04	45	4	141	3,37	21,8	10,9	4,84	1,45	C		5	13,4	10,5	90	5	283	18,1	242	121	26,9	3,01	P	
50	2	3,02	2,17	50	2	157	2,30	17,4	8,70	3,48	1,69	P	100	3	9,14	7,17	100	3	314	14,1	215	108	21,5	3,43	P	
	3	4,43	3,47	50	3	157	3,31	24,5	12,2	4,91	1,66	P		4	12,1	9,47	100	4	314	18,4	278	139	27,8	3,39	P	
	4	5,78	4,53	50	4	157	4,23	30,8	15,4	6,16	1,63	P		5	14,9	11,7	100	5	314	22,6	338	169	33,8	3,36	P	
55	2	3,33	2,61	55	2	173	2,81	23,4	11,7	4,25	1,87	C	125	6	17,7	13,9	100	6	314	26,5	393	196	39,3	3,33	C	
	3	4,90	3,85	55	3	173	4,06	33,2	16,6	6,04	1,84	C		4	15,2	11,9	125	4	393	29,3	557	279	44,6	4,28	C	
	4	6,41	5,03	55	4	173	5,21	42,0	21,0	7,64	2,01	C		5	18,8	14,8	125	5	393	36,0	680	340	54,4	4,24	C	
60	2	3,64	2,86	60	2	188	3,36	30,6	15,3	5,11	2,05	P	155	6	22,4	17,6	125	6	393	42,5	796	398	63,7	4,21	C	
	3	5,37	4,21	60	3	188	4,87	43,7	21,8	7,29	2,01	P		5	23,5	18,5	155	5	487	56,2	1330	663	85,5	5,30	C	
	4	7,04	5,52	60	4	188	6,27	55,4	27,7	9,24	1,98	P		6	28,1	22,1	155	6	487	66,6	1560	781	101	5,27	C	
65	2	3,96	3,11	65	2	204	3,97	39,4	19,7	6,06	2,23	C	175	8	36,9	29,0	155	8	487	86,5	2000	1000	129	5,21	C	
	3	5,84	4,58	65	3	204	5,78	56,2	28,1	8,65	2,19	C		5	26,7	21,0	175	5	550	72,3	1330	966	110	6,01	C	
	4	7,67	6,02	65	4	204	7,46	71,6	35,8	11,6	2,16	C		6	31,9	25,0	175	6	550	85,7	2280	1140	130	5,98	C	
70	2	4,27	3,35	70	2	220	4,62	49,4	24,7	7,05	2,41	P	200	8	42,0	33,0	175	8	550	112	2940	1470	168	5,92	C	
	3	6,31	4,95	70	3	220	6,73	71,0	35,5	10,1	2,37	P		5	30,6	24,0	200	5	628	95,1	2920	1460	146	6,91	C	
	4	8,29	6,51	70	4	220	8,72	90,6	45,3	12,9	2,34	C		6	36,6	28,7	200	6	628	113	3440	1720	172	6,86	C	
75	2	4,58	3,60	75	2	236	5,33	61,1	30,5	8,15	2,58	P	200	8	48,3	37,9	200	8	628	148	4460	2230	223	6,79	C	
	3	6,78	5,32	75	3	236	7,78	88,0	44,0	11,7	2,54	P														
	4	8,92	7,00	75	4	236	10,1	113	56,3	15,0	3,51	P														

PERFILES HUECOS CUADRADOS TABLA 15 . 6



Perfil □ mm	A cm ²	P kg/m	Dimensiones				Términos de sección					Suministro	Perfil □ mm	A cm ²	P kg/m	Dimensiones				Términos de sección					Suministro		
			b	e	r	u	I _T cm ⁴	S _x cm ³	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm					b	e	r	u	I _t cm ⁴	S _x cm ³	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm			
40	2	2,90	2,28	40	2	5	151	11,3	2,04	6,60	3,40	1,53	P	80	3	8,93	7,01	80	3	8	307	140	12,8	86,6	21,7	3,11	P
	4	11,6	9,11	80	4	10	303	180	16,3	109	27,2	3,06	P		4	11,6	9,11	80	4	10	303	180	16,3	109	27,2	3,06	P
	5	14,1	11,1	80	5	13	299	217	19,5	128	32,0	3,01	P		5	14,1	11,1	80	5	13	299	217	19,5	128	32,0	3,01	P
45	2	3,30	2,59	45	2	5	171	16,3	2,63	9,94	4,42	1,74	C	90	6	16,5	13,0	80	6	15	294	250	22,4	144	36,0	2,95	C
	3	4,73	3,71	45	3	8	167	22,9	3,65	13,4	5,95	1,68	C		3	10,1	7,95	90	3	8	347	202	16,4	126	37,9	3,52	P
	4	6,01	4,72	45	4	10	163	28,2	4,48	15,9	7,07	1,63	C		4	13,2	10,4	90	4	10	343	281	21,1	159	35,4	3,47	P
50	2	3,70	2,91	50	2	5	191	22,7	3,30	13,9	5,57	1,94	P	100	5	16,1	12,7	90	5	13	339	316	25,3	189	41,9	3,42	P
	3	5,33	4,18	50	3	8	187	32,0	4,64	19,0	7,59	1,89	P		6	18,9	14,9	90	6	15	334	366	29,2	214	47,6	3,36	P
	4	5,81	5,35	50	4	10	183	39,9	5,75	22,9	9,15	1,83	P		3	11,3	8,89	100	3	8	387	279	20,1	175	35,0	3,93	P
55	2	4,10	3,22	55	2	5	211	30,5	4,04	18,9	6,86	2,14	C	120	4	14,8	11,6	100	4	10	383	363	26,4	223	44,6	3,88	P
	3	5,93	4,66	55	3	8	207	43,4	5,70	25,9	9,43	2,09	C		5	18,1	14,2	100	5	13	379	440	31,9	266	53,1	3,83	P
	4	7,61	5,97	55	4	10	203	54,5	7,13	31,6	11,5	2,04	C		6	21,3	16,7	100	6	15	374	513	37,0	304	60,7	3,77	P
60	2	4,50	3,33	60	2	5	231	39,9	4,86	24,8	8,28	2,35	P	140	4	18,0	14,1	120	4	10	463	638	38,9	397	66,2	4,70	P
	3	6,53	5,13	60	3	8	227	57,1	6,89	34,4	11,5	2,30	P		5	22,1	17,0	120	5	13	459	780	47,2	478	79,6	4,64	P
	4	8,41	6,60	60	4	10	223	72,2	8,66	42,3	14,1	2,24	P		6	26,1	20,5	120	6	15	454	913	55,1	551	91,8	4,59	C
70	2	5,10	3,96	70	2	5	271	64,1	6,71	40,3	11,5	2,76	P	160	5	26,1	20,5	140	5	13	539	260	65,6	780	111	5,46	P
	3	7,73	6,07	70	3	8	267	92,6	9,60	56,6	16,2	2,71	P		6	30,9	24,3	140	6	15	534	480	76,8	905	129	5,41	P
	4	10,0	7,86	70	4	10	263	118	12,2	70,4	20,1	2,65	P		8	40,0	31,4	140	8	20	526	890	97,5	1130	161	5,30	P
75	2	5,30	4,16	70	2	5	271	64,1	6,71	40,3	11,5	2,76	P	170	5	30,1	23,7	160	5	13	619	1901	86,9	1190	149	6,29	P
	3	7,73	6,07	70	3	8	267	92,6	9,60	56,6	16,2	2,71	P		6	35,7	28,0	160	6	15	614	2240	102	1390	173	6,23	P
	4	10,0	7,86	70	4	10	263	118	12,2	70,4	20,1	2,65	P		8	46,4	36,5	160	8	20	609	2890	131	1740	218	6,12	P
80	2	5,30	4,16	70	2	5	271	64,1	6,71	40,3	11,5	2,76	P	170	5	32,1	25,2	170	5	13	659	2290	98,7	1440	169	6,69	C
	3	7,73	6,07	70	3	8	267	92,6	9,60	56,6	16,2	2,71	P		6	38,1	29,5	170	6	15	654	2710	116	1680	198	6,64	C
	4	10,0	7,86	70	4	10	263	118	12,2	70,4	20,1	2,65	P		8	49,6	39,0	170	8	20	646	3410	149	2120	249	6,53	P

Series 367

BELLOWS TYPE SUCTION CUPS

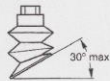
10 to 85 mm diameter



GENERAL

Bellows type suction cups are particularly suitable for lifting objects :

- with inclined surfaces (maximum angular compensation 30° with 2 1/2 corrugations)
- of which the surfaces are not flat
- of different heights (stroke compensations , C1 or C2 max., see "Dimensions"),
- which are fragile (shock-absorber function)



Two versions of bellows type suction cups are available :

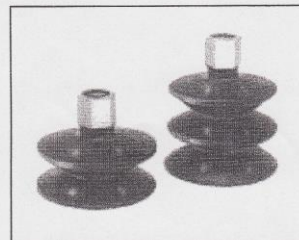
1 1/2 and 2 1/2 corrugations, for vertical connection.

This type of suction cup is not suitable for lifting workpieces oriented vertically.

Ambient temperature range : 0°C to +50°C

LIFT FORCE : identical to plain suction cups.

See table and information relating to plain suction cups.

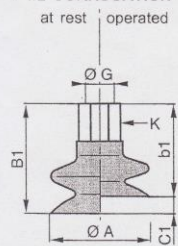


SELECTING NITRILE (NBR) SUCTION CUPS

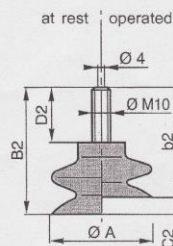
suction cup diameter (mm)	connection size	CATALOGUE NUMBERS to specify in order	
		1 1/2 corrugation cups, vertically connected	2 1/2 corrugation cups vertically connected
TAPPED CONNECTION			
10	G 1/8	-	367 01 080
14	G 1/8	-	367 01 081
18	G 1/8	-	367 01 082
30	G 1/4	367 01 104	367 01 108
40	G 1/4	367 01 077	367 01 084
50	G 1/4	367 01 106	367 01 109
60	G 1/4	367 01 078	367 01 085
85	G 1/4	367 01 079	367 01 086
M10 THREADED CONNECTION			
40	M10	367 01 088	367 01 091
60	M10	367 01 089	367 01 092
85	M10	367 01 090	367 01 093

DIMENSIONS AND WEIGHTS

1 1/2 CORRUGATION CUPS

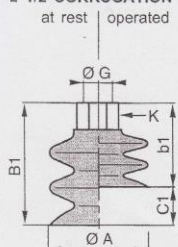


Ø A	B1	b1	C1	K*	Ø G	Δ Δ (g)
18	28	24	4	14	G 1/8	4
30	41	35	6	17	G 1/4	9
40	45	38	7	17	G 1/4	19
50	47	38	9	17	G 1/4	30
60	49	39	10	17	G 1/4	41
85	65	57	8	17	G 1/4	146

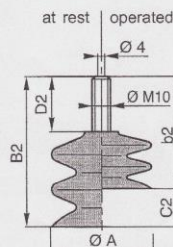


Ø A	B2	b2	C2	D2	Δ Δ (g)
40	51	43	8	15	18
60	57	50	7	15	40
85	74	63	11	15	160

2 1/2 CORRUGATION CUPS



Ø A	B1	b1	C1	K*	Ø G	Δ Δ (g)
10	27	24	3	14	G 1/8	3
14	35	26	9	14	G 1/8	4
18	35	26	9	14	G 1/8	4
30	52	43	9	17	G 1/4	11
40	60	44	16	17	G 1/4	25
50	65	48	17	17	G 1/4	35
60	70	52	18	17	G 1/4	62
85	93	60	33	17	G 1/4	207



Ø A	B2	b2	C2	D2	Δ Δ (g)
40	64	48	16	15	25
60	80	52	28	15	60
85	100	69	31	15	210

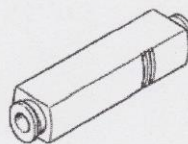
XLII

*hex-connection fitting, dimension K is across flats.

Hoja de datos - Tobera aspiradora por vacío VN-07-M-I3-PQ2-VQ2 - 193553

FESTO

Función



Caracter.	Propiedades
Diámetro nominal de la tobera Laval	0,7 mm
Patrón	13 mm
Posición de montaje	indistinto
Característica del eyector	Alto vacío Inline
Construcción	Forma recta
Presión de funcionamiento para caudal de aspiración máximo	7 bar
Presión de funcionamiento	1 - 8 bar
Presión de funcionamiento para vacío máximo	5,8 bar
Vacío máximo	86 %
Presión nominal de funcionamiento	6 bar
Caudal de aspiración máx. contra atmósfera	13,5 l/min
Fluido	Aire comprimido seco, filtrado y sin lubricación
Clase de resistencia a la corrosión KBK	1
Temperatura del medio	0 - 60 °C
Temperatura ambiente	0 - 60 °C
Peso del producto	16 g
Tipo de fijación	Montaje del conducto
Conexión neumática 1	QS-6
Conexión neumática 3	sin escape común
Conexión de vacío	QS-6
Indicación sobre el material	Exento de cobre y PTFE
Información sobre el material de las juntas	NBR
Información sobre el material de la tobera	POM
Información sobre el material del cuerpo	POM reforzado
Información sobre el material de la tobera	Aleación forjable de aluminio

UM* / TPU* series

PU TUBE



Order example:

UM0425 - 100 - B

MODEL EACH ROLL COLOR

Specification:

Model	UM* / TPU*
Medium	Air
Operating pressure range	0-100psi (0-0.7MPa)
Working vacuum	-29.5in.Hg (-100kPa)
Ambient temperature	-5-140°F (-15-60°C) (No freezing)

Mindman brand PU tube

Model no.	ID × OD(mm)	Each roll(m)	Available color
UM0425	2.5 × 4	100	B, BU, CB, O, G, Y, R, T
UM0640	4 × 6	100	B, BU, CB, O, G, Y, R, T
UM0850	5 × 8	100	B, BU, CB, O, G, Y, R, T
UM1065	6.5 × 10.0	100	B, BU, CB, O, G, Y, R, T
UM1280	8 × 12.0	100	B, BU, CB, O, G, Y, R, T

Available color :

● Black(B), ● Blue(BU), ● Light blue(CB), ● Orange(O), ● Green(G),
● Yellow(Y), ● Red(R), ○ Transparent(T)

Taiwan made PU tube

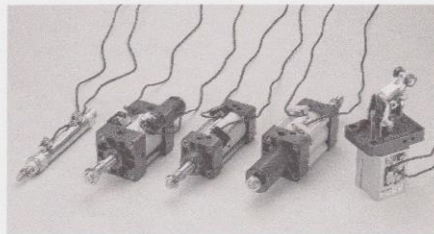
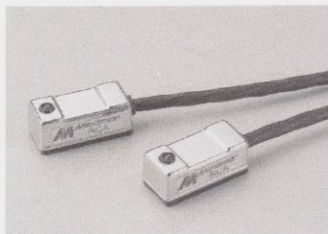
Model no.	ID × OD(mm)	Each roll(m)	Available color
TPU0420	2 × 4	200	B, BU, O, T
TPU0425	2.5 × 4	200	B, BU, O, G, Y, T
TPU0503	3 × 5	200	B, BU, O, G, Y, T
TPU0604	4 × 6	100	B, BU, O, G, Y, T
TPU0850	5 × 8	100	B, BU, O, G, Y, T
TPU0806	6 × 8	200	B, BU, O, G, Y, T
TPU0906	6.5 × 9.5	200	B, BU, O, G, Y, T
TPU1065	6.5 × 10.0	100	B, BU, O, G, Y, T
TPU1108	8.0 × 11	100	B, BU, O, G, Y, T
TPU1208	8.0 × 12.0	100	B, BU, O, G, Y, T
TPU1296	9.6 × 12.7	100	B, BU, O, G, Y, T
TPU1613	13 × 16	100	B, BU, O, G, Y, T

Available color :

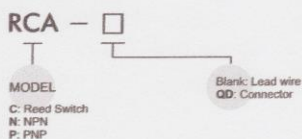
● Black(B), ● Blue(BU), ● Orange(O), ● Green(G), ● Yellow (Y),
○ Transparent(T)

RCA series

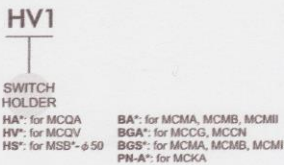
SENSOR SWITCH



Order example:

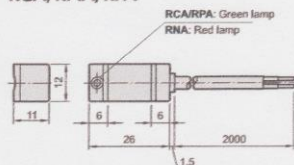


Switch holder / band:

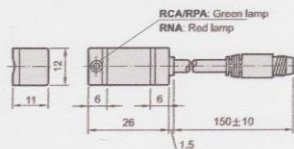


Dimension:

RCA/RNA/RPA



RCA-QD/RNA-QD/RPA-QD



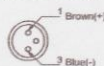
Specification:

Model	RCA	RNA	RPA
Wiring method	2 wire	3 wire	
Switching logic	SPST normally open	Solid state output, normally open	
Switch Type	Reed switch	NPN current sinking	PNP current sourcing
Operating voltage	5~240V DC/AC		5~30V DC
Switching current	100mA max.	200mA max.	
Switching rating	10W max.		6W max.
Current consumption	—	15 mA@24V DC max.	
Voltage drop	2.5V max.	1.5V max.	
Leakage current	—	0.01mA max.	
Indicator	Green LED	Red LED	Green LED
Cable	4 φ, 2C, PVC	4 φ, 3C, PVC	
Magnet frequency (±1)	70 Gauss	60 Gauss	
Temperature range	-10~70°C (No freezing)		
Shock (±2)	30G	50G	
Vibration (±3)	9G		
Enclosure classification	IEC 529 IP67		
Protection circuit	None	Power source reverse polarity, Surge suppression	
Connect diagram			

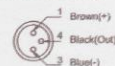
- ※ 1. Measuring standard target : φ 15.5× φ 8×5(Anisotropy rubber magnet).
- ※ 2. Sin wave / X,Y,Z, 3 directions / 3 times each direction / 11ms each time.
- ※ 3. Double amplitude 1.5mm / 10Hz~55Hz~10Hz(Sweep 1min) / X,Y,Z, 3 directions / 1 hour each time.

Wiring of the QD:

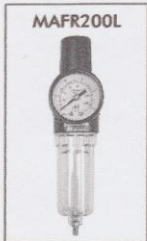
● 2 wire QD wiring



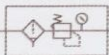
● 3 wire QD wiring



MAFR200 series
AIR UNITS (F.R.UNIT)



Symbol:



Specification:

Model	MAFR200	
Bore No.	6A	8A
Port size	PT 1/8	PT 1/4
Medium	Air	
Operating pressure range	0-9.9 kgf/cm ² (0-0.99 MPa)	
Test pressure	15 kgf/cm ² (1.5 MPa)	
Effective orifice	7 mm ²	13 mm ²
Regulated pressure range	0.5-8.5 kgf/cm ² (0.05-0.85 MPa)	
Ambient temperature	-5~+60°C (No freezing)	
Filter element	Standard: 40 μm Option: 5 μm	
Attachment	Pressure gauge (PG-40), bracket	
Weight	257 g, 226 g (MAFR200L)	

Order example:

MAFR200L - 6A - 1K - [] - BSP

MODEL

BORE SIZE
6A: PT 1/8
8A: PT 1/4

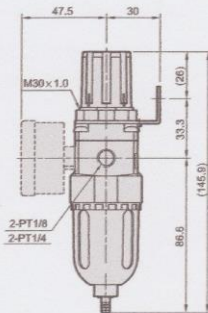
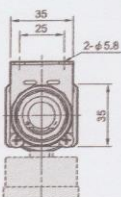
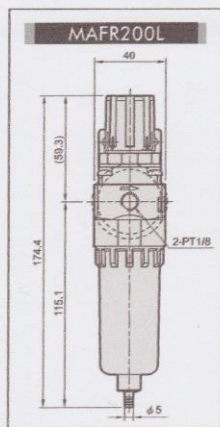
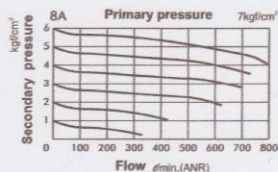
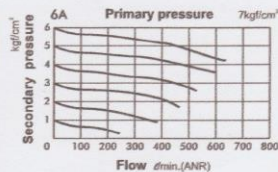
Adjustable Press. Range
Blank: Standard Type
1K: 0-1 kgf/cm²
2K: 0-2 kgf/cm²
3K: 0-3 kgf/cm²
4K: 0-4 kgf/cm²

FILTER ELEMENT
Blank: 40 μm
5u: 5 μm

PORT THREAD
Blank: PT thread
BSP: BSP thread
NPT: NPT thread

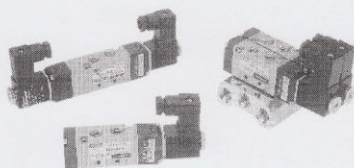
Blank: standard type
L: Longer case, no case guard

Flow feature:



MVSC/D-180 series

SOLENOID VALVE

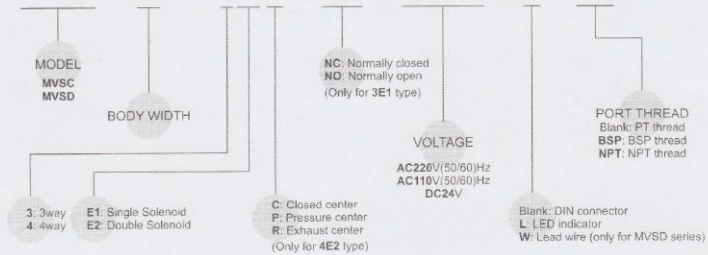


Specification:

Model	MVSC/D-180 -3E1,E2	MVSC/D-180 -4E1,E2	MVSC/D-180 -4E2C,P,R
Bore No.	6A		
Port size	PT 1/8		
No. of port	3	5	
No. of position	2	2	3
Medium	Air		
Operating pressure range	1.5-8 kgf/cm ²		2-7 kgf/cm ²
Proof pressure	10 kgf/cm ²		
Effective orifice	12 mm ²	12 mm ²	9 mm ²
Response time	30 ms		
Ambient temperature	-5~+50°C (No freezing)		
Voltage	AC110V, 220V (50/60)Hz, DC24V		
Power consumption	AC=3.7/ 3.1VA, DC=2.9W		
Available voltage range	±10%		
Insulation class	F class		
Weight	120 g	172 g	124 g 176 g 190 g

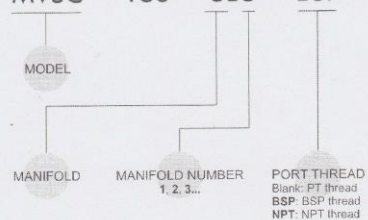
Order example of valve:

MVSC - 180 - 4E2C - NC - AC110 - L - BSP

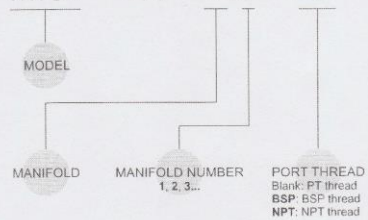


Order example of manifold:

3 way
MVSC - 180 - 3B3 - BSP



4 way ※Use the same manifold with MVSA.
MVSA - 180 - 5B3 - BSP



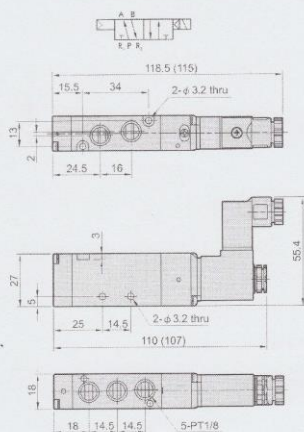
MVSC/D-180

SOLENOID VALVE

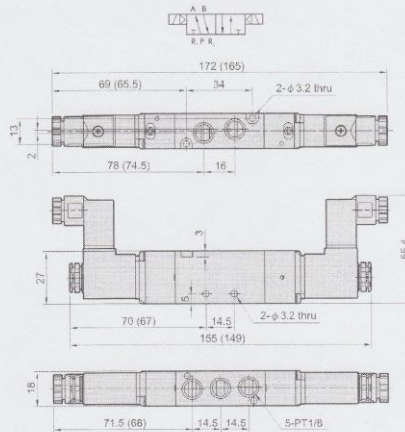


Dimensions:

MVSC/D-180-4E1

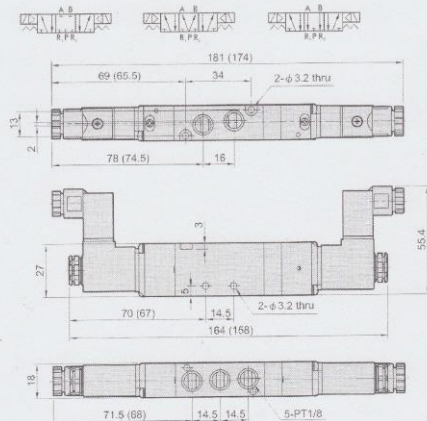


MVSC/D-180-4E2

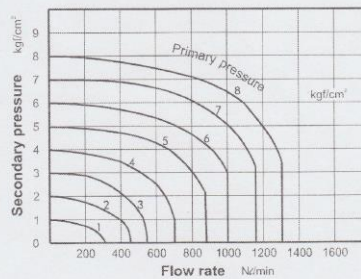


MVSC/D-180-4E2C.PR

MVSC/D-180-4E2C MVSC/D-180-4E2P MVSC/D-180-4E2R



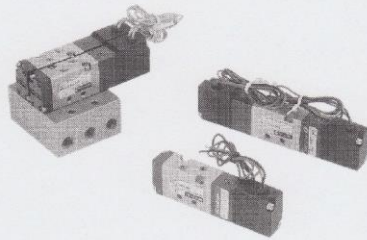
Flow features:



() Dimension for MVSD

MVSA-150 series

SOLENOID VALVE

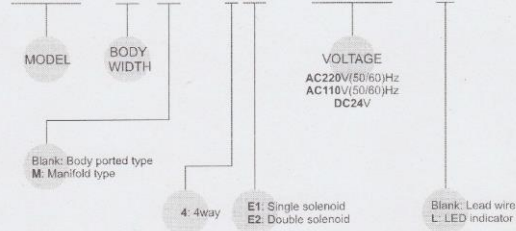


Specification:

Model	MVSA-150-4E1	MVSA-150-4E2
Bore No.	M5	
Port size	M5 × 0.8	
No. of port	5	
No. of position	2	
Medium	Air	
Operating pressure range	1.5~8 kgf/cm ²	
Proof pressure	10 kgf/cm ²	
Effective orifice	3.8 mm ²	
Response time	30 ms	
Ambient temperature	-5~+50℃ (No freezing)	
Voltage	AC110V, 220V (50/60)Hz, DC24V	
Power consumption	AC=2.1/1.8VA, DC=1.6W	
Available voltage range	±10%	
Insulation class	B class	
Weight	76 g	115 g

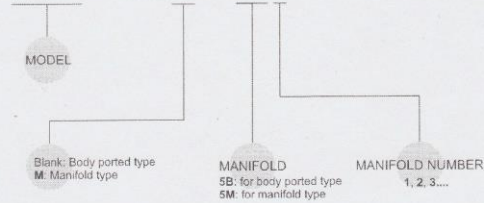
Order example of valve:

MVSA - 150M - 4E2 - AC110 - L



Order example of manifold:

MVSA - 150M - 5M3

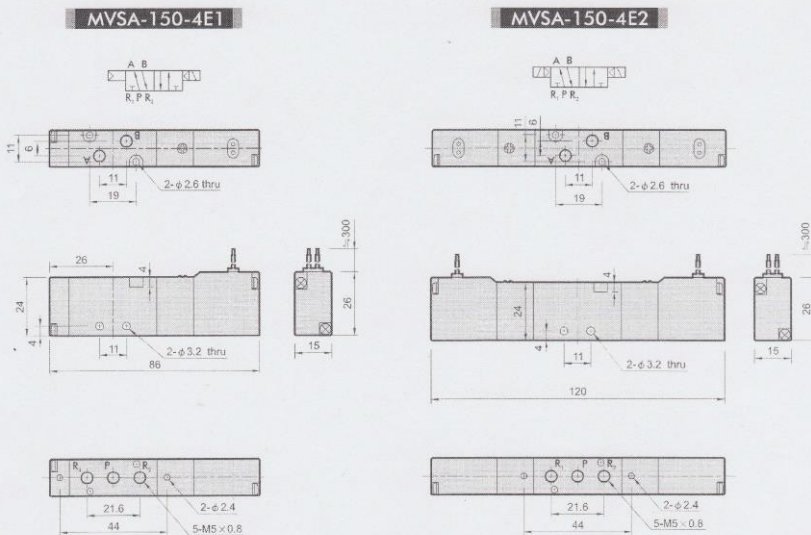


MVSA-150

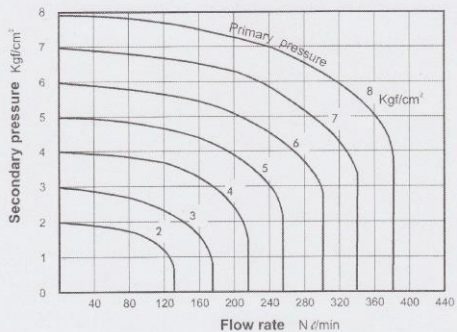
SOLENOID VALVE



Dimensions:

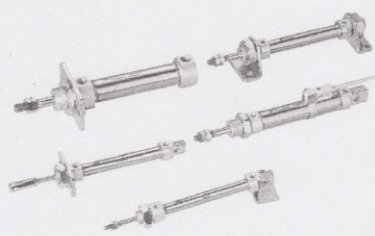


Flow features:



MCFI series

ISO-6432 MINIATURE CYLINDERS / NON-PIVOT TYPE MINIATURE CYLINDERS



Features:

- **Non lubrication:**
Special housing and bushing enables self lubrication of piston rod.
- **High quality long service life:**
Hard anodised stainless steel cylinder tubes offer a high resistance to corrosion and low internal friction.
- **Cylinder mountings:**
Available with a comprehensive range of accessories for rigid or flexible mounting.
- **ISO-6432 standard:**
Enables world-wide inter-changeability.
- **Magnetic as standard.**

Table for standard stroke

	Tube I.D.	Stroke (mm)	Max. stroke
Single acting	φ 16	15, 25, 50, 75, 100	
	φ 20, 25	15, 25, 50, 75, 100, 125, 150	
Double acting	φ 8, 10	10, 25, 40, 50, 80, 100	200
	φ 12	10, 25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200	200
	φ 16	15, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500	900
	φ 20, 25	15, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500	900

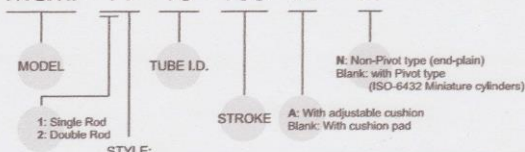
- Stroke out of specification is also available.
- Please consult us if stroke out of specification.

Model	MCFI					
Tube I.D. (mm)	8	10	12	16	20	25
Port size	M5 x 0.8			G 1/8		
Medium	Air					
Max. operating pressure kgf/cm ²	7 kgf/cm ²					
Min. operating pressure kgf/cm ²	1	0.8		0.6		
Test pressure	10 kgf/cm ²					
Ambient temperature	-5~ +60°C (No freezing)					
Available speed range	50-500 mm/sec					
Lubricator	Not required					
Sensor switch (band)	RCA (Matching the BA20,BA25 band)					
	RCM (Matching the BM16-BM25 band)					
	RCS (Matching the BJ8-BJ16 band)					

● The code of sensor switch band is BM16. "16" represents the tube I.D.

Order example:

MCFI-11-16-100-A-N



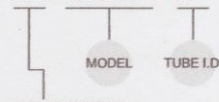
STYLE:

Code	Symbol	Description
1 1		Double acting / Male thread
1 3		Single acting / Normally extended male thread
1 5		Single acting / Normally returned male thread
2 1		Double rod / Male thread
2 7		Double rod / Adjustable male thread Please mark "adjustable distance(mm)" at order list

Single acting type: Please consult us.

Mounting accessories:

FA-MCFI-16



MOUNTING TYPE

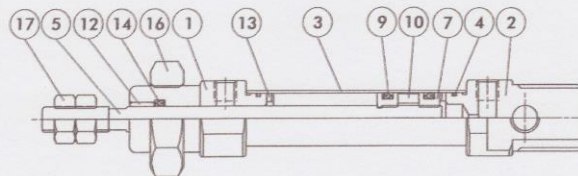
	LB
	FA
	FB
	SDB
	Y
	I

MCMI Inside structure & Parts list
ISO-6432 MINIATURE CYLINDERS

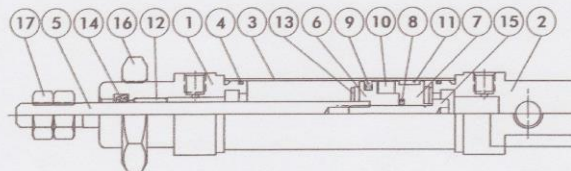


Double acting

$\phi 8 \sim \phi 12$



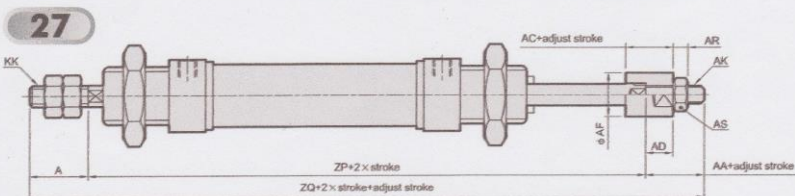
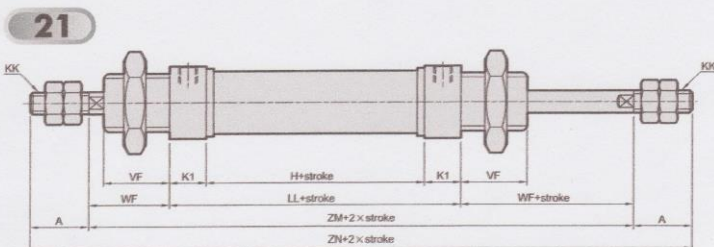
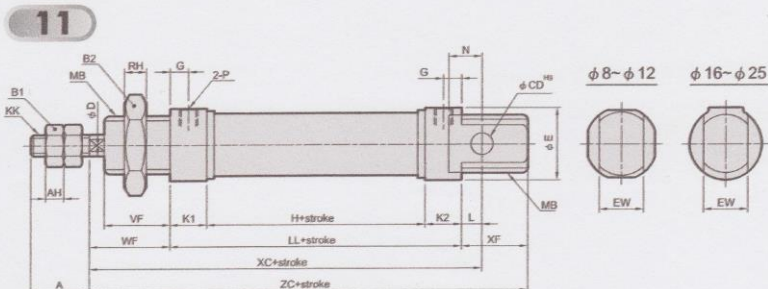
$\phi 16 \sim \phi 25$



Material

No.	Part name	Material	Note
1	Rod cover	Aluminum alloy	
2	Head cover	Aluminum alloy	
3	Tube	Stainless steel	
4	Cover ring	NBR	
5	Piston rod	Stainless steel	$\phi 20, \phi 25$: Medium carbon steel
6	Piston-R	Aluminum alloy	$\phi 25$ With cushion pad - Polyurethane
7	Piston-H	Aluminum alloy	$\phi 25$ With cushion pad - Polyurethane
8	Piston gasket	NBR	
9	Piston packing	NBR	
10	Magnet ring	Magnet material	
11	Wear ring	Teflon	
12	Rod bush	Copper	
13	Cushion gasket	NBR	
14	Rod packing	NBR	
15	Piston lock bolt	SCM	
16	Tie nut	Carbon steel	
17	Rod front nut	Carbon steel	

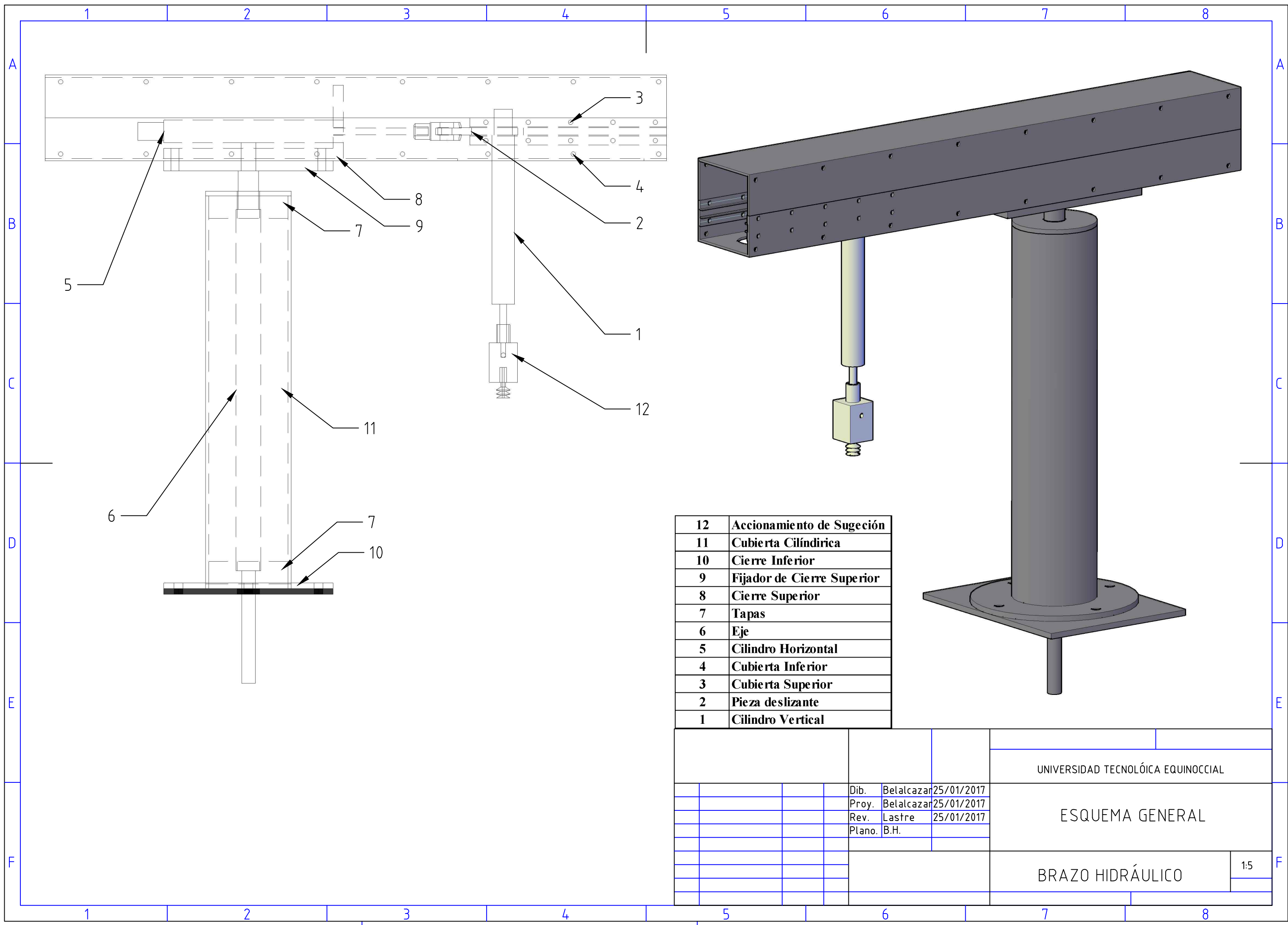
MCM1 Dimensions / Double acting $\phi 8\text{--}\phi 25$
 ISO-6432 MINIATURE CYLINDERS



Code Tube L.D.	A	AA	AC	AD	AF	AH	AK	AR	AS	B1	B2	CD	D	E	EW	G	H	KK	K1	K2	L	LL	MB	N
8	12	—	—	—	—	3.2	—	—	—	7	19	4	4	16.7	8 ^{+0.015} _{-0.015}	6	24	M4 x 0.7	11	11	2	46	M12 x 1.25	6
10	12	—	—	—	—	3.2	—	—	—	7	19	4	4	16.7	8 ^{+0.015} _{-0.015}	6	24	M4 x 0.7	11	11	2	46	M12 x 1.25	6
12	16	—	—	—	—	5	—	—	—	10	24	6	6	19.7	12 ^{+0.020} _{-0.020}	6	28	M6 x 1.0	11	11	3	50	M16 x 1.5	9
16	16	16	13	7.5	12	5	M5 x 0.8	4	8	10	22	6	6	19.7	12 ^{+0.020} _{-0.020}	5	34.5	M6 x 1.0	10	10	5.5	54.5	M16 x 1.5	9
20	20	19	15	9.5	16	5	M8 x 1.25	5	13	13	30	8	8	29.7	16 ^{+0.030} _{-0.030}	8	38	M8 x 1.25	15	15	3	68	M22 x 1.5	12
25	22	19	15	9.5	16	5	M8 x 1.25	5	13	17	30	8	10	29.7	16 ^{+0.030} _{-0.030}	7.5	37	M10 x 1.25	15	15	9	67	M22 x 1.5	12

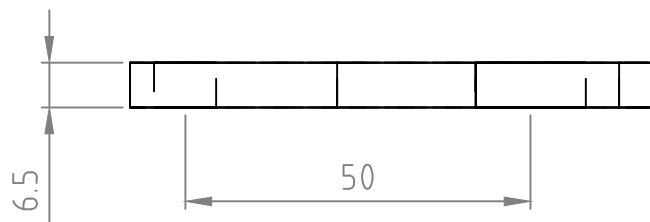
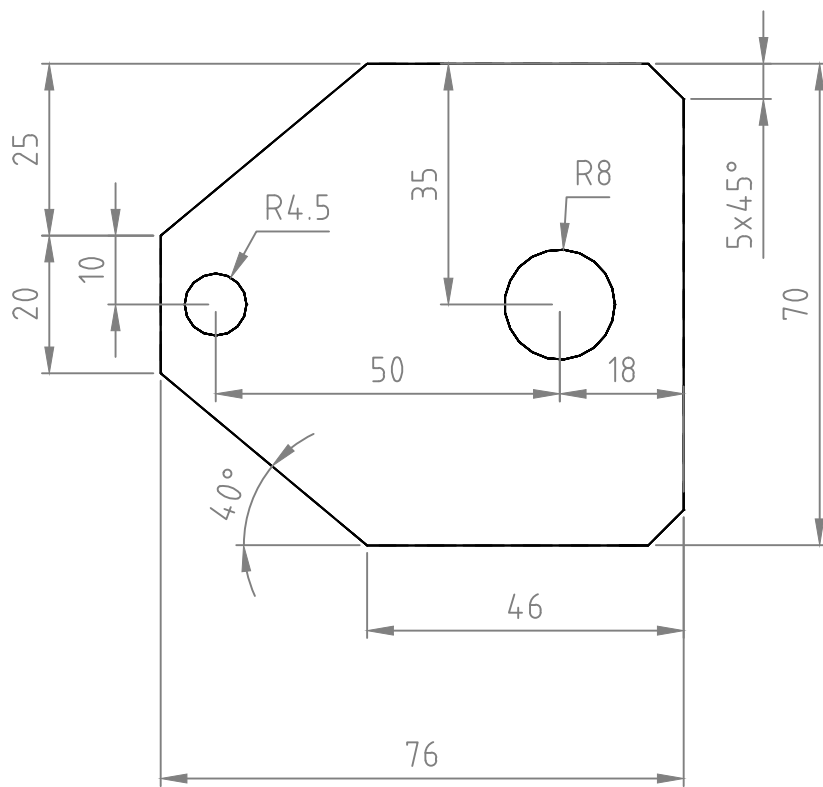
Code Tube L.D.	P	RH	VF	WF	XC	XF	ZC	ZM	ZN	ZP	ZQ
8	M5 x 0.8	6	12	16	64	12	74	—	—	—	—
10	M5 x 0.8	6	12	16	64	12	74	—	—	—	—
12	M5 x 0.8	8	17	22	75	17	89	—	—	—	—
16	M5 x 0.8	6	18	22	82	18	94.5	98.5	130.5	102	134
20	G 1/8	6	20	24	95	20	112	116	156	119	158
25	G 1/8	6	22	28	104	22	117	123	167	124.5	165.5

PLANOS



12	Accionamiento de Sugación
11	Cubierta Cilíndrica
10	Cierre Inferior
9	Fijador de Cierre Superior
8	Cierre Superior
7	Tapas
6	Eje
5	Cilindro Horizontal
4	Cubierta Inferior
3	Cubierta Superior
2	Pieza deslizante
1	Cilindro Vertical

				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL			
				ESQUEMA GENERAL			
				Dib. Belalcazar 25/01/2017			
				Proy. Belalcazar 25/01/2017			
				Rev. Lastre 25/01/2017			
				Plano. B.H.			
						BRAZO HIDRÁULICO	
						1:5	



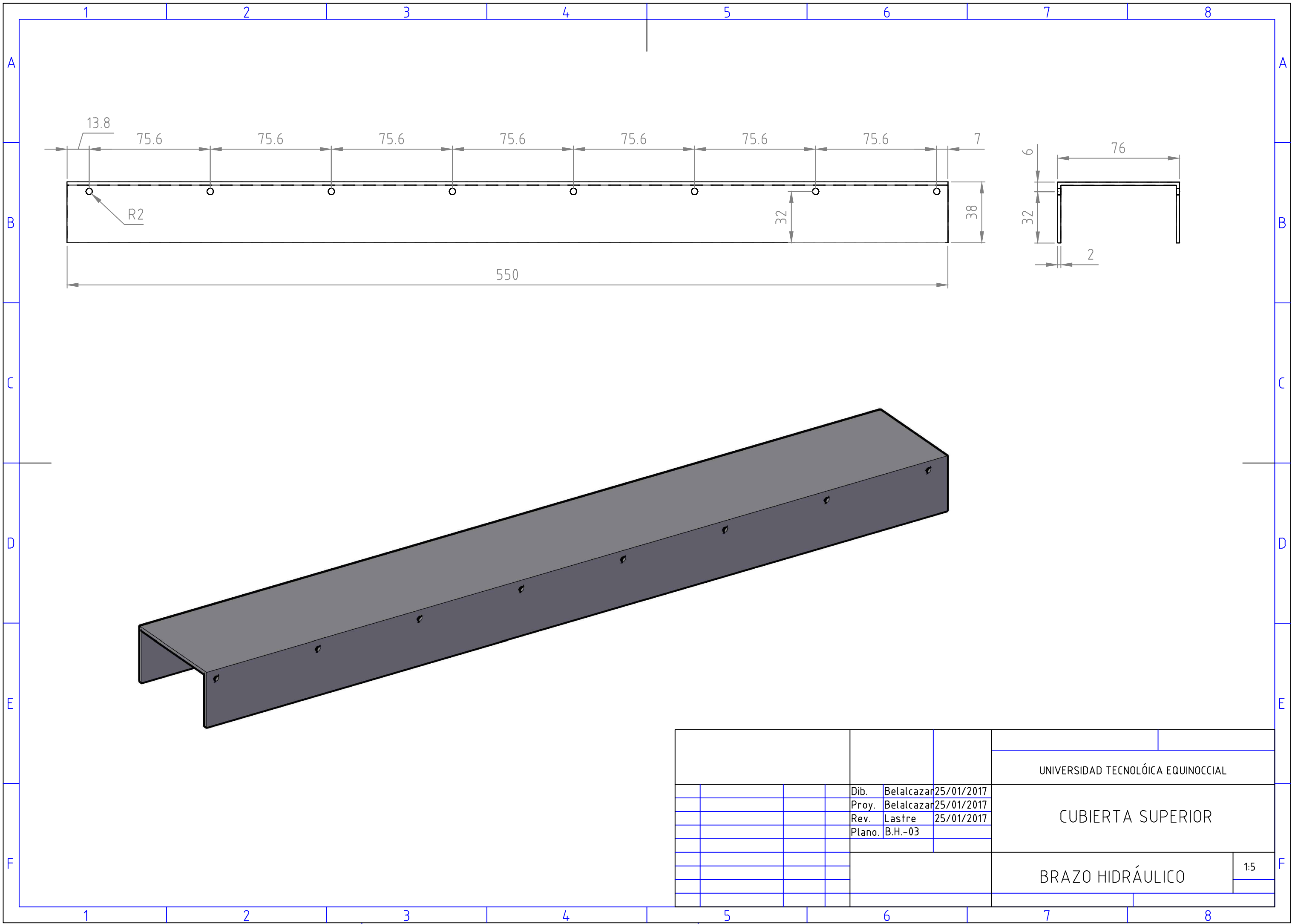
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

PIEZA DESLIZANTE

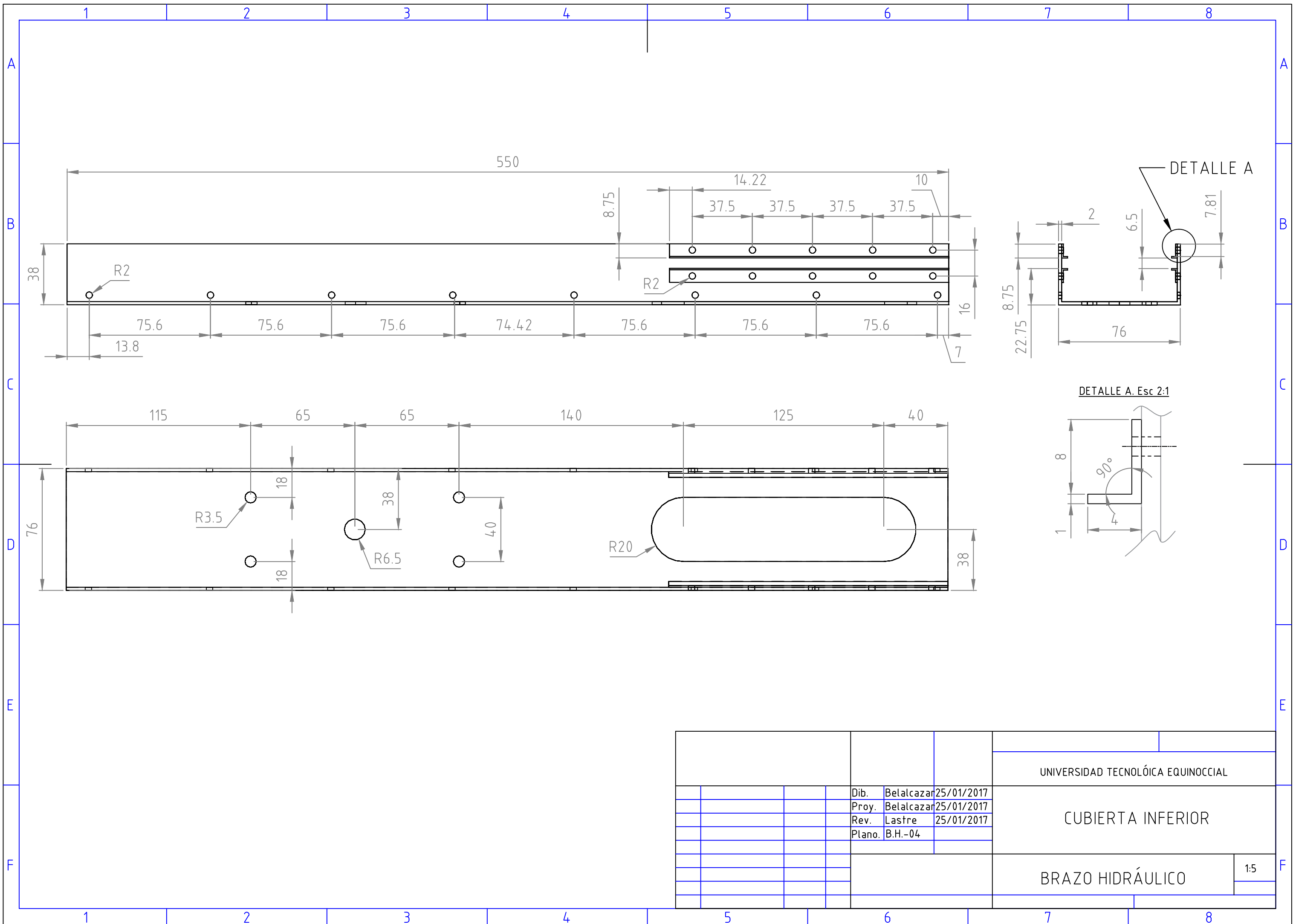
BRAZO HIDRÁULICO

1:2

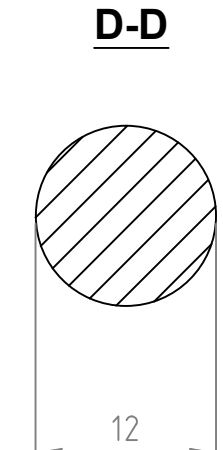
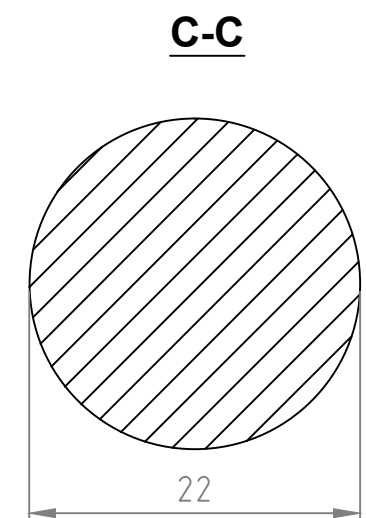
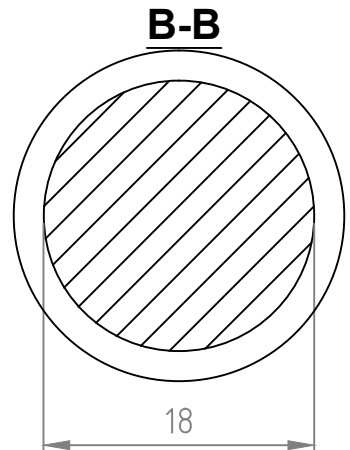
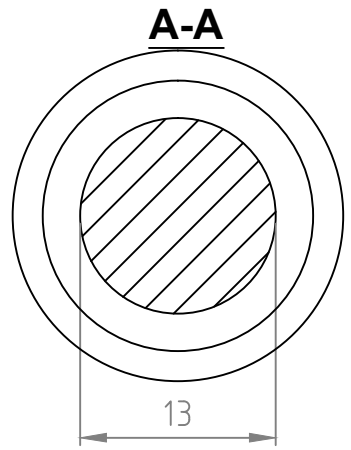
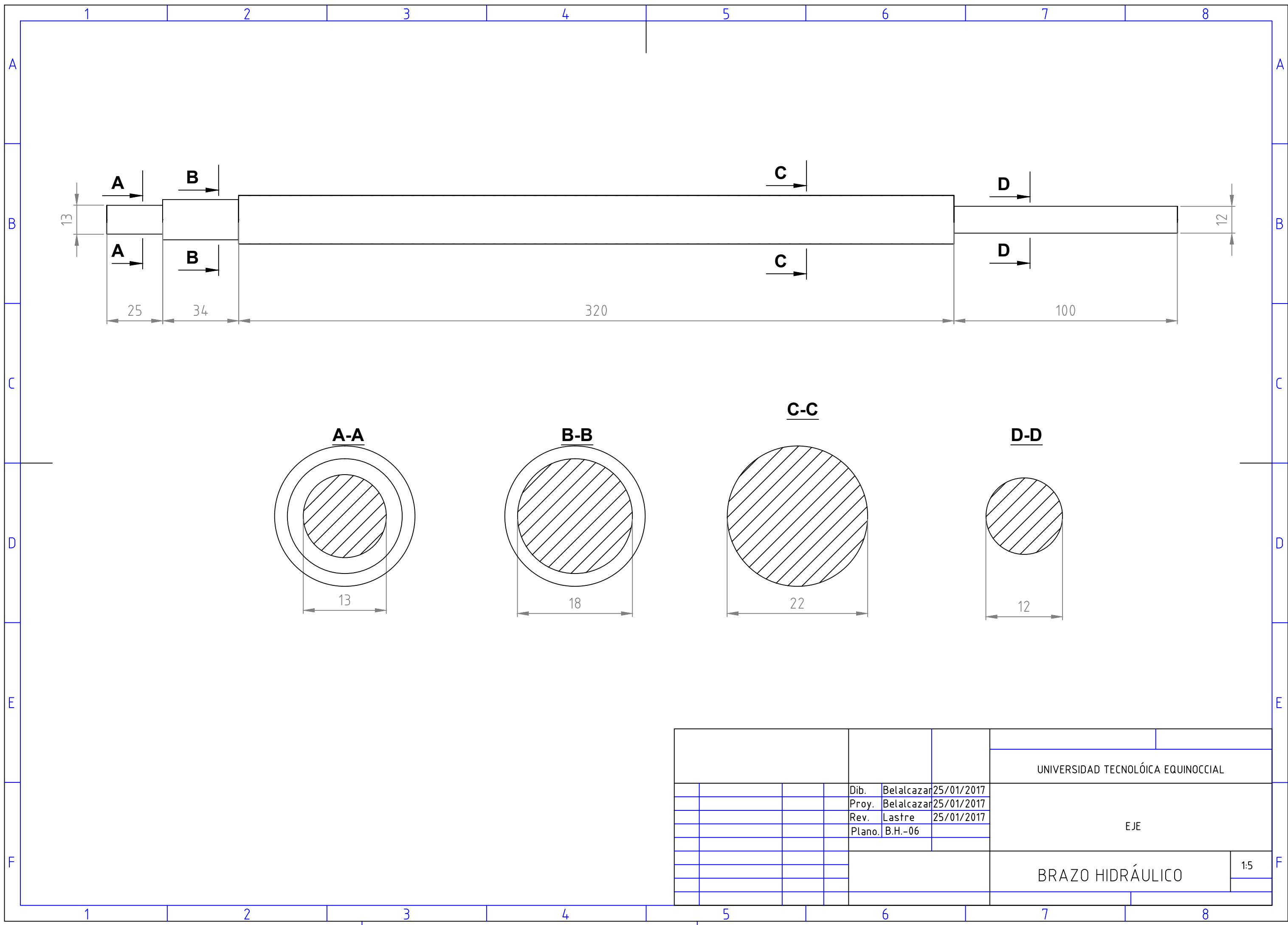
Dib.	Belalcazar	25/01/2017
Proy.	Belalcazar	25/01/2017
Rev.	Lastre	25/01/2017
Plano.	B.H.-01	



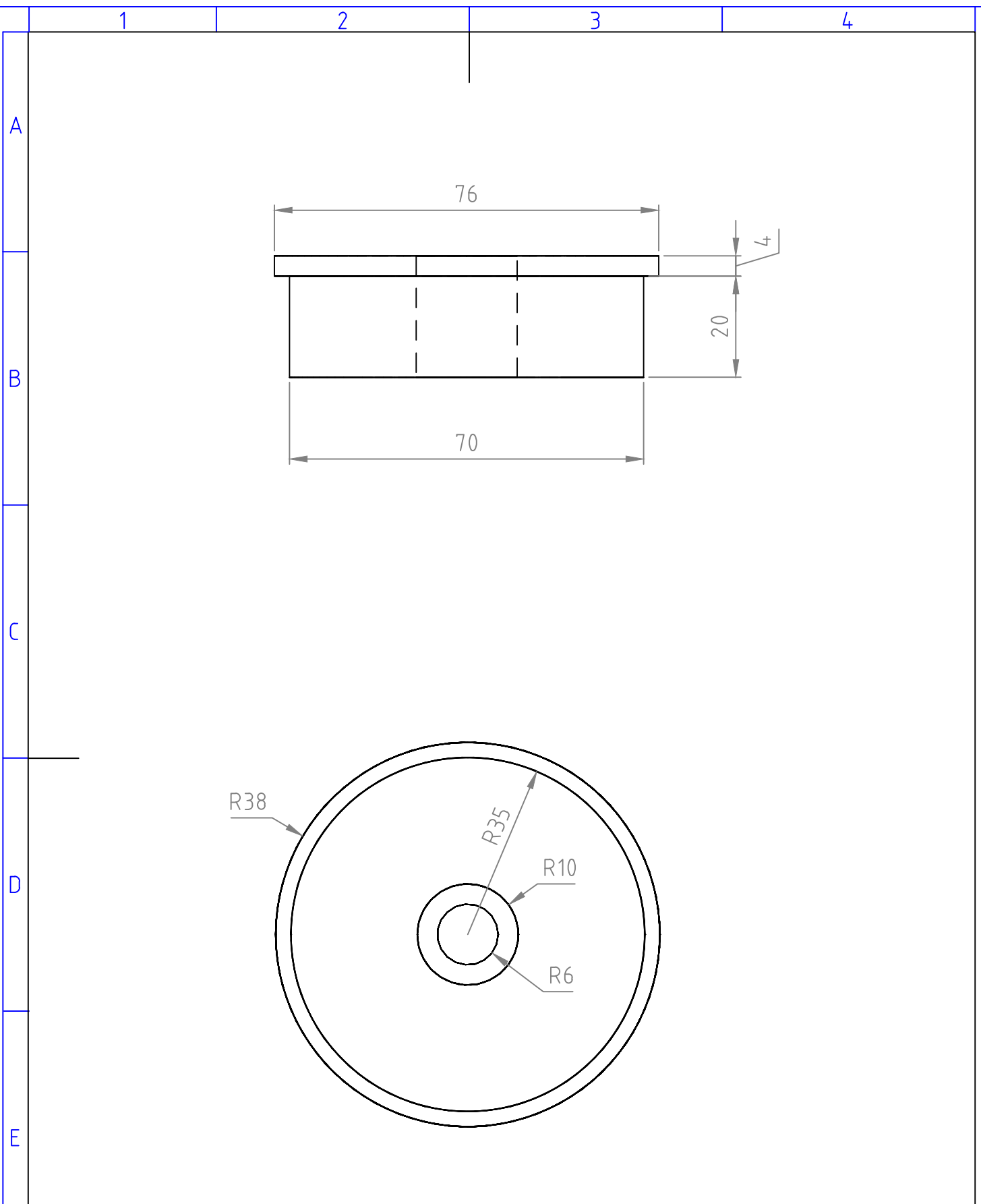
		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	
Dib.	Belalcazar	25/01/2017	CUBIERTA SUPERIOR
Proy.	Belalcazar	25/01/2017	
Rev.	Lastre	25/01/2017	
Plano.	B.H.-03		
		BRAZO HIDRÁULICO	
			1:5



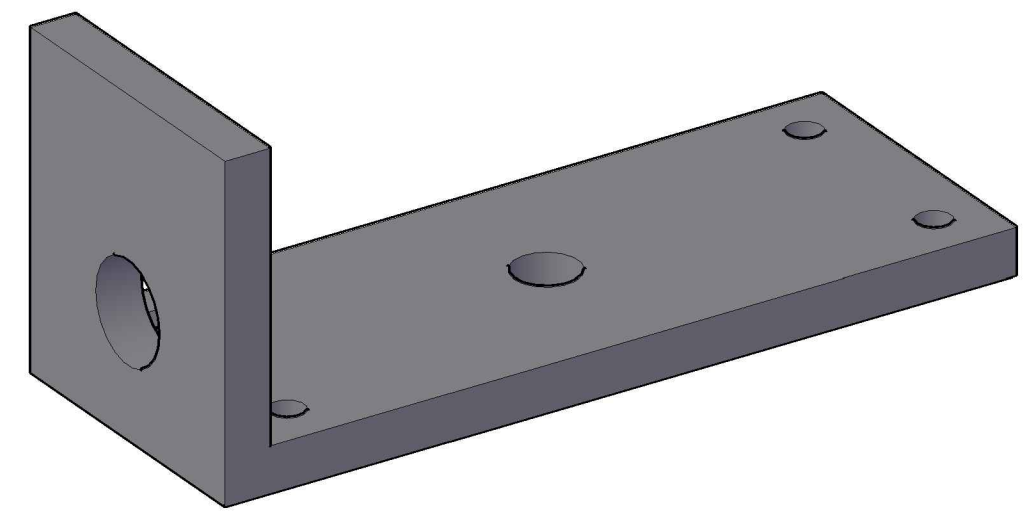
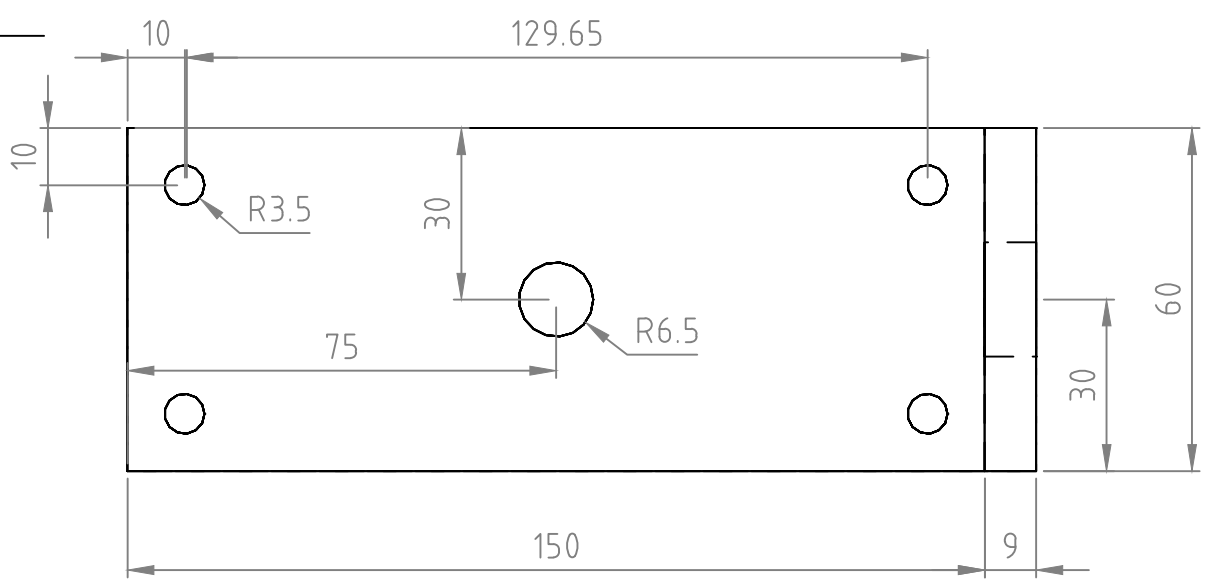
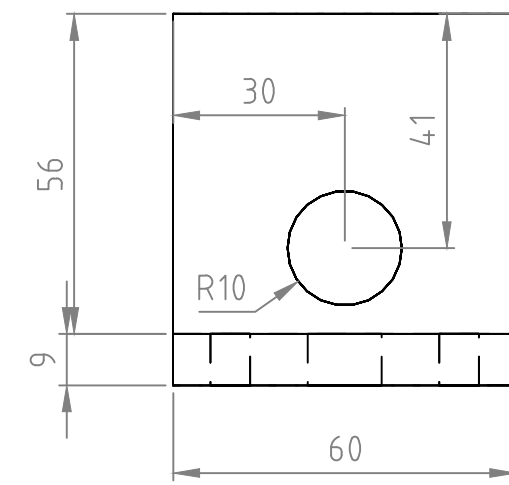
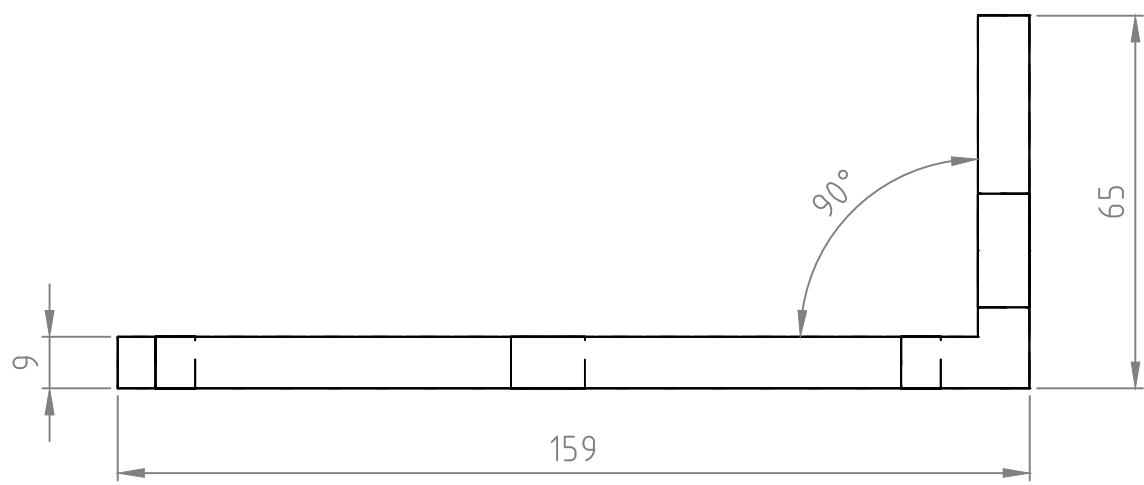
			UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	
			CUBIERTA INFERIOR	
			BRAZO HIDRÁULICO	
			1:5	
Dib.	Belalcazar	25/01/2017		
Proy.	Belalcazar	25/01/2017		
Rev.	Lastre	25/01/2017		
Plano.	B.H.-04			



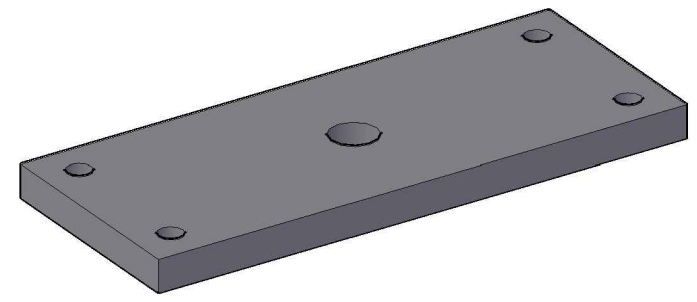
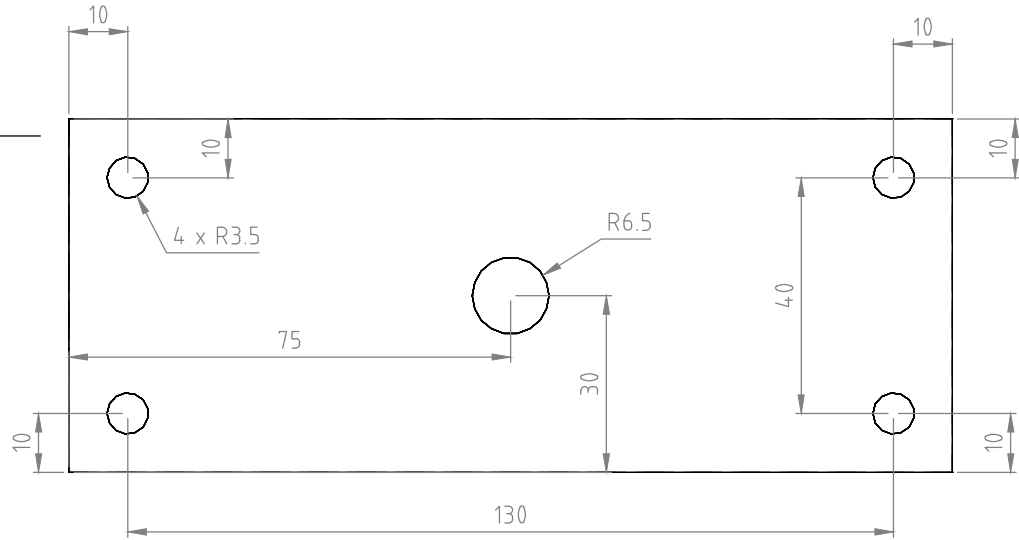
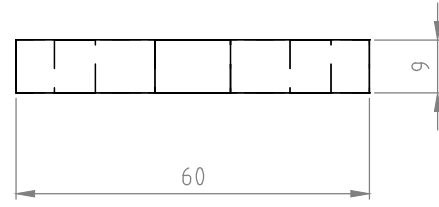
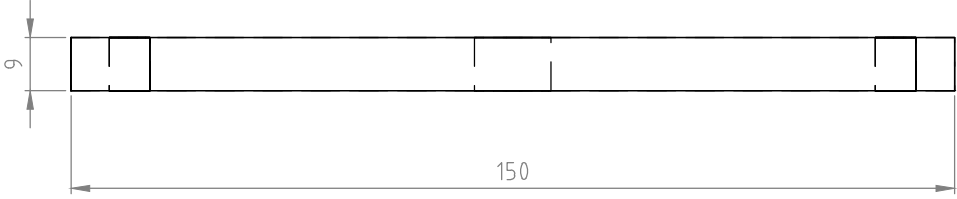
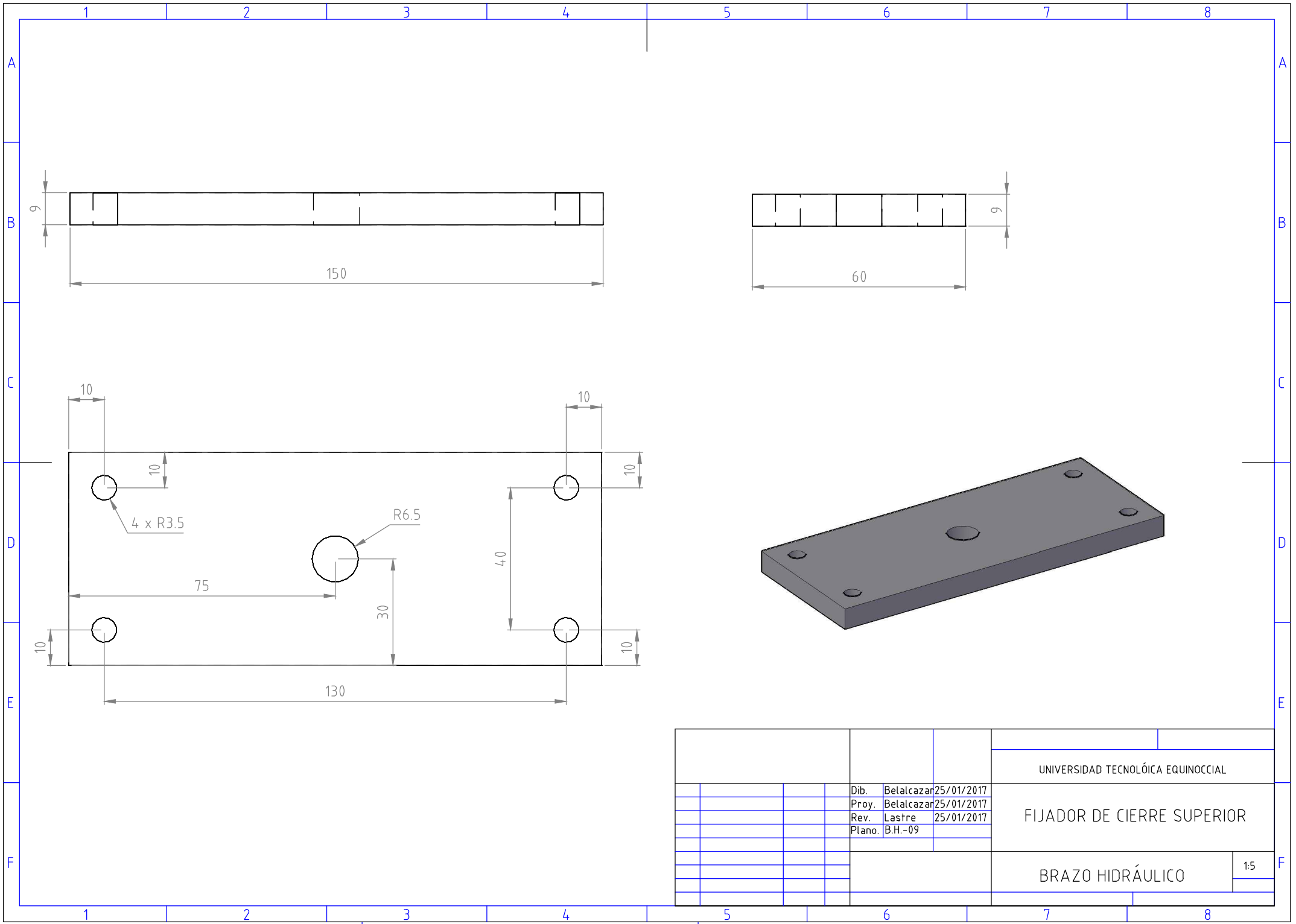
			UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	
	Dib.	Belalcazar	25/01/2017	EJE
	Proy.	Belalcazar	25/01/2017	
	Rev.	Lastre	25/01/2017	
	Plano.	B.H.-06		
			BRAZO HIDRÁULICO	
				1:5



				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	
				TAPA	
	Dib.	Belalcazar	25/01/2017		
	Proy.	Belalcazar	25/01/2017		
	Rev.	Lastre	25/01/2017		
	Plano.	B.H.-07			
				BRAZO HIDRÁULICO	
				1:2	



			UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	
			CIERRE SUPERIOR	
			BRAZO HIDRÁULICO	
			1:5	
Dib.	Belalcazar	25/01/2017		
Proy.	Belalcazar	25/01/2017		
Rev.	Lastre	25/01/2017		
Plano.	B.H.-08			



				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	
		Dib. Belcazar 25/01/2017		FIJADOR DE CIERRE SUPERIOR	
		Proy. Belcazar 25/01/2017			
		Rev. Lastre 25/01/2017			
		Plano. B.H.-09			
				BRAZO HIDRÁULICO	
				1:5	

1

2

3

4

A

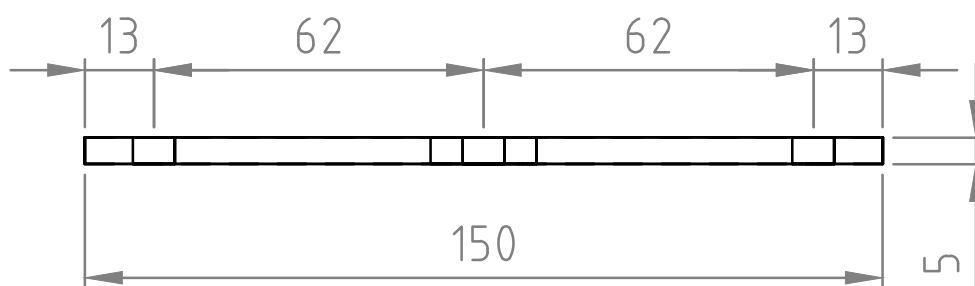
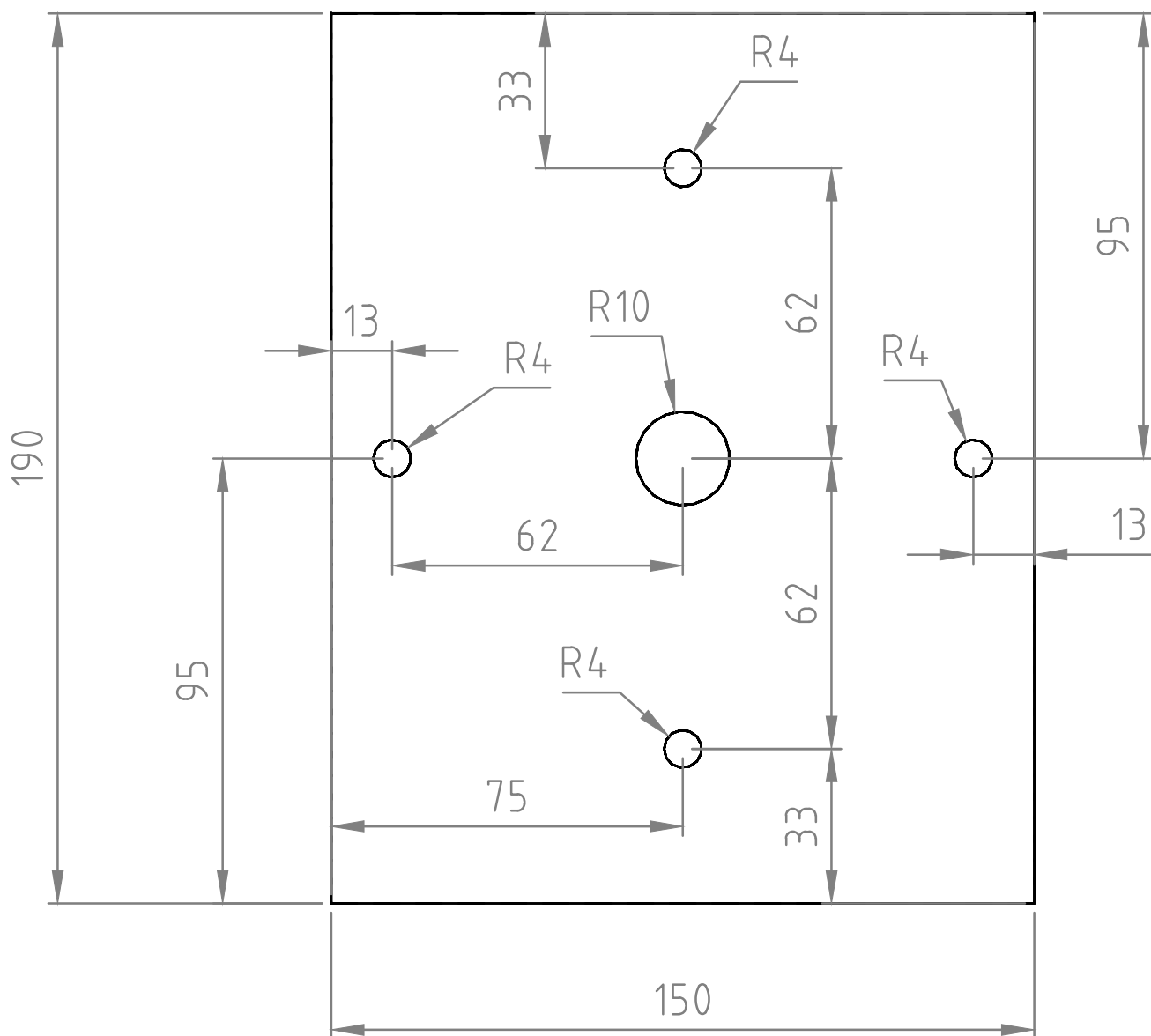
B

C

D

E

F



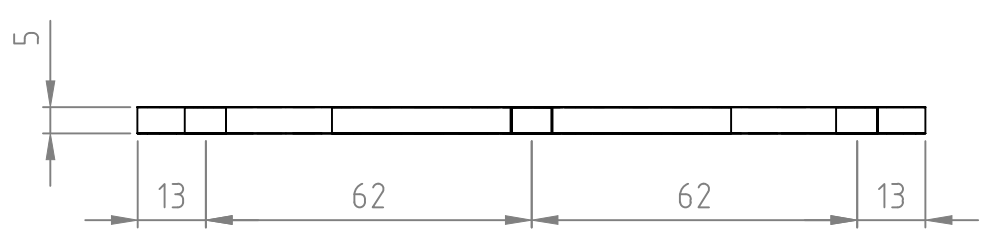
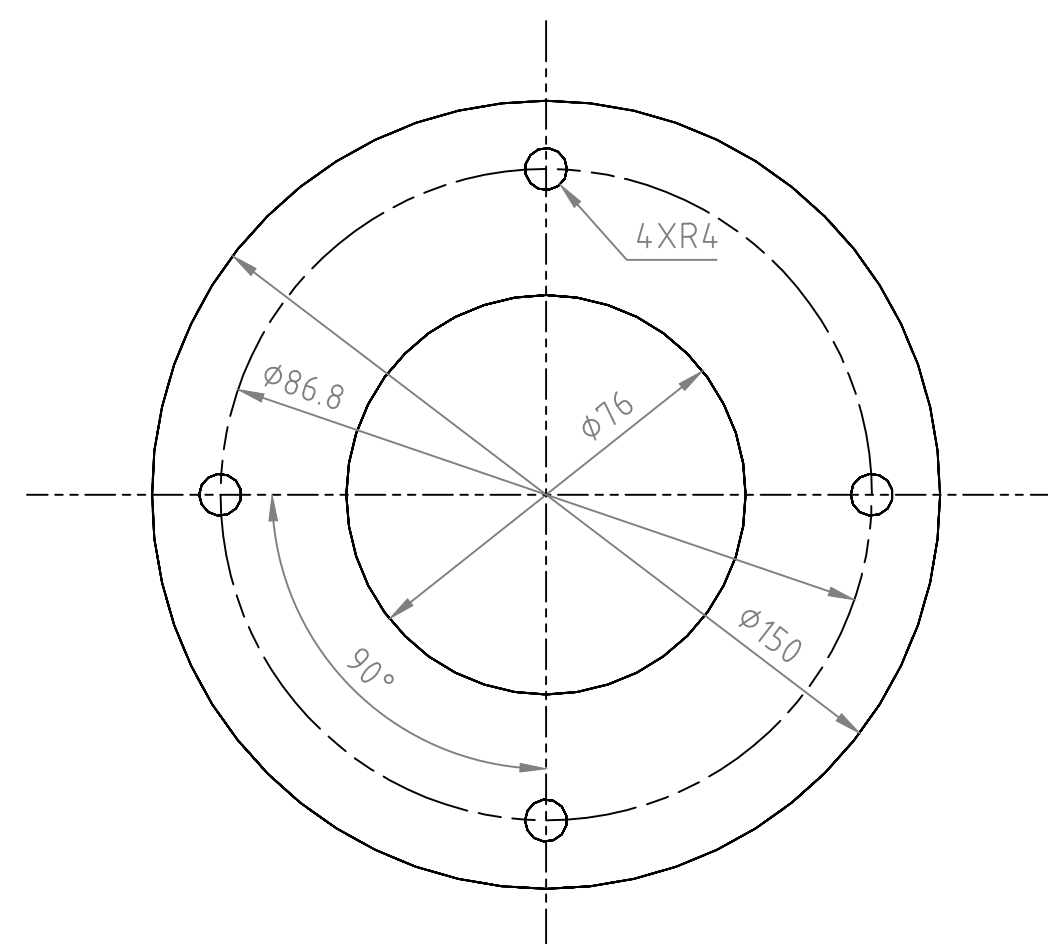
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Dib.	Belalcazar	25/01/2017
Proy.	Belalcazar	25/01/2017
Rev.	Lastre	25/01/2017
Plano.	B.H.-10	

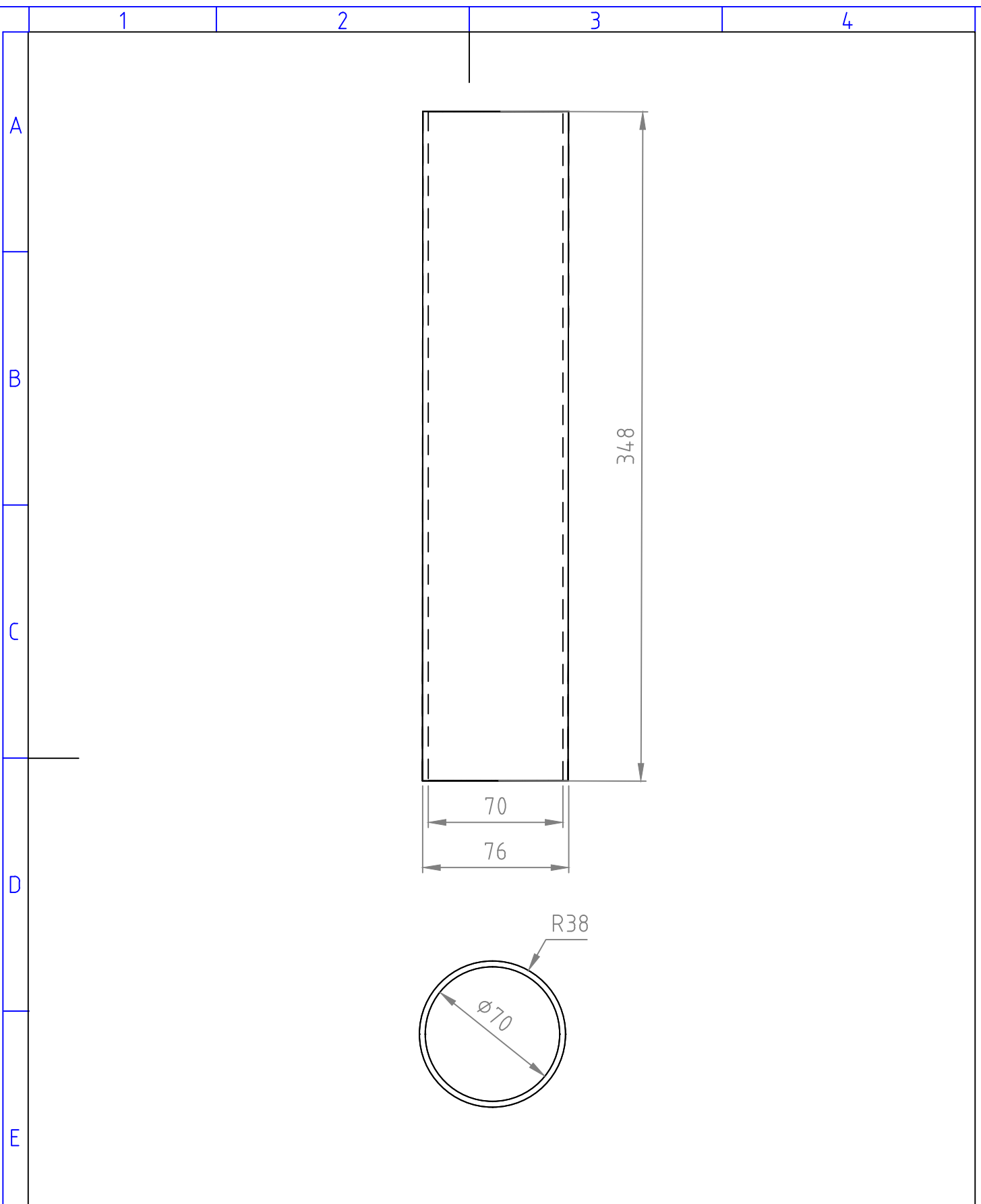
CIERRE INFERIOR

BRAZO HIDRÁULICO

1:2



				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	
				ACOPLE DE CIERRE INFERIOR	
	Dib.	Belalcazar	25/01/2017		
	Proy.	Belalcazar	25/01/2017		
	Rev.	Lastre	25/01/2017		
	Plano.	B.H.-10.1			
				BRAZO HIDRÁULICO	
				1:2	



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CUBIERTA CILINDRICA

BRAZO HIDRÁULICO

1:2

Dib.	Belcazar	25/01/2017
Proy.	Belcazar	25/01/2017
Rev.	Lastre	25/01/2017
Plano.	B.H.-11	