

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

Área Académica Ingeniería Mecatrónica



“Diseño de un sistema mecatrónico para la automatización del proceso de corte de electrodos de retorno en la empresa Smith & Nephew”

Empresa: Arthrocare Costa Rica una empresa de Smith & Nephew.

Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica con el grado académico de licenciatura

Oscar Mario Acuña López

Cartago, noviembre de 2016

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas. En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Oscar Mario Acuña López
Cartago, noviembre de 2016

Céd: 1-1592-0973

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
PROYECTO DE GRADUACIÓN
ACTA DE APROBACIÓN

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal

Iván Araya Menes
M.Eng. Iván Araya Meneses

Profesor lector

LDM
M.Sc.Eng. Luis Diego Murillo Soto

Profesor lector

IGNACIO DEL VALLE GRANADOS
M.Sc.Eng. Ignacio Del Valle Granados

Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Cartago, 22 de noviembre, 2016

Resumen

Los electrodos de retorno son tubos de acero inoxidable que se utilizan en la línea de productos basados en la tecnología Coblation ® de la empresa Smith & Nephew. Estos tubos poseen diferentes especificaciones de diámetro, ángulo de doblez, ángulo de corte y largo, según sea el producto en el que se vayan a utilizar. Para obtener la forma deseada, estos electrodos de retorno deben pasar por una serie de operaciones distintas, entre las cuales destaca el proceso de corte, el cual le brinda el ángulo con el que debe quedar la cara final del tubo.

Actualmente, este proceso se efectúa de una forma sumamente manual, dependiendo de la ejecución y el criterio del operario. Además, este proceso presenta deficiencias en la parte productiva y de seguridad ocupacional, debido a la minuciosa inspección que debe realizarse después de ser cortados los tubos y por qué el operario se encuentra expuesto en todo momento a la sierra con la que se cortan los tubos.

Es por esto que se ve la necesidad de automatizar el proceso de corte de electrodos de retorno, buscando mejorar la productividad, calidad y seguridad ocupacional del mismo.

En este documento se detalla todo el diseño del sistema mecatrónico propuesto como solución. Se seleccionan todos los componentes, actuadores, sensores y demás elementos requeridos, se diseña la estructura mecánica de la máquina, así como sus conexiones eléctricas y neumáticas. Además, se crean los documentos de programación y la interfaz de usuario necesaria para el control de la máquina, se realiza un modelado tridimensional de la propuesta, y se entregan los documentos necesarios para la construcción de la misma. Finalmente, se construye un prototipo para verificar el correcto funcionamiento de la solución.

Palabras clave: Automatización, mecatrónica, productividad, seguridad ocupacional, sierra, inspección, posicionamiento guiado, electrodo de retorno.

Abstract

The return electrodes are stainless steel tubes that are used in the line of products based on the technology Coblation ® from the company Smith & Nephew. These tubes have different specifications of diameter, bend angle, cutting angle and length, depending on the product in which they are used. To obtain the desired shape, these return electrodes must go through a series of different operations, including the cutting process, which provides the angle in which the end face of the tube should remain.

Currently, this process is done manually, depending on the execution and the criteria of the operator. In addition, this process presents deficiencies in its productivity and occupational safety, due to the thorough inspection that must be performed after the tubes are cut and that the operator is exposed at all times to the saw with which they cut the tubes.

Therefore, it is necessary to automate the process of cutting the return electrodes, seeking to improve its productivity, quality, and occupational safety.

This document details the entire design of the proposed mechatronic system as a solution. All components, actuators, sensors, and other required elements are selected, the mechanical structure of the machine and its electrical and pneumatic connections are designed. In addition, the programming documents, the user interface necessary for the control of the machine, a three-dimensional model of the proposal, and all the necessary documents are given for the construction of the machine. Finally, a prototype is constructed to verify the correct operation of the solution.

Key words: Automation, mechatronics, productivity, occupational safety, sawing, inspection, guided positioning, return electrode.

a mis queridos padres

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a Dios y a toda mi familia por ser mi gran apoyo siempre. A mis padres, Mario y Yorleni, por su compromiso, amor y esfuerzo que me han permitido nunca perder el rumbo y lograr concluir una etapa más.

A mis amigos de la universidad, por permitirme compartir con ellos cinco maravillosos años llenos de experiencias inolvidables. A mis compañeros de palmadas y proyectos: Mario, Braulio, Manfred, Alonso, Juan porque fueron parte fundamental del éxito en los diferentes cursos y se han convertido en parte de mi familia.

A mi hermano Luis y a mi novia Silvia, por su compañía y apoyo incondicional durante toda la carrera, por siempre estar ahí motivándome a seguir adelante y permitiéndome disfrutar de infinidad de momentos junto a ellos.

A mis compañeros de trabajo en la empresa Smith & Nephew por su apoyo y orientación durante el desarrollo de este proyecto, en especial al Ing. Luis Matamoros cuyos conocimientos y manera de trabajar han sido fundamentales para mi formación.

A los Ingenieros, Ignacio del Valle, Iván Araya y Luis Diego Murillo miembros del Tribunal Evaluador por apoyarme y guiarme durante el desarrollo de este proyecto.

Finalmente, agradezco al TEC, a todos los profesores y colaboradores que me han formado académica y personalmente, para lograr culminar exitosamente estos años de estudio.

Índice General

1.	Introducción.....	14
1.1	Entorno del Proyecto	14
1.2	Definición del Problema	17
1.2.1	Generalidades	17
1.2.2	Síntesis del problema	18
1.3	Enfoque de la solución.....	19
2.	Objetivos del Proyecto.....	20
2.1	Objetivo general.....	20
2.2	Objetivos específicos	20
2.3	Alcanzables y entregables del proyecto	21
2.3.1	Diseño mecánico	21
2.3.2	Diseño eléctrico	21
2.3.3	Diseño neumático.....	21
2.3.4	Generales.....	21
3.	Marco Teórico	22
3.1	Motor a pasos	22
3.1.1	Motores a pasos de imanes permanentes	22
3.1.2	Motores a pasos híbridos	24
3.2	Controlador para motor a pasos.....	24
3.3	Consideraciones de la carga.....	25
3.3.1	Fuerzas normales.....	26
3.3.2	Momento	26
3.3.3	Torque.....	26
3.3.4	Relación entre inercia de la carga e inercia del motor.	27
3.4	Encoder	27
3.4.1	Encoders Ópticos	27
3.4.2	Encoders Mecánicos	28
3.5	Software de control Connected Components Workbench	28
3.5.1	Ventajas	28
3.6	Salidas PTO.....	28
3.7	Metodología de diseño de Dieter	29

4.	Procedimiento Metodológico	31
4.1	Definición del Problema	31
4.2	Recopilación de información	32
4.3	Generación de soluciones alternativas.....	32
4.4	Evaluación y selección de soluciones:	32
4.5	Comunicación del diseño:	32
4.6	Prototipado:	33
5.	Descripción detallada de la Solución	34
5.1	Automatización del ajuste del largo del tubo.	34
5.2	Automatización del ángulo de corte	38
5.3	Automatización de la ejecución del corte	42
5.4	Montaje del sistema	45
5.5	Diseño del sistema de control	49
5.6	Programación	53
5.6.1	Programa para la ejecución del corte.	53
5.6.2	Programa para el seteo automático de la máquina.....	54
5.6.3	Programa para el seteo manual de la máquina	55
5.7	Diseño del puesto de corte	56
5.8	Construcción del prototipo	58
6.	Análisis de la solución y resultados	61
6.1	Análisis de estandarización de medidas	61
6.2	Análisis de productividad	62
6.3	Análisis de seguridad	63
6.4	Análisis económico	64
7.	Conclusiones y recomendaciones	66
7.1	Conclusiones	66
7.2	Recomendaciones	67
8.	Bibliografía	68
9.	Apéndices y anexos	70
9.1	Apéndices	70
9.1.1	Apéndice A.1 Planos de conjunto de la solución	70
9.1.2	Apéndice A.2 Diagramas de conexión eléctricos	78

9.1.3	Apéndice A.3 Planos de construcción	81
9.1.4	Apéndice A.4 Diagrama de flujo para programación de ejecución de corte. 88	
9.1.5	Apéndice A.5 Diagrama de flujo para programación de seteo de ángulo..	89
9.1.6	Apéndice A.6 Programas PLC	90
9.1.7	Apéndice A.7 Configuración del Eje_Largo	95
9.1.8	Apéndice A.8 Segmentos de programación en “SEM TERMINAL” de la estación rotatoria.....	97
9.1.9	Apéndice A.9 Tiempos de proceso actual de corte.....	98
9.1.10	Apéndice A.10 Registro de “scrap” generado por el proceso de grabado de logo en el tubo 45998 de marzo a setiembre 2016.	99
9.1.11	Apéndice A.11 Precio de componentes seleccionados para la solución propuesta.	100
9.2	Anexos.....	101
9.2.1	Anexo B.1 Estación rotatoria RT-3	101
9.2.2	Anexo B.2 Actuador lineal	104
9.2.3	Anexo B.3 Cilindro Guiado de SMC y final de carrera	111
9.2.4	Anexo B.4 Electro Válvula	120
9.2.5	Anexo B.5 Micro 850	121
9.2.6	Anexo B.6 PanelView 800 RT-4T	131
9.2.7	Anexo B.7 Cotizaciones de equipos y piezas.	137

Índice de Figuras

Figura 1.1 Dispositivo de Coblation Evac70 xtra [1].	14
Figura 1.2. Dimensiones críticas del proceso de corte. [1]	15
Figura 3.1. Motor de pasos bifásicos de imanes permanentes [3].....	23
Figura 3.2. Formas de onda del voltaje aplicado para un motor de pasos bifásico de imanes permanentes [3].....	23
Figura 3.3. Características de un motor de pasos híbrido [3].	24
Figura 3.4. Drivers para motores. [16] [17]	25
Figura 3.5. Características de la carga [15].	25
Figura 3.6. Metodología de diseño de Dieter y Schimit [10].	30
Figura 4.1. Variante de la secuencia para solución de problemas de Dieter. Fuente: Elaboración propia (2016).....	31
Figura 5.1. Pieza base para la colocación de los tubos. Elaborado en SolidWorks 2013... ..	35
Figura 5.2. Simulación de tamaño de diámetros de tubos más críticos sobre la ranura V de la pieza de la Figura 5.1. Elaborado en SolidWorks 2013.	35
Figura 5.3. Tope para el ajuste de largo del tubo. Elaborado en SolidWorks 2013.....	36
Figura 5.4. Alternativas de actuadores para la automatización del ajuste del largo del tubo [12] [13].	36
Figura 5.5. Simulación de dimensiones criticas de largo de tubo (pulg.) sobre el sistema guiado por el tornillo sin fin de 152 mm. Elaborado en SolidWorks 2013.....	37
Figura 5.6. Ensamble final del sistema diseñado para el ajuste del largo del tubo. Elaborado en SolidWorks 2013.....	37
Figura 5.7. Alternativas para la selección de actuador para la automatización del ajuste de ángulo de corte [12] [14] [15].	38
Figura 5.8. Simulación de ángulos de corte críticos en el diseño de los insertos finales para el soporte de los tubos. Elaborado en SolidWorks 2013.	41
Figura 5.9. Ensamble final del sistema para la automatización del ángulo de corte. Elaborado en SolidWorks 2013.	41
Figura 5.10. Ensamble final del sistema de movimiento lineal para la ejecución del corte. Elaborado en SolidWorks 2013.	43
Figura 5.11. Secuencia neumática requerida.	44

Figura 5.12. Descripción de las variables definidas para la secuencia neumática mostrada en la Figura 5.11.....	44
Figura 5.13. Diagrama de conexión neumática del sistema de ejecución del corte.	44
Figura 5.14. Diagrama electro neumático correspondiente a la secuencia requerida para la ejecución del corte. Elaborado en FluidSIM 4.....	45
Figura 5.15. Ensamble explosionado del sistema de movimiento guiado. Elaborado en SolidWorks 2013.....	45
Figura 5.16. Ensamble final del sistema de movimiento guiado. Elaborado en SolidWorks 2013.....	46
Figura 5.17. Vista lateral del sistema de corte. Elaborado en SolidWorks 2013.	47
Figura 5.18. Ensamble explosionado del montaje de la solución seleccionada. Elaborado en SolidWorks 2013.....	47
Figura 5.19. Ensamble final del sistema de corte de electrodos de retorno. Elaborado en SolidWorks 2013.....	48
Figura 5.20. Esquemático de corte de tubo 02309. Elaborado en SolidWorks 2013.....	48
Figura 5.21. Diagrama de conexión del Easy driver [16].	50
Figura 5.22. Vista del interior del panel de control. Elaborado en SolidWorks 2013.	53
Figura 5.23. Pantalla HMI en modo "Menú Principal". Elaborado en Connected Components Workbench.....	54
Figura 5.24. Pantalla HMI en modo "SETEO AUTOMÁTICO". Elaborado en Connected Components Workbench.	54
Figura 5.25. Pantalla HMI en modo "SETEO MANUAL". Elaborado en Connected Components Workbench.	56
Figura 5.26. Mesa de extracción "Downdraft" sobre la cual va colocado el sistema de corte.	57
Figura 5.27. Visualización del puesto final de trabajo. Elaborado en SolidWorks 2013.	58
Figura 5.28. Vista superior del puesto final de trabajo. Elaborado con SolidWorks 2013. ..	58
Figura 5.30. Proceso de construcción del prototipo.....	59
Figura 5.31. Prototipo en puesto de trabajo propuesto.....	59
Figura 5.32. Proceso de ejecución de corte utilizando el prototipo de la solución propuesta.	60
Figura 5.33. Electrodos de retornos 22314, 02547, 02446 respectivamente. Antes y después de ser cortados.....	60

Índice de Tablas

Tabla 1.1. Especificaciones de los tubos a cortar. Fuente: Smith & Nephew (2016) ...	15
Tabla 1.2. Historial de corte de electrodos de retorno del 1/5/15 al 28/6/16. Fuente: Smith & Nephew (2016).....	16
Tabla 3.1. Secuencia de activación de un motor de pasos bifásico de imán permanente [3]	24
Tabla 5.1. Cantidad y tipo de señales que requieren los componentes del sistema. Fuente: Elaboración propia (2016).....	50
Tabla 5.2. Requerimientos de potencia de los componentes seleccionados. Fuente: Elaboración propia (2016).....	51
Tabla 5.3. Conexiones eléctricas requeridas, AC, DC y del PLC. Fuente: Elaboración propia (2016).	52
Tabla 6.1. Comparativa entre tolerancias del proceso actual de corte vs tolerancia del proceso de corte con la solución propuesta. Fuente: Elaboración propia (2016).....	61
Tabla 6.2. Equivalencias entre proceso actual de ejecución de corte y proceso nuevo con la solución propuesta. Fuente: Elaboración propia (2016)	62
Tabla 6.3. Comparativa entre tiempos del proceso actual de corte vs tiempos del proceso de corte con la solución propuesta. Fuente: Elaboración propia (2016)	63
Tabla 6.4. Comparativa de elementos de seguridad laboral entre proceso actual y solución propuesta. Fuente: Elaboración propia (2016)	64
Tabla 9.1. Simbología utilizada para la elaboración de los diagramas eléctricos, de flujo y programas. Elaboración Propia (2016).....	78
Tabla 9.2. Toma de tiempos del proceso actual de corte. Fuente: Elaboración propia (2016).....	98
Tabla 9.3. Registro de rechazo de tubo 45598. Fuente: Suministrado por la empresa (2016)	99
Tabla 9.4. Lista de precios de componentes y piezas para la fabricación de la máquina. Fuente: Elaboración Propia (2016)	100

1. Introducción.

1.1 Entorno del Proyecto

El proyecto se desarrolló en la planta de producción de la compañía Smith & Nephew en la Aurora de Heredia. En esta planta se producen unos dispositivos para la eliminación de tejido en el cuerpo, los cuales emplean energía de alta frecuencia y solución salina para eliminar el tejido, mediante una tecnología llamada Coblation y de esta manera proporcionar una alternativa más suave, precisa y controlada a otros tipos de dispositivos quirúrgicos. Esto debido a que la mayoría de los productos quirúrgicos basados en la energía, tales como los láseres y los dispositivos de electrocirugía, utilizan procesos imprecisos y altas temperaturas para quitar o cortar el tejido.

Dispositivos basados en Coblation operan a temperaturas relativamente bajas para disolver suavemente el tejido, y están diseñados para minimizar el daño al tejido sano circundante. Los beneficios de esta tecnología han llevado a su adopción generalizada en Otorrinolaringología (Nariz, oído, garganta), artroscopia y cirugía de la columna, mientras que la investigación continúa en otros campos. Debido a la gran cantidad de partes del cuerpo en que se pueden utilizar estos dispositivos existen una gran variedad de diseños con diferentes tamaños, formas, etc.



Figura 1.1 Dispositivo de Coblation Evac70 xtra [1].

Todos estos productos de Coblation poseen un tubo de acero inoxidable 304 que se encuentra en la región marcada de rojo en la Figura 1.1, el cual llaman electrodo de retorno, estos electrodos de retorno poseen distintos dobleces y cortes con un ángulo

específico para su manufactura como se muestra en la Figura 1.2. Estos procesos de doblado y corte se realizan en un cuarto denominado “shaft bending” en la planta de Smith & Nephew en la Aurora de Heredia, cuarto en el cual se desarrolló el proyecto.

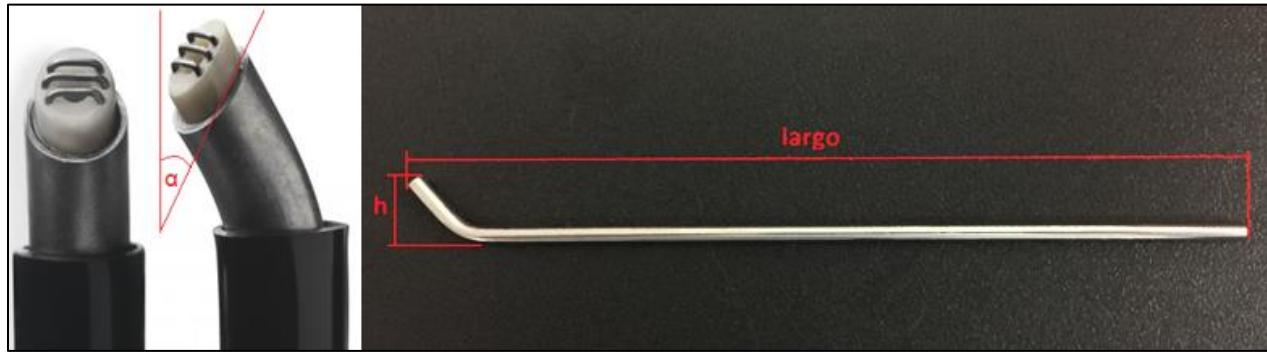


Figura 1.2. Dimensiones críticas del proceso de corte. [1]

En este cuarto se cortan 20 electrodos de retorno con formas distintas, cuyas especificaciones se pueden observar en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Especificaciones de los tubos a cortar. Fuente: Smith & Nephew (2016).

Número de Tubo	Diámetro externo (Pulg.)	Diámetro externo (mm)	Largo (Pulg.)	Largo (mm)	Altura (Pulg.)	Altura (mm)	Ángulo de Corte (°)	Ángulo de Doblez (°)
2309	0.11	149.9	5.90 ± .10	149.9 ± 2.5	.225 ± .010	5.7 ± .3	45 +0/-6	60°
2467	0.11	148.6	5.85 ± .03	148.6 ± .8	.185 ± .005	4.7 ± .5	60 ± 5	30°
3430	0.11	101.6	4.00 ± .10	101.6 ± 2.5	.225 ± .010	5.7 ± .3	45 ± 5	60°
10444	0.134	144.8	5.70 ± .10	104.8 ± 2.5	.250 ± .100	6.4 ± 2.5	45 ± 2	30°
2446	0.134	147.3	5.80 +.02/-0.03	147.3 +.5/- .8	.165 ± .010	4.2 ± .3	50 +0/-8	30°
2547	0.134	151.6	5.97 +.02/-0.01	151.6 +.5/- .3	.287 ± .010	7.3 ± .3	45 +0/-6	50°
2592	0.134	148.6	5.85 ± .03	148.6 ± .8	.190 ± .006	4.8 ± .1	50 +0/-6	50°
3977	0.134	151.5	5.965 ± .015	151.5 ± .4	.247 ± .006	6.3 ± .1	45 +0/-8	30°
6080	0.134	177.8	7.00 ± .02	177.8 ± .5	.160 ± .004	4.1 ± .1	72 ± 5	30°
4633	0.141	147.3	5.80 ± .05	147.3 ± 1.3	.350 ± .010	8.9 ± .3	42 ± 5	78°
3920	0.148	143.0	5.63 ± .03	143.0 ± .8	.225 ± .010	5.7 ± .3	50 ± 3	30°
5730	0.148	147.3	5.80 ± .05	147.3 ± 1.3	.250 ± .010	6.4 ± .3	43 ± 5	50°
18301	0.172	171.5	6.75 ± .05	171.5 ± 1.3	.280 ± .030	7.1 ± .8	23 ± 4	37°
7326	0.172	153.2	6.03 ± .05	153.2 ± 1.3	.280 ± .030	7.1 ± .9	32 ± 1	37°
11781	0.172	171.5	6.75 ± .05	171.5 ± 1.3	.280 ± .030	7.1 ± .10	23 ± 4	37°
23943	0.188	171.5	6.75 ± .05	171.5 ± 1.3	.310 ± .020	7.9 ± .5	28 ± 8	32°
5973	0.148	210.8	8.30 ± .10	210.8 ± 2.5	.250 ± .010	6.4 ± .3	42.5 ± 5	78°
51492	0.134	177.8	7.00 ± .05	177.8 ± 1.3	.290 ± .020	7.4 ± .5	20 ± 5	40°
45598	0.148	167.6	6.60 ± .10	167.6 ± 2.5	.290 ± .015	7.4 ± .4	20 ± 5	40°
9680	0.134	168.9	6.65 ± .03	168.9 ± .8	-	-	60 ± 1	-

También, en la Tabla 1.2 se puede observar la cantidad de electrodos de retorno que fueron cortados en un transcurso de poco más de un año, para la fabricación de los diferentes productos con la tecnología de Coblation.

Tabla 1.2. Historial de corte de electrodos de retorno del 1/5/15 al 28/6/16. Fuente: Smith & Nephew (2016).

Tubos	Entrada en unidades del 1/5/15 al 28/6/16	Razón	Porcentaje %	Acumulado %
11781	399441	0,3481	34,8090	34,8
05730	285568	0,2489	24,8856	59,7
18301	162547	0,1417	14,1650	73,9
23943	50716	0,0442	4,4196	78,3
03977	32831	0,0286	2,8610	81,1
05973	29008	0,0253	2,5279	83,7
02592	28068	0,0245	2,4460	86,1
03920	27456	0,0239	2,3926	88,5
45598	23623	0,0206	2,0586	90,6
03430	15258	0,0133	1,3296	93,7
02309	14673	0,0128	1,2787	94,9
51492	14058	0,0123	1,2251	96,2
04633	12941	0,0113	1,1277	97,3
10444	9247	0,0081	0,8058	99,0
02446	3781	0,0033	0,3295	99,3
06080	3186	0,0028	0,2776	99,6
09680	1676	0,0015	0,1461	99,7
07326	1337	0,0012	0,1165	99,8
02467	1105	0,0010	0,0963	99,9
02547	747	0,0007	0,0651	100
Total	1147522	1	100	100

1.2 Definición del Problema

1.2.1 Generalidades

Actualmente, el proceso de corte de electrodos de retorno se realiza totalmente manual, se cuenta con una sierra circular de tipo ingletadora, bajo la cual se coloca un bloque de soporte de corte sobre el que se posiciona el electrodo de retorno.

El operario primero establece un ángulo entre la sierra y el bloque de soporte de corte con la ayuda de un goniómetro y según las especificaciones de ángulo de corte que se muestran en la Tabla 1.1. Una vez que encuentra el ángulo apropiado procede a socar los tornillos de sujeción con los que cuenta el bloque de soporte de corte para fijarlo. Luego procede a ubicar el adaptador de tope al final del bloque de soporte, para ajustar la longitud a la dimensión adecuada por producto.

Finalizado este proceso, el operario corta una pieza de prueba, bajando manualmente la sierra hacia el electrodo de retorno. Verifica las dimensiones y el ángulo, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 1.1. En caso de alguna dimensión no ser aceptable debe volver a ajustar el bloque y el tope hasta lograrlo.

Si todas las dimensiones son aceptables el operario fija bien todas las partes y empieza a realizar los cortes de todo el lote de electrodos de retorno del respectivo producto. Para ello, carga la pieza en el bloque de soporte asegurándose de que el final del electrodo de retorno toque el fondo del accesorio de tope de corte. Luego presiona un pedal que acciona un pistón que mantiene el retorno en su lugar y procede a bajar lentamente el manubrio de la sierra hasta que el corte haya concluido. Finalmente, libera el pedal, retira la pieza y coloca una nueva, repitiendo el proceso hasta finalizar el lote.

Periódicamente el operario toma de forma aleatoria 5 electrodos por cada 100 electrodos (aprox.) y verifica que el ángulo de corte se encuentre dentro de tolerancia. Además, verifica que la altura y el largo total del 100% de los electrodos de retorno se encuentren dentro de la tolerancia correspondiente.

La manipulación humana sin importar que tan adecuado esté el proceso, termina repercutiendo en las condiciones o variables del procedimiento. Como vemos existen alrededor de 20 tubos diferentes de distintos tamaños y doblez, que requieren un corte

a un ángulo y posición distinta, además de un proceso de calibración previo a realizar el corte de cada lote de tubos. Este proceso de calibración para realizar el corte que se describió anteriormente puede tardar varios minutos, deben estar verificando las distintas variables críticas hasta encontrar el corte requerido, se desechan varias piezas durante las pruebas de calibración, todo esto afectando la productividad y calidad del proceso, más aún que la planta trabaja 24 horas, 7 días a la semana; y la cantidad de electrodos de retorno que se cortan es sumamente grande como se puede observar en la Tabla 1.2.

En general, se pretenden reducir dos tiempos que vienen como consecuencia de la ejecución manual del proceso:

- El tiempo de calibración previo a cada lote.
- El tiempo debido a la excesiva verificación de dimensiones de los electrodos.

Además, en el electrodo de retorno más nuevo (45598), se agregó un proceso de grabado del logo de la empresa en la parte final del tubo, esto se hace mediante una CNC Laser, sin embargo, debido al juego existente de las tolerancias de largo y de ángulo de corte (las cuales son relativamente grandes por la manualidad del proceso), muchas veces el logo queda incompleto o en una posición errónea, y por ende se tienen que botar todos los tubos que presenten ese error. Es por ello que se debe buscar estandarizar las dimensiones de los tubos y reducir las tolerancias actuales.

También debido a esta gran cantidad de producción que se tiene, la sierra presenta averías cada cierto tiempo, por lo que se pretende mejorar su situación y evitar tanta manipulación y movimientos como los que tiene ahora. Finalmente, otro problema que se pretende corregir es brindarle más seguridad al operario, el cual en este momento se expone directamente a la sierra. Es por todo lo anterior que se requiere automatizar el proceso de corte para mejorar calidad, productividad y seguridad.

1.2.2 Síntesis del problema

Automatizar el proceso de corte de electrodos de retorno en la empresa Smith & Nephew, para mejorar su seguridad ocupacional, estandarización de medidas y productividad.

1.3 Enfoque de la solución

Para la automatización del proceso se pretende eliminar del todo la etapa de calibración previa, eso sí permitiendo aún variar ciertos parámetros de posicionamiento en caso de ser necesario. Para ello se contará con una interfaz en la cual el operario seleccione el tipo de producto que va a cortar y el sistema se ajuste automáticamente para realizarlo.

Además, se va automatizar toda la ejecución del corte de manera que el operario únicamente deba colocar el tubo y accionar un botón o pedal. De esta forma también se evitará la exposición del operario a la sierra en funcionamiento, agregado a esto se añadirán medidas y dispositivos de seguridad necesarios. Con este sistema también se pretende disminuir significativamente la verificación de las dimensiones de todos los electrodos de retorno luego del proceso de corte, ya que al ser realizado por una máquina se pueden validar los resultados y cambiar el procedimiento.

En la solución se pretenden utilizar sistemas electromecánicos para el posicionamiento preciso de los electrodos, sistemas neumáticos para la sujeción de los mismos y la ejecución del corte, dispositivos electrónicos para el control, calibración y ejecución del sistema, diseño de piezas que faciliten el buen funcionamiento del sistema, acoples y demás partes requeridas. Finalmente, la programación de una interfaz amigable para que los operarios puedan ejecutar el sistema fácilmente.

2. Objetivos del Proyecto

2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema para la automatización del proceso de corte de electrodos de retorno en la planta de producción de la empresa Smith & Nephew.

2.2 Objetivos específicos

1. Elaborar un modelo tridimensional del sistema.
2. Crear todos los documentos necesarios para la construcción y ejecución de la solución planteada.
3. Programar subrutinas predeterminadas que permitan realizar el corte de los diferentes tipos de electrodos de retorno.
4. Desarrollar una interfaz de usuario rápida y sencilla de ejecutar.
5. Crear un prototipo que permita corroborar el funcionamiento de la solución planteada.
6. Verificar mejoras en la seguridad, estandarización de medidas y productividad del proceso.

2.3 Alcanzables y entregables del proyecto

El alcance general del proyecto es diseñar un sistema para la automatización del corte de electrodos de retorno, cuya construcción se pueda dar a partir del desarrollo y resultados de este documento. Se dividen los entregables del proyecto en 3 secciones:

2.3.1 Diseño mecánico

- Diseños CAD del sistema.
- Lista de materiales y componentes requeridos.
- Planos de conjunto.
- Planos de construcción de las piezas.

2.3.2 Diseño eléctrico

- Lista de componentes necesarios.
- Diagrama general de conexión.
- Archivos de programación requeridos para el control del sistema.

2.3.3 Diseño neumático

- Lista de componentes necesarios.
- Diagrama general de conexión.

2.3.4 Generales

- Prototipo de la solución

3. Marco Teórico

3.1 Motor a pasos

Los motores a paso son actuadores electromagnéticos rotatorios que convierten entradas de pulsos digitales en un movimiento rotatorio incremental. Esta rotación posee una relación directa con el número de pulsos de entrada y su velocidad está relacionada con la frecuencia de los mismos [3].

Usualmente, este tren de pulsos es controlado por una microcomputadora o circuito electrónico, lo que lo convierte en un motor muy compatible para servir como interfaz entre un microcontrolador y un sistema mecánico. Además, al ser su movimiento gobernado por el conteo del número de pulsos, no se necesita de lazos de retroalimentación o de sensores para obtener su posición, aunque en sistemas donde la precisión es un tema indispensable se suelen utilizar junto a un “encoder”. También son relativamente baratos y de fácil construcción; debido a todas estas características, son excelentes para utilizar en aplicaciones como mesas XY, impresoras, robots, y sistemas de movimiento guiado en general.

Los motores de pasos se utilizan generalmente en el rango de 0.001341 hp (1 W) a alrededor de 3 hp, y sus tamaños de paso varían aproximadamente de 0.72° a 90°, siendo 1.8°, 7.5° y 15° los más comunes.

Los motores a pasos se clasifican en tres grandes categorías: de reluctancia variable, de imanes permanentes y de híbridos.

3.1.1 Motores a pasos de imanes permanentes

Este tipo de motores a paso se caracterizan por que el rotor esta magnetizado radialmente, de manera que los polos se alinean con los dientes apropiados del estator.

En la Figura 3.1 se observa cómo se van alineando los polos de imán permanente conforme se van excitando los devanados de las diferentes fases y se va desplazando en el sentido de las manecillas del reloj de la Figura 3.1.a hacia la 3.1.b y luego como al invertir la polaridad de la corriente aplicada el rotor girará en sentido opuesto de las manecillas del reloj como se puede ver en la Figura 3.1.c. En la Figura 3.2 se observan

las formas de onda de entrada a las fases A y B de un motor a pasos bifásico y en la Tabla 3.1 se detalla la secuencia de activación para una revolución completa del motor, donde "1", "-1" y "0" corresponden respectivamente a la corriente positiva, negativa e igual a cero [3].

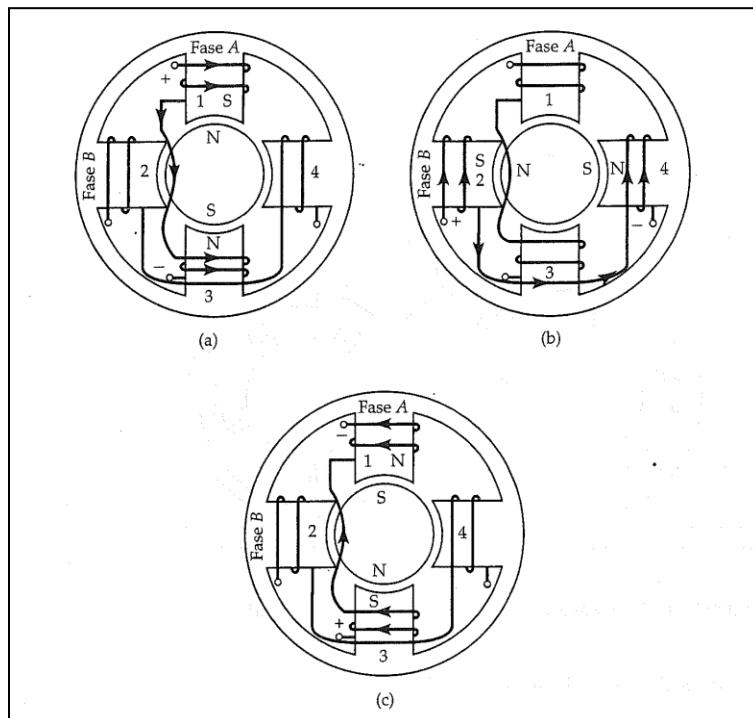


Figura 3.1. Motor de pasos bifásicos de imanes permanentes [3].

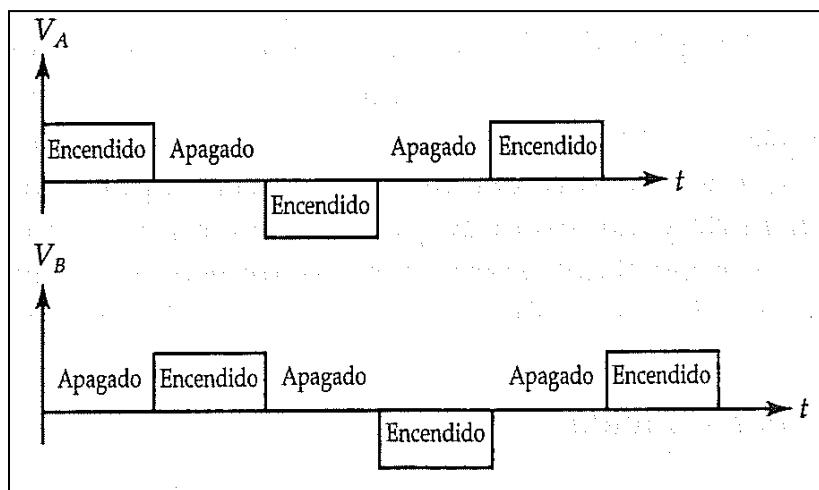


Figura 3.2. Formas de onda del voltaje aplicado para un motor de pasos bifásico de imanes permanentes [3].

Tabla 3.1. Secuencia de activación de un motor de pasos bifásico de imán permanente [3].

Ciclo	Fase A	Fase B	Posición °
+	1	0	0
	0	1	90
-	-1	0	180
	0	-1	270
+	1	0	360

3.1.2 Motores a pasos híbridos

Este tipo de motor a paso se caracteriza por que su rotor consta de dos pilas idénticas de hierro suave y de un imán permanente cilíndrico magnetizado axialmente. Como se puede observar en la Figura 3.3 las pilas de hierro suave se sujetan a los polos norte y sur del imán permanente. En cuanto al modo de operación este es muy similar al del motor de pasos de imán permanente [3].

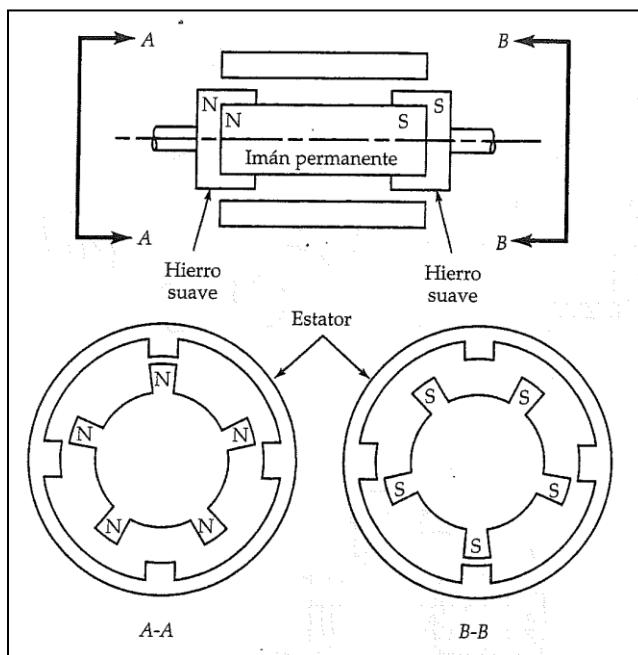


Figura 3.3. Características de un motor de pasos híbrido [3].

3.2 Controlador para motor a pasos

Normalmente los actuadores eléctricos, incluidos entre ellos los motores a pasos requieren de una potencia mediana o grande la cual no puede ser brindada por un microcontrolador. Es por esto que se requiere de un elemento, driver o controlador que

adapte la señal del microcontrolador al actuador. Para la adaptación de esta señal los drivers normalmente utilizan transistores (MOSFET principalmente) u opto acoplador.

Existen drivers sencillos y de bajo costo, como el easy driver de SparkFun Electronics que se puede observar en la Figura 3.4.a, o controladores robustos y de alto costo que incluyen funciones adicionales que facilitan el control del dispositivo como el Kinetix 350 que se observa en la Figura 3.4.b.

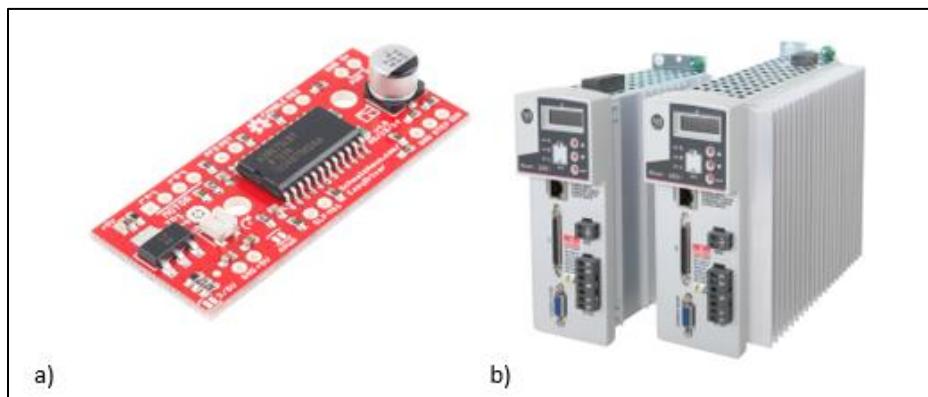


Figura 3.4. Drivers para motores. [16] [17]

3.3 Consideraciones de la carga

Las diferentes aplicaciones en la industria requieren de movimientos complejos, que resultan en cargas dinámicas altas para los diferentes actuadores, tanto lineales como rotatorios. Por lo que la selección de estos componentes se debe basar en las características de la carga, sin dejar de lado otros aspectos, como el económico. En la Figura 3.5 se observan las principales características que se deben tomar en cuenta de una carga para seleccionar un sistema de transmisión de movimiento.

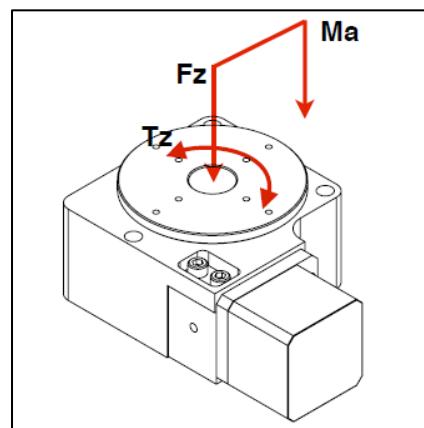


Figura 3.5. Características de la carga [15.]

3.3.1 Fuerzas normales

Entre estas fuerzas tenemos la más común y que probablemente está presente en todos los sistemas de transmisión, el peso de la carga. La cual expresa la magnitud de la cantidad de materia que la carga posee proporcional a la gravedad en que se encuentra. Adicionalmente, hay que considerar cualquier otra fuerza externa ya sea normal, axial o radial que interfiera en el movimiento.

3.3.2 Momento

El Momento de la carga al cual se hace referencia en la Figura 7 como M_a aparece normalmente cuando el peso de la carga no está centrado sobre el eje del movimiento por lo que hay que trasladarlo al origen. Este momento se calcula mediante el producto vectorial del vector de posición del punto de aplicación de la fuerza r (con respecto al punto al cual se toma el momento) por el vector fuerza F como se observa en la ecuación 1.

$$3.1) M = r \times F$$

3.3.3 Torque.

Esta es una característica fundamental, en especial en los sistemas que utilizan motores para la transmisión, ya que se debe verificar que el torque máximo que pueda entregar el sistema sea suficiente para mover la carga. El torque de la carga se calcula como el producto entre el momento de inercia de la masa de la carga respecto a su eje de rotación (J) por la aceleración angular que requiere la carga (α_L) como se observa en la ecuación 2.

$$3.2) \tau = J_L \cdot \alpha_L$$

Donde α_L también se puede expresar como la división del cambio de velocidades angulares (Δw) que queremos entre el tiempo (Δt) en que queremos que este se dé como se observa en la ecuación 3.

$$3.3) \alpha_L = \frac{\Delta w}{\Delta t}$$

3.3.3.1 Torque requerido por el motor.

En sistemas de transmisión que incluyen un motor se deben tomar en cuenta otras variables como lo son la inercia del motor y la relación del sistema de transmisión. Cálculo que se puede representar en la siguiente ecuación [7].

$$3.4) T_m = \left(J_m + \frac{J_L}{Gr^2} \right) x \alpha_M$$

De donde se tiene que:

T_m = Torque requerido por el motor

J_m = Inercia del motor

J_L = Inercia de la carga

Gr = Relacion del sistema de transmisión

α_m = Aceleración del motor = $\alpha_L \times Gr$

3.3.4 Relación entre inercia de la carga e inercia del motor.

Respecto a la selección de un motor a pasos la mayoría de artículos y hojas de datos recomiendan seleccionar un motor con una inercia que se ajuste lo más cerca posible a una relación 1:1 con la inercia de la carga, esto debido a que los motores a pasos son propensos a desincronización y pérdidas de par, por lo que su tamaño debe coincidir con el de la carga para superar estos desafíos [6].

3.4 Encoder

Los encoders son sensores electro-opto-mecánicos, que unidos a un eje, proporcionan información de la posición angular. Su fin es actuar como un dispositivo de realimentación en sistemas de control integrado. Estos emplean diferentes técnicas, de las cuales las más comunes son los encoders magnéticos y los encoders ópticos [4].

3.4.1 Encoders Ópticos

Los encoders de tipo óptico utilizan un disco con segmentos blancos y negros, un led y un fotodiodo, de esta manera cuando el disco gira el fotodiodo detecta la luz reflejada durante un segmento blanco (no así con el segmento negro), de esta manera el sensor emite por revolución la misma cantidad de pulsos que la cantidad de segmentos blancos que tiene el disco [4].

3.4.2 Encoders Mecánicos

Estos normalmente utilizan un sensor de efecto hall y unos imanes pegados a un disco acoplado al eje del motor. Así que cuando el motor gira el sensor de efecto hall detecta los imanes y genera pulsos en su línea de salida [4].

3.5 Software de control Connected Components Workbench

El software de diseño y configuración Connected Components Workbench se desarrolló para programación de controladores, configuración de dispositivos e integración con el editor de HMI. Este pretende ayudar a minimizar el tiempo y el costo de desarrollo de máquinas. El software cumple con el estándar de programación de PLC IEC 61131-3 y la descarga de la edición estándar del software es gratuita [8].

3.5.1 Ventajas

- Fácil de configurar: Reduce el tiempo inicial empleado en la configuración de los controles.
- Fácil de programar: Los bloques de funciones definidos por el usuario aceleran el desarrollo de máquinas.
- Fácil de visualizar: La configuración de tags y el diseño de pantallas facilitan la configuración de interfaces de operador.
- Gratuito y compatible con PLCs de bajo costo como lo son los de la serie Micro800 de AB.

3.6 Salidas PTO

Estas salidas hacen referencia a la función de tren de impulsos con la que cuentan ciertos microcontroladores, la cual ofrece una onda cuadrada (con un factor de trabajo relativo de 50%), permitiendo al usuario controlar el tiempo de ciclo y el número de impulsos [9]. Cada generador PTO cuenta con:

- Un byte de control (8 bits).
- Un valor de tiempo de ciclo y un valor de ancho de impulsos (ambos valores de 16 bits sin signo).
- Un valor de cuenta de impulsos (valor de 32 bits sin signo).

3.7 Metodología de diseño de Dieter

El Dr. George E. Dieter, profesor emérito de la Universidad de Maryland, se ha desenvuelto en las áreas de los procesos de manufactura, la ingeniería de diseño, la ingeniería de calidad, y la educación en la ingeniería a lo largo de su vida [11], desarrollando y publicando una metodología de diseño en su libro *Engineering Design* junto con su colega Linda C. Schimdt.

A grandes rasgos, la metodología para solución de problemas propuesta por Dieter se resume en cinco etapas:

- Definición del problema: Es la primera y probablemente la más crítica, en esta etapa se definen los requerimientos y restricciones del proyecto con base en la necesidad y gusto del cliente.
- Recopilación de información: Se comienza una investigación del estado del arte del producto o proceso a diseñar, cómo fue diseñado anteriormente y la posible solución de las funciones que este desempeñará.
- Generación de soluciones alternativas: Se realizan diferentes actividades para integrar los conocimientos adquiridos en la investigación previa y así empezar a definir el resultado.
- Evaluación y selección de soluciones: Termina la etapa de diseño conceptual y tras una serie de criterios aplicados se obtiene una solución.
- Comunicación del diseño: La parte final del proceso del diseño es la comunicación de los resultados obtenidos. La comunicación del diseño se da usualmente, mediante una presentación oral, acompañándola con un trabajo escrito contenido planos, programas de computadora y modelos tridimensionales.

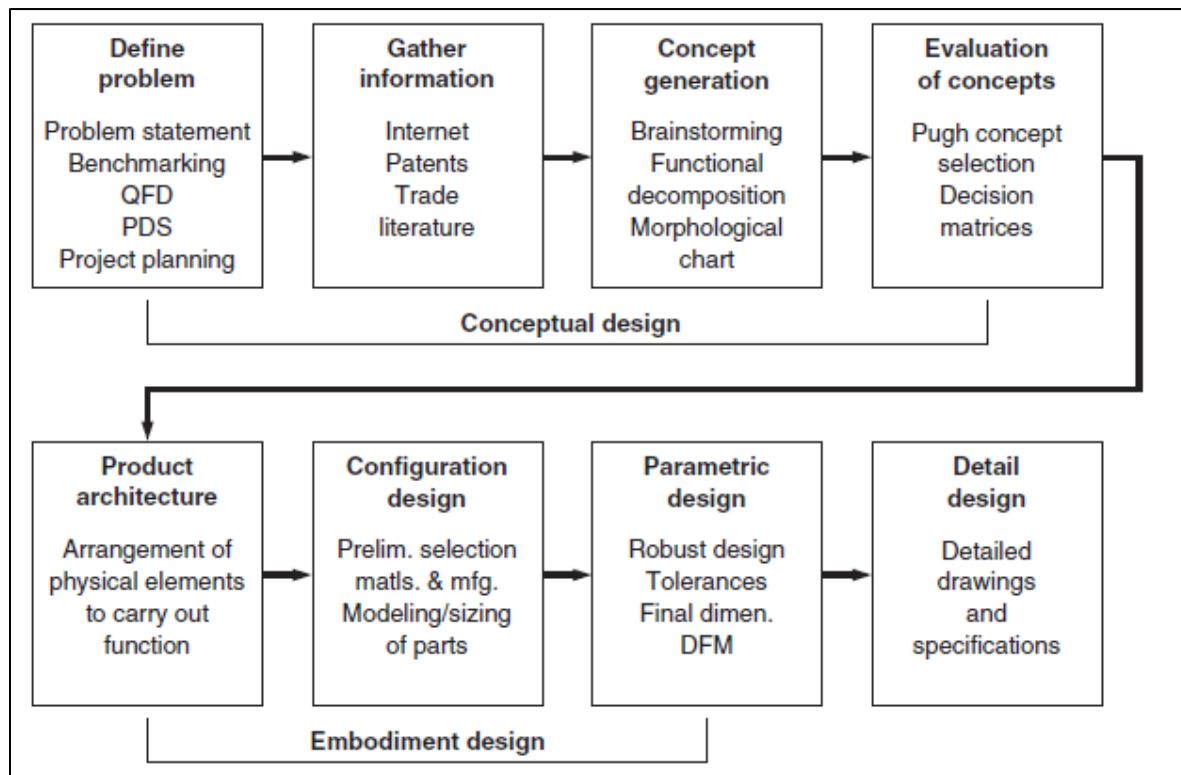


Figura 3.6. Metodología de diseño de Dieter y Schmit [10].

En la Figura 3.6 Dieter y Shmit muestran las diferentes actividades que conforman la primera tres fases de Diseño: diseño conceptual, diseño de realización, y el diseño de detalle. Este conjunto de ocho pasos de las actividades de diseño es su representación del proceso de diseño básico, con el propósito de recordar la secuencia lógica de actividades que lleva de la definición de un problema al diseño de detalle:

- Definición del problema.
- Recolección de información.
- Generación del concepto.
- Evaluación de conceptos.
- Arquitectura del producto.
- Configuración del diseño.
- Diseño paramétrico.
- Diseño detallado.

4. Procedimiento Metodológico

Para el desarrollo de este proyecto se siguió la metodología de diseño en ingeniería propuesta por Dieter, G y Schmit, L en su libro “Engineering Design” descrita previamente en el apartado 3.7.

En la Figura 4.1 se observa el diagrama secuencial que se utilizó para llegar a la solución planteada, el cual está compuesto por las cinco etapas propuestas por Dieter en su metodología para solución de problemas y una sexta etapa que contempla la elaboración de un prototipo y pruebas para la corroboración de la solución.

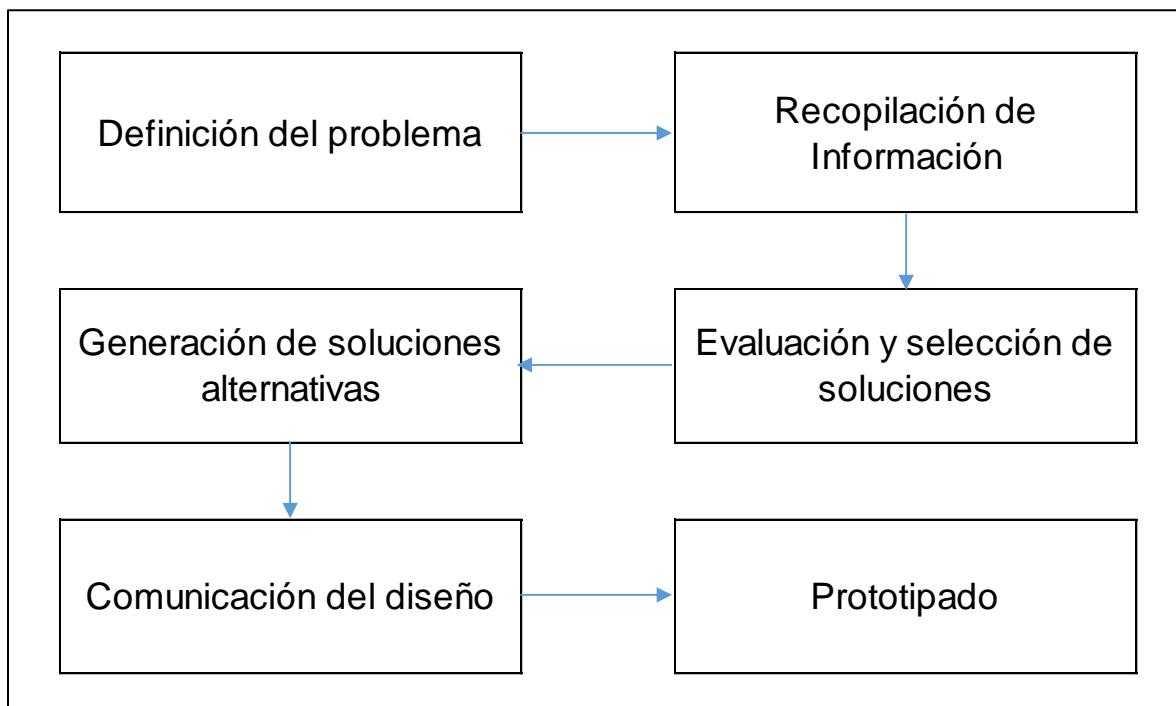


Figura 4.1. Variante de la secuencia para solución de problemas de Dieter. Fuente: Elaboración propia (2016).

A continuación, se da una descripción breve de las acciones que se llevaron a cabo en cada una de las etapas:

4.1 Definición del Problema

- Se habló con los involucrados (ingenieros del proceso, supervisores operarios).
- Se definieron prioridades, objetivos, restricciones.
- Se definió un plan y cronograma a seguir.

4.2 Recopilación de información

- Se realizaron pruebas de corte con el proceso actual.
- Se investigó sobre alternativas para el corte de tubos de material y diámetro similar existentes en otras industrias.
- Se revisó en la web sobre componentes (sensores, motores, controladores) y soluciones de sistemas de movimiento guiado (actuadores piezoelectricos, mesas rotatorias, actuadores neumáticos, entre otros).

4.3 Generación de soluciones alternativas

- Se dividió el problema en pequeños sub-problemas. Ej. de sub-problemas: dar el ángulo de corte al tubo, accionar el corte de los tubos, brindar el largo correspondiente al tubo, seguridad de los operarios.
- Se realizó una lluvia de ideas para proponer soluciones alternativas a cada uno de los problemas.

4.4 Evaluación y selección de soluciones:

- Se seleccionaron las alternativas más viables mediante pruebas, cálculos y costos.
- Se realizó una reunión con el supervisor de proyecto y el gerente del departamento para evaluar las alternativas restantes, presentando cotizaciones de las soluciones para buscar la mejor relación costo-beneficio.

4.5 Comunicación del diseño:

- Presentación del modelo tridimensional de la solución.
- Lista de componentes.
- Presupuesto detallado.
- Simulación de diagrama neumático.
- Planos de conjunto y construcción.

4.6 Prototipado:

- Se buscó en la bodega de la empresa componentes similares a los seleccionados para la construcción del prototipo, donde se encontraron componentes como: válvulas eléctricas, tornillería requerida, “fittings” neumáticos, fuentes, entre otros.
- Se enviaron a comprar los componentes restantes y se enviaron a construir las piezas diseñadas.
- Se construyó el prototipo y se realizaron pruebas de corte con los diferentes tubos.

5. Descripción detallada de la Solución

En este capítulo se describirá y justificará la solución seleccionada, para ello se dividió el problema en tres pasos fundamentales para lograr la automatización del sistema completo, los cuales son:

- Automatización del ajuste del largo del tubo.
- Automatización del ángulo de corte.
- Automatización de la ejecución del corte.

Además, se describirán tres apartados más, necesarios para la funcionalidad de la solución propuesta:

- Montaje del sistema.
- Diseño de panel, conexiones y programación.
- Diseño de puesto de trabajo y procedimiento.

5.1 Automatización del ajuste del largo del tubo.

Este sistema debe cumplir con los siguientes requerimientos:

1. Tener un desplazamiento mínimo de 110 mm (4.3 pulg. distancia entre el tubo número 05973 (el más largo) y el 03430 (el más corto) de la Tabla 1.1).
2. Brindar una precisión de al menos ± 0.25 mm (0.01 pulg tolerancia del tubo 02547, siendo esta la más precisa de los tubos presentes en la Tabla 1.1).
3. Capaz de mover tubos de 5 g cuyos diámetros externos varían entre 2.8 y 4.7 mm (0.110 pulg diámetro externo de los tubos 02309, 02467 y 03440 siendo esta la dimensión de diámetro más pequeña de los tubos de la Tabla 1.1 y 0.188 pulg la dimensión de diámetro externo más grande, correspondiente al tubo 23943).
4. Mejor relación costo beneficio.

Primeramente, se creó la pieza sobre la cual se colocarán los tubos para el corte, la cual se puede observar en la Figura 5.1, esta cuenta con una ranura en forma de V sobre la cual se puede soportar cualquiera de los tubos de la Tabla 1.1, ya que su ancho y

profundidad se hicieron acorde a los diámetros que estos presentan, como se observa en la Figura 5.2.

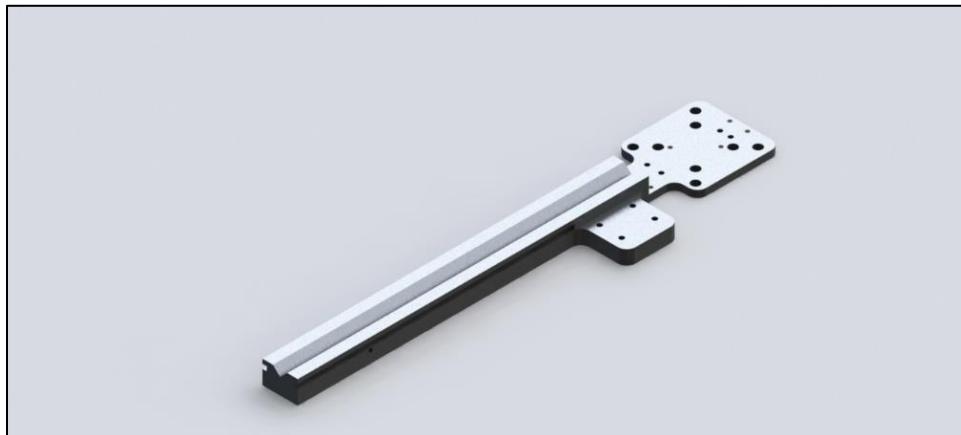


Figura 5.1. Pieza base para la colocación de los tubos. Elaborado en SolidWorks 2013.

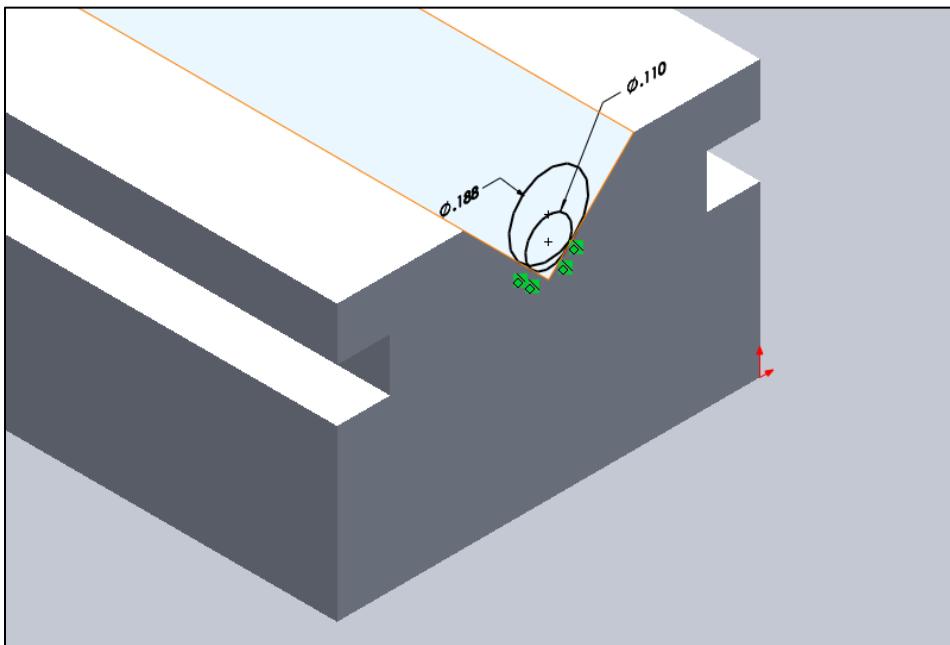


Figura 5.2. Simulación de tamaño de diámetros de tubos más críticos sobre la ranura V de la pieza de la Figura 5.1.
Elaborado en SolidWorks 2013.

Además, se le diseñaron unas ranuras a ambos lados para poder movilizar un tope como el que se observa en la figura 5.3 el cual se encarga de ajustar la distancia a la que se corta el tubo, este tope consta de dos partes, la inferior, la cual se mueve a través de las ranuras; y la superior, que se encarga de retener el tubo según el largo requerido. La inferior se diseñó de material plástico llamado Ultem ya que al estar en contacto con la base de aluminio de la Figura 5.1, se debe evitar que se desgasten debido a la fricción. El inserto superior se fabricó de acero inoxidable esto debido a que esta es la parte que

posee contacto directo con el tubo en cada operación, lo cual ayudará a evitar que esta pieza se deteriore fácilmente.

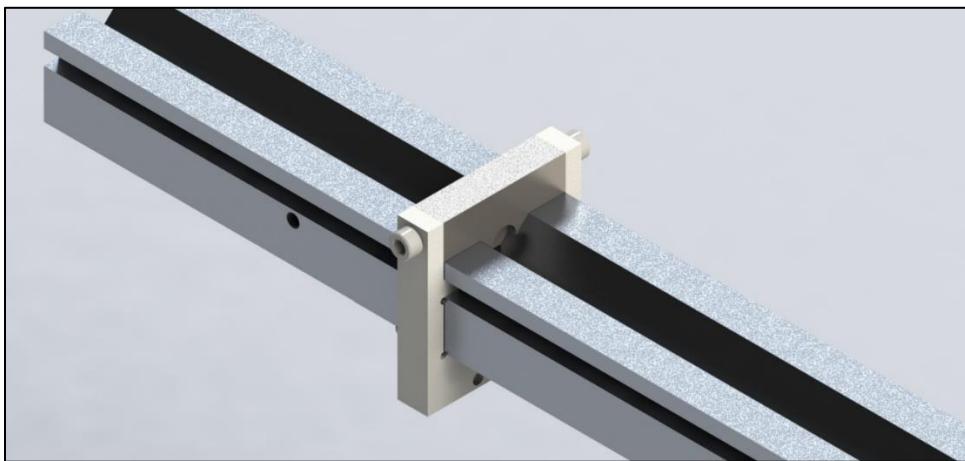


Figura 5.3. Tope para el ajuste de largo del tubo. Elaborado en SolidWorks 2013.

Para cumplir con el objetivo de la automatización del sistema, el posicionamiento de este tope para la colocación del tubo debe ser automático, esto será logrado mediante el uso de un actuador lineal. Entre los actuadores considerados basados en los requerimientos previamente definidos se encuentran:

- Actuador piezoeléctrico no cautivo. Figura 5.4.a.
- Actuador motor a pasos tornillo sin fin no cautivo. Figura 5.4.b.
- Actuador motor a pasos movimiento externo. Figura 5.4.c.

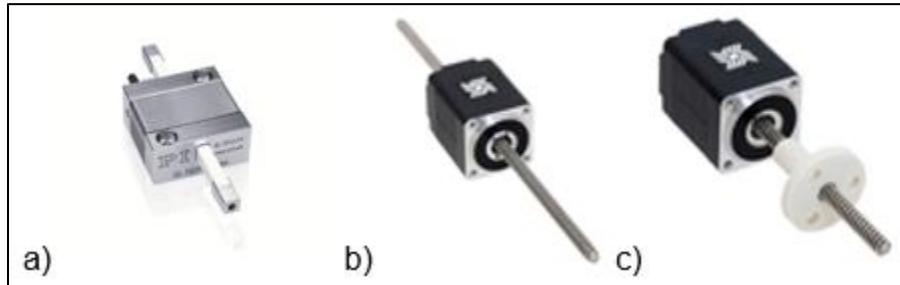


Figura 5.4. Alternativas de actuadores para la automatización del ajuste del largo del tubo [12] [13].

Las tres alternativas cumplían con los requerimientos, sin embargo, al final se inclinó por la opción c) debido a que su precio era 10 veces menor que el de la opción a). Además, al presentar el movimiento por medio de una brida que se desplaza a través del tornillo sin fin, este ocupa la mitad del espacio que la opción b).

Se eligió que este tuviera un tornillo sin fin de 152.4 mm (6 pulg.) para cumplir con el requerimiento de desplazamiento entre los largos críticos de los tubos a cortar. Como se observa en la Figura 5.5.

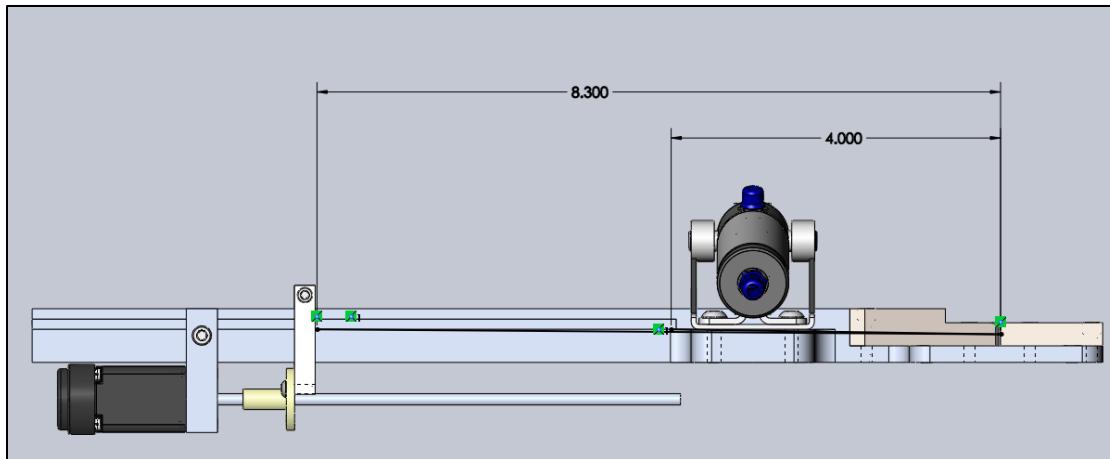


Figura 5.5. Simulación de dimensiones críticas de largo de tubo (pulg.) sobre el sistema guiado por el tornillo sin fin de 152 mm. Elaborado en SolidWorks 2013.

En la Figura 5.6 se observa el ensamble final del sistema encargado del posicionamiento del largo del tubo. El cuál además de las piezas y componentes descritos previamente, incluye todos los elementos de sujeción necesarios para la unión de los componentes, una pieza diseñada para la sujeción del motor en la parte inferior de la pieza base, dos insertos que brindan soporte a la sección final del tubo, cuyo diseño se justificara en el apartado de la automatización de ángulo de corte y un actuador neumático encargado de mantener estático el tubo durante el corte, por lo que también forma parte del apartado de automatización de ejecución de corte.

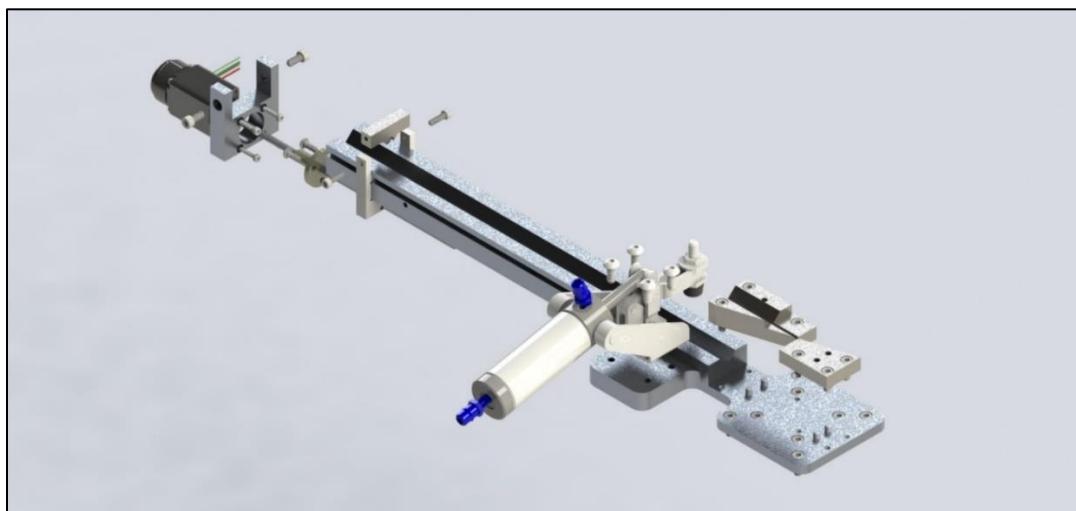


Figura 5.6. Ensamble final del sistema diseñado para el ajuste del largo del tubo. Elaborado en SolidWorks 2013.

5.2 Automatización del ángulo de corte

Este sistema debe cumplir con los siguientes requerimientos:

1. Tener un desplazamiento mínimo de 52° (diferencia entre los ángulos de corte más grande y más pequeño presentes en la Tabla 1.1 y correspondientes al tubo número 06080 y al 45598 respectivamente).
2. Brindar una precisión de al menos $\pm 1^\circ$ (tolerancia del tubo 09680 siendo esta la más precisa de los tubos presentes en la Tabla 1).
3. Ser capaz de mover la masa del sistema de ajuste de largo del tubo (1 Kg).
4. Mejor relación costo beneficio.

Para la automatización del ángulo de corte se requiere un actuador rotatorio que gire alguna de las dos partes, ya sea la sierra o el tubo. Por facilidad de manejo se eligió el más liviano, el sistema de ajuste de largo de tubo (1kg) vs el tamaño robusto de la sierra. Partiendo de que el giro se le va a realizar al tubo se valoraron varias ideas:

- Actuador piezoelectrónico. Figura 5.7.a.
- Transmisión por fajas. Figura 5.7.b.
- Transmisión engrane tornillo sin fin. Figura 5.7.c.

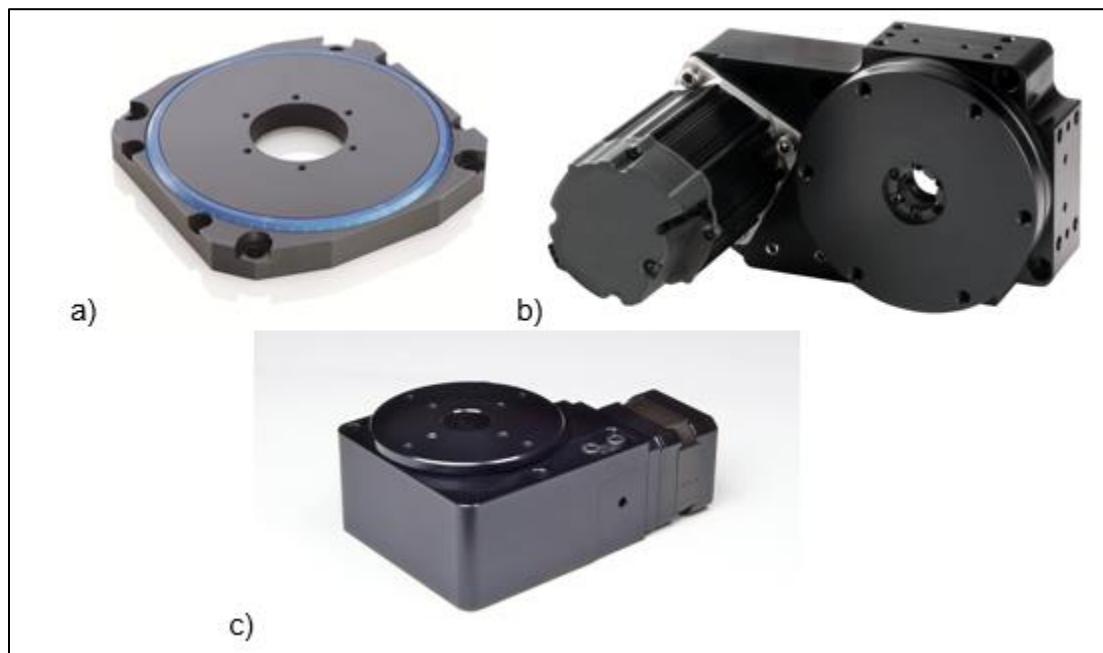


Figura 5.7. Alternativas para la selección de actuador para la automatización del ajuste de ángulo de corte [12] [14] [15].

Las tres alternativas analizadas cumplen con los requerimientos, sin embargo, se descartó el uso de la alternativa a) debido a que su costo era el doble que el de la alternativa c). Además, a pesar de poseer el diseño más atractivo y compacto, este no parece el más adecuado para una aplicación industrial en un ambiente sucio como el presente en el corte de tubos.

Como se pudo observar en la sección 5.1, la carga (el sistema de ajuste de largo del tubo) no se encontrará centrada sobre la estación giratoria lo cual significará una mayor inercia de la carga y como se comprueba en las ecuaciones del marco teórico en la sección 3.3.3 esto aumentará significativamente el torque requerido por el motor. Sin embargo, si observamos la ecuación 3.4 se puede ver que una alta relación del sistema de transmisión reducirá en Gr^2 el impacto de la inercia de la carga. Es en este punto en el que la alternativa c) supera a la alternativa b) debido a que la relación de transmisión de fajas de esta última es únicamente de 1:3 por lo que se necesitaría un motor con un torque sumamente alto lo cual elevaría los costos, sin dejar de lado lo difícil que es conseguir un motor de tamaño pequeño con un alto torque. Otra solución que se valoró fue agregar una caja reductora al motor de la alternativa b), pero esto también elevaría los costos. La alternativa c) posee una relación de transmisión entre el tornillo sin fin y el engrane de 90:1 por lo que la inercia de la carga no implica ningún inconveniente.

Para simplificar el calculó de la inercia de la carga se asumió que esta tenía una forma rectangular de 1 pulg de ancho (0,0254 m) x 13 pulg (0,33 m) de largo (mismas dimensiones de la pieza de la Figura 5.1) y con la masa (M) de 1 Kg distribuido uniformemente. Teniendo entonces que la inercia de la carga es:

$$5.1) J_{carga} = \frac{1}{3} \times M \times (a^2 + b^2) = \frac{1}{3} \times 1 \times (0,0254^2 + 0,3302^2) = 0,036559 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

Y la inercia de la carga vista por el motor será igual a:

$$5.2) J_{carga \ vista \ por \ el \ motor} = \frac{J_{carga}}{Gr^2} = \frac{0,036559}{90^2} = 0,00000451345 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

Con el dato de la inercia de la carga vista por el motor se procede a calcular la relación entre la inercia de la carga y del motor, para verificar que esta se acerque lo más posible a una relación 1:1 y de esta forma evitar desincronización y pérdidas de par en

el sistema rotatorio, según lo señalado en el apartado 3.3.4. Para ello, se toma el valor de inercia del motor Mdrive Nema 17 ($0.0000038 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$) proveniente de la hoja de datos del Anexo B.1.

$$5.3) \text{ Relación de inercias} = \frac{J_{carga}}{J_{motor}} = \frac{0,0000045}{0,0000038} = 1,18775$$

Esta relación de inercias es aceptable según lo establecido previamente, y respalda la selección de un sistema rotatorio con una relación de transmisión de 90:1 para contrarrestar el alto valor de la inercia de carga.

Se asume una aceleración adecuada tomando en cuenta que el desplazamiento máximo que debe realizar la estación giratoria es de 52° ($0,9076 \text{ rad}$), que la velocidad máxima del sistema es de $30^\circ/\text{seg}$ ($0,52 \text{ rad/s}$) y que un tiempo aceptable para realizar ese recorrido sería de 2 s tomando en cuenta que este movimiento se realiza una única vez al inicio de cada calibración para correr un nuevo producto.

$$5.4) \alpha_M = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{0,52}{1} = 0,52 \text{ rad/s}$$

$$5.5) T_m = \left(J_m + \frac{J_L}{Gr^2} \right) \times \alpha_M = \left(0,0000038 + \frac{0,036559}{90^2} \right) \times 0,52 = 4,32 \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}$$

El torque máximo de la estación giratoria según su hoja de datos es de 4.5 Nm, por lo que no posee ningún problema para movilizar la carga.

También, para permitir la realización del corte en los ángulos requeridos se diseñaron unos insertos (mencionados en la sección anterior), los cuales van colocados al final de la base de corte para proporcionar soporte a la sección final del tubo; además, cuentan con una forma que considera todos los ángulos de los tubos a cortar y permite que la sierra realice los cortes sin problema como se puede observar en la Figura 5.8. Estos insertos se elaboraron de acero inoxidable ya que ante alguna eventualidad esta sería la parte del sistema que podría tener contacto con la sierra en funcionamiento y debido a sus propiedades el acero inoxidable podría ser cortado sin problema, evitando así generar algún inconveniente para la sierra.

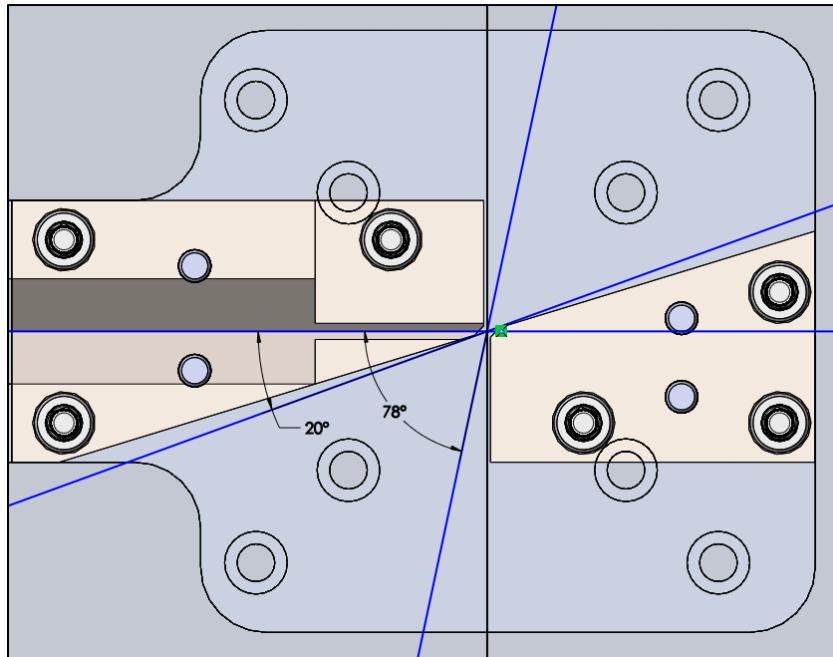


Figura 5.8. Simulación de ángulos de corte críticos en el diseño de los insertos finales para el soporte de los tubos.
Elaborado en SolidWorks 2013.

Además, la pequeña ranura que se encuentra entre los dos insertos permitirá ubicar el punto de referencia tanto de la posición angular del sistema como de la posición lineal. Llevando el giro de la estación giratoria hasta que el disco se ubique en la ranura, se logra calibrar el 0 de referencia del sistema rotacional. Seguido a esto, manteniendo la sierra en esta posición se debe movilizar el tope con una barra calibrada hasta que esta contacte con el disco de la sierra, para así definir el cero del sistema lineal.

En la Figura 5.9 podemos observar el ensamble final del sistema de ajuste de ángulo de corte.

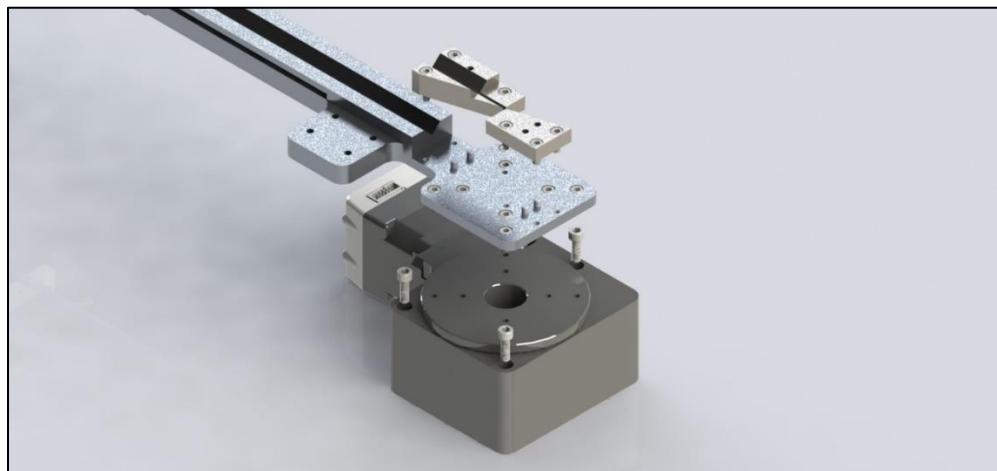


Figura 5.9. Ensamble final del sistema para la automatización del ángulo de corte. Elaborado en SolidWorks 2013.

5.3 Automatización de la ejecución del corte

Por cuestiones de seguridad, para mantener la sierra lo más alejada posible del operario, se decide cambiar la orientación del corte y sustituir el movimiento de la sierra hacia el tubo por uno en el que la sierra se encuentra estática y el tubo sea el que se mueva hacia el corte.

Partiendo de esta decisión el sistema debe cumplir con los siguientes requerimientos:

1. Ejecutar los cortes a una velocidad constante y ajustable.
2. Mantener el tubo estático durante el corte.
3. Ser capaz de mover la masa del sistema de ajuste de largo del tubo y de ajuste de ángulo de corte (3 Kg).
4. Proporcionar fuerza suficiente para contrarrestar la generada por el roce de la sierra con el tubo.
5. Alta durabilidad debido a la cantidad de veces que será accionado al día.
6. Fácil de accionar.
7. Mejor relación costo beneficio.

Para el movimiento automático de ejecución del corte se evaluaron dos alternativas:

- Actuador lineal eléctrico.
- Actuador lineal neumático.

Analizando que este movimiento no requiere precisión como los dos anteriores, donde se buscaba llegar a posiciones específicas de ángulo y distancia, se opta por un sistema de accionamiento neumático, ya que brinda los mismos resultados que un sistema eléctrico a un costo mucho más bajo, considerando el elevado costo que tiene una transmisión lineal con motor debido al alto peso e inercia de la carga, que por el diseño seleccionado este debe mover tanto el sistema rotatorio como el sistema de ajuste de largo del tubo. El actuador lineal neumático seleccionado fue un cilindro guiado sin vástago, debido a la importancia de que este tuviera guías para que su posición se mantuviera constante. Este se eligió con un largo de 127 mm, suficiente para alejar al operario de la sierra, además, se eligió un diámetro de eje de 15 mm que le permite soportar un peso de hasta 7 kg y contrarrestar una fuerza de presión ejercida por la sierra

de hasta 6.2 kg, como se observa en el siguiente cálculo realizado con ecuaciones del Anexo A.3. Donde a es un coeficiente de longitud del pistón, ST es el valor del largo del pistón en mm, I_o es el valor en cm de la altura a la que se aplica la fuerza respecto al eje y F es la fuerza de presión máxima permisible en Kg por el cilindro.

$$5.6) a = \frac{10^{(1.5 - 1.3 \times 10^{-3} \times ST)}}{7} = \frac{10^{(1.5 - 1.3 \times 10^{-3} \times 127)}}{7} = 3.09$$

$$5.7) F \text{ de presión} = \frac{a \times 17.5}{2.7 + I_o} = \frac{3.09 \times 17.5}{2.7 + 6} = 6.21 \text{ Kg}$$

Para la regulación de la velocidad del movimiento se utilizará un manómetro con regulador de presión y válvulas reguladoras de flujo en las conexiones del cilindro. También para tener retroalimentación del estado del corte del tubo se colocarán dos sensores de final de carrera en el cilindro para conocer su posición.

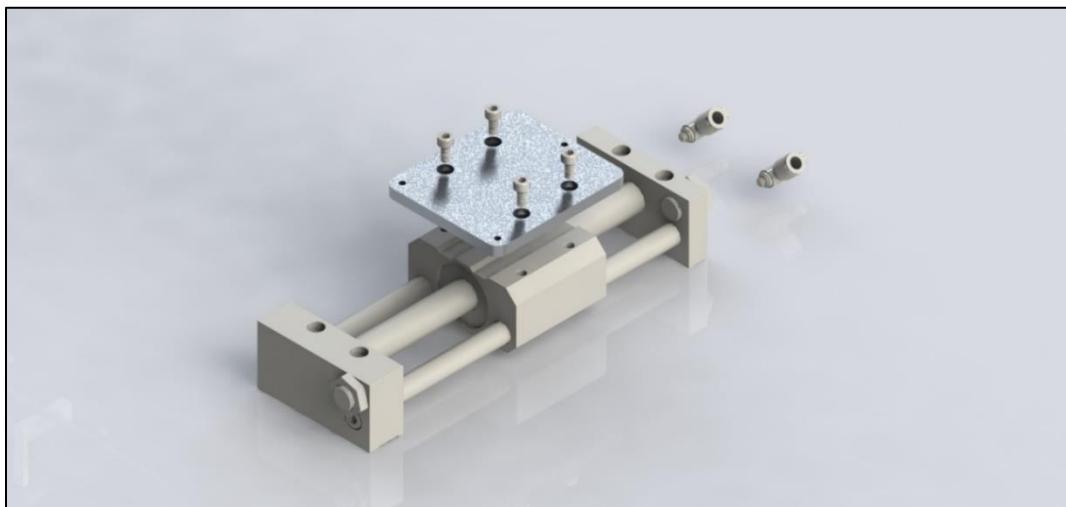


Figura 5.10. Ensamble final del sistema de movimiento lineal para la ejecución del corte. Elaborado en SolidWorks 2013.

Para cumplir con el requerimiento número dos se diseñó un sistema neumático de manera que este tuviera el siguiente orden:

1. Sujetar el tubo dejándolo inmovilizado.
2. Realizar el movimiento hacia el corte.
3. Realizar el movimiento de regreso una vez terminado el corte.
4. Liberar el tubo una vez que este haya regresado a su posición inicial.

Como se observa en el diagrama de la Figura 5.11,

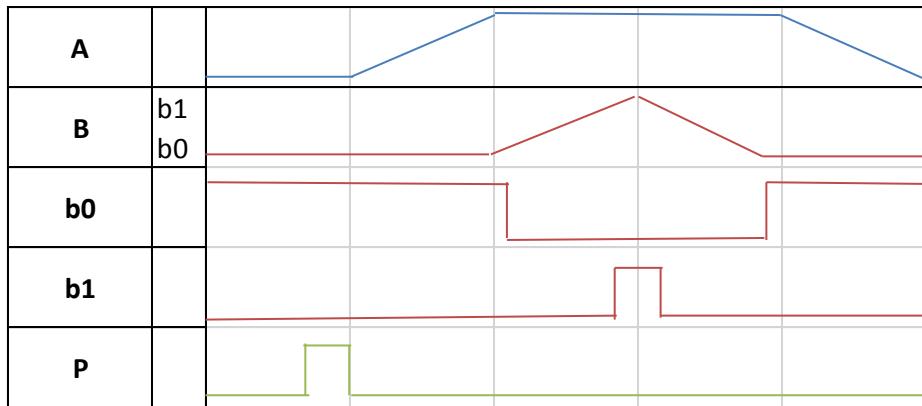


Figura 5.11. Secuencia neumática requerida.

A	Pistón de sujeción del tubo.
B	Pistón de movimiento.
b0	Señal de final de carrera posición inicial.
b1	Señal de final de carrera posición de corte.
P	Señal de botón de accionamiento de corte.
Ra	Memoria para desconexión de pistón A.
Rb	Memoria para desconexión de pistón B.

Figura 5.12. Descripción de las variables definidas para la secuencia neumática mostrada en la Figura 5.11.

También se construyeron las siguientes ecuaciones que muestran la lógica del circuito:

$$5.8) A = (P * b0 + A_+) * \overline{R_a}$$

$$5.9) B = A_+ * T * \overline{R_b}$$

$$5.10) R_b = 2 * b1$$

$$5.11) R_b = (b1 + R_a) * \overline{b0}$$

A partir de este diagrama y las ecuaciones mostradas se creó la siguiente simulación con el programa FluidSIM de Festo y se diseñó así el circuito electro neumático correspondiente, como se observa en la Figura 5.13 y 5.14.

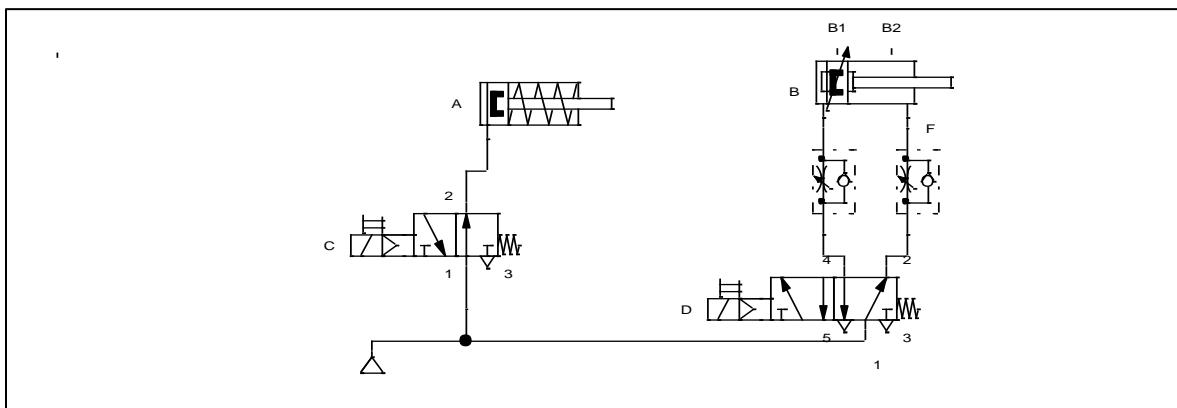


Figura 5.13. Diagrama de conexión neumática del sistema de ejecución del corte.

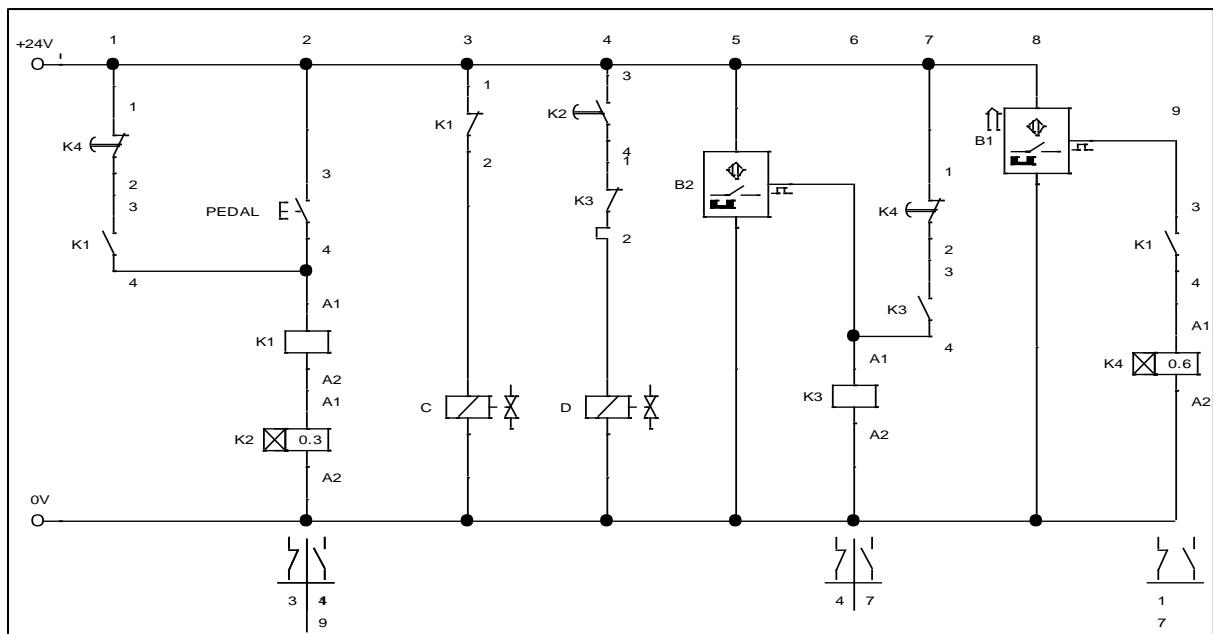


Figura 5.14. Diagrama electro neumático correspondiente a la secuencia requerida para la ejecución del corte.
Elaborado en FluidSIM 4.

5.4 Montaje del sistema

Con todas las decisiones tomadas en los apartados anteriores, se obtiene el ensamble final del sistema de movimiento guiado que se puede observar en la figura 5.15 y 5.16.

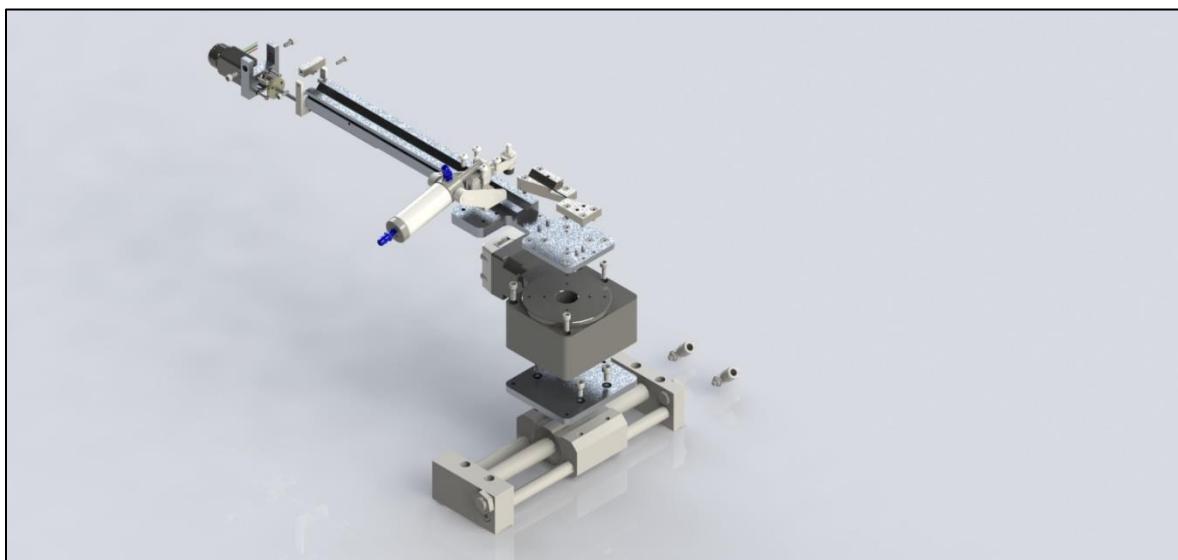


Figura 5.15. Ensamble explosionado del sistema de movimiento guiado. Elaborado en SolidWorks 2013.

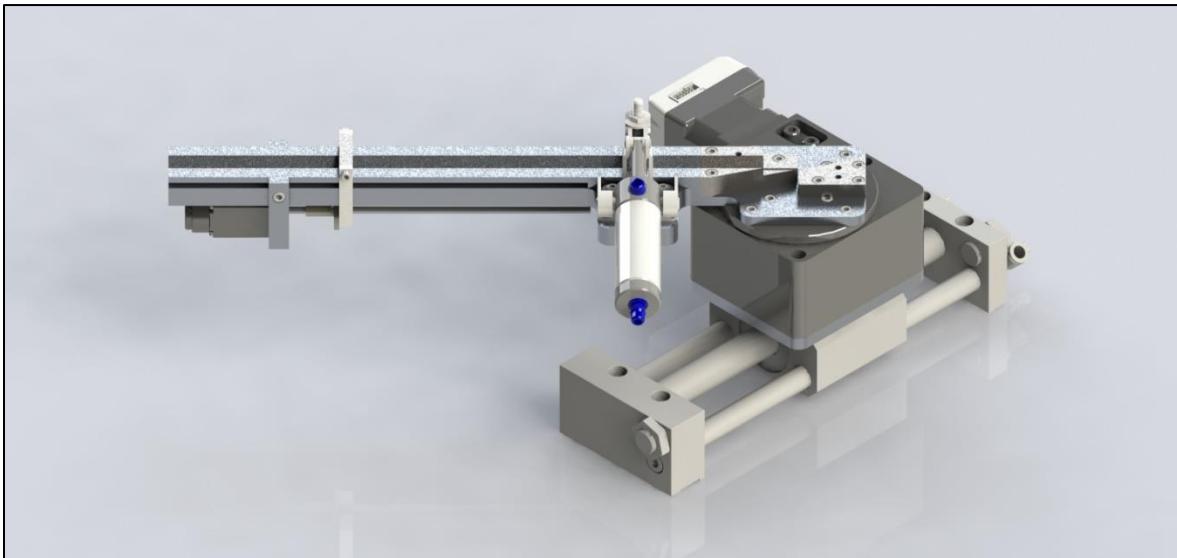


Figura 5.16. Ensamble final del sistema de movimiento guiado. Elaborado en SolidWorks 2013.

Debido al tipo de material que se corta (tubos de diámetros pequeños de acero inoxidable), el tipo de acabado que se requiere y la alta demanda con la que cuenta el proceso de corte, la sierra debe ser robusta, poseer una alta velocidad de corte, utilizar un disco pequeño y de material abrasivo. Es por esto que se adaptará la sierra utilizada en el proceso actual a la nueva máquina, esta posee un motor de $\frac{1}{2}$ HP y gira a 5000 rpm, con una relación de transmisión de fajas 1:2 que hace girar el disco de la sierra a una velocidad de 10000 rpm, el disco que utiliza es de 100 mm de diámetro y es de material abrasivo de un espesor de 0.5 mm.

Se diseñaron unos soportes que permiten que la sierra se coloque a un ángulo de 40° de la superficie como se observa en la Figura 5.17, brindándole así más estabilidad y haciendo el sistema más compacto a que si esta estuviera totalmente horizontal.

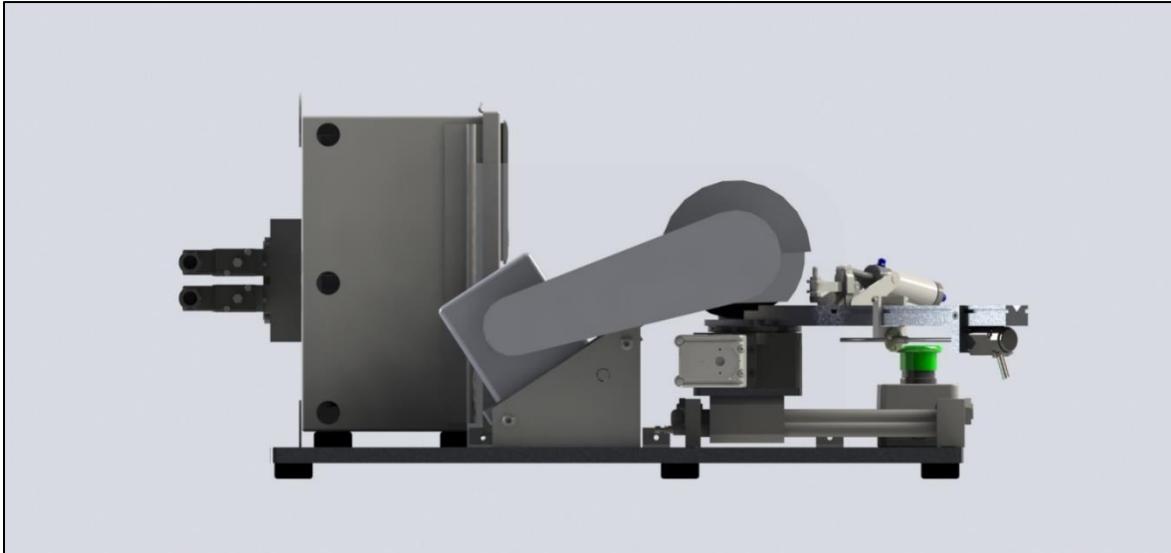


Figura 5.17. Vista lateral del sistema de corte. Elaborado en SolidWorks 2013.

También se diseñó una base sobre la cual se colocará la sierra, el sistema de movimiento guiado, el panel de control y los botones de accionamiento, esta cuenta con dos ranuras para la extracción de la viruta y polvo generados durante el corte. Se añadió una pared de acrílico para evitar el paso de suciedad hacia el panel de control. Además, se colocaron “bumpers” entre la base y la superficie, y entre la base y el panel, para evitar vibración y deslizamientos no deseados. Finalmente, por cuestión estética, se decidió colocar el colector neumático junto con las electroválvulas detrás del panel de control. Como se puede observar en la Figura 5.18.

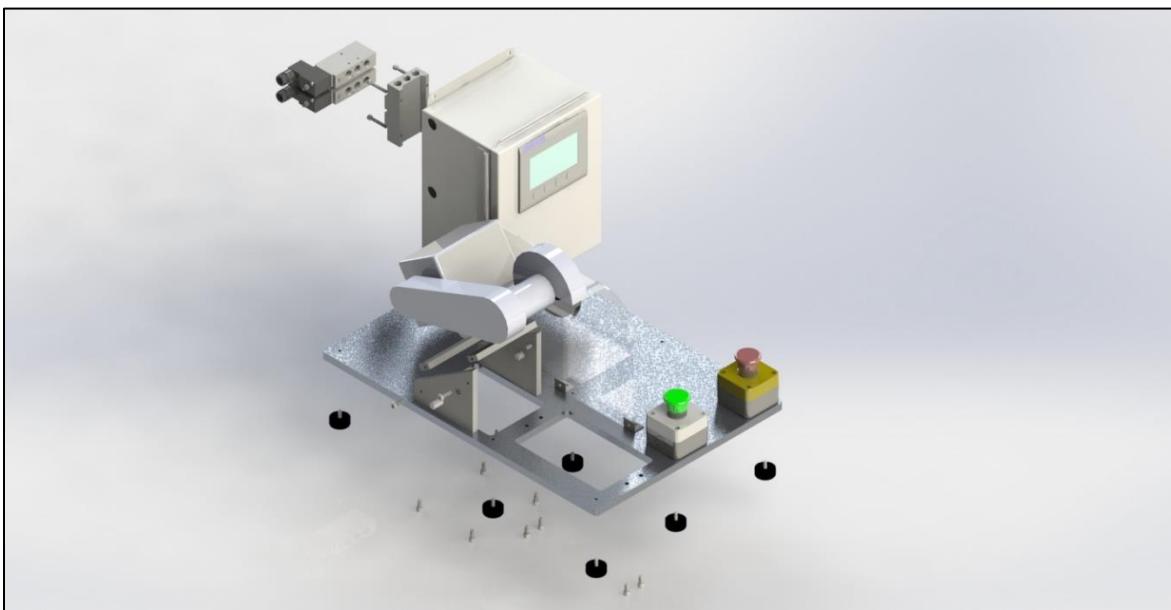


Figura 5.18. Ensamble explosionado del montaje de la solución seleccionada. Elaborado en SolidWorks 2013.

Obteniendo así el sistema completo de automatización de corte de electrodos de retorno como se puede ver en la figura 5.19.

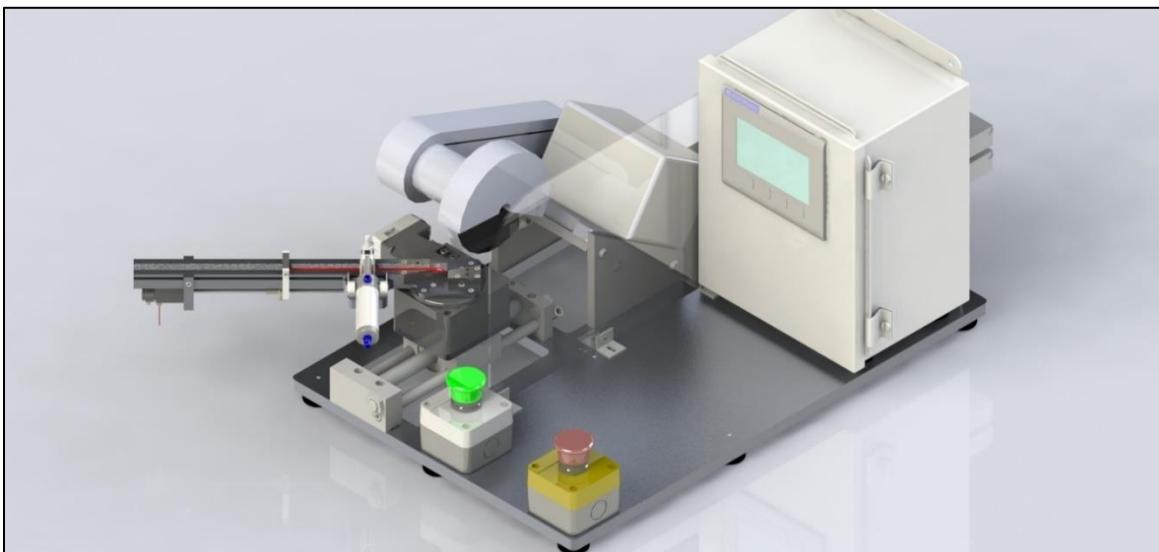


Figura 5.19. Ensamble final del sistema de corte de electrodos de retorno. Elaborado en SolidWorks 2013.

Durante todo el proceso de diseño descrito previamente, se estuvieron realizando esquemáticos con los diferentes modelos tridimensionales, para ir visualizando su funcionalidad. Por ejemplo, con los componentes seleccionados y piezas diseñadas se realizaron pruebas de corte de todos los tubos, para verificar que era posible su ejecución, un ejemplo de este esquemático se puede ver en la figura 5.20.

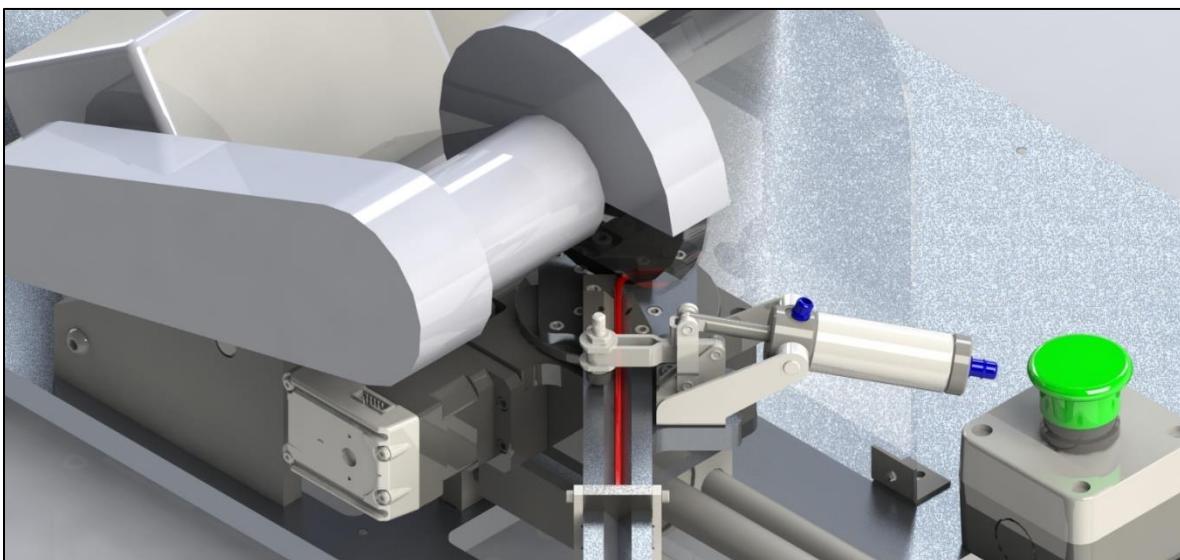


Figura 5.20. Esquemático de corte de tubo 02309. Elaborado en SolidWorks 2013.

5.5 Diseño del sistema de control

Para el diseño del sistema de control lo primero que se realizó fue seleccionar los controladores para los motores. En el caso del motor a pasos de la estación giratoria este se seleccionó de tipo “M-Drive”, el cual posee driver, controlador y encoder integrados en el mismo motor, además de 5 pines configurables como entradas o salidas digitales para comunicarse con un controlador externo. El M-drive posee su propio software de programación, el cuál es gratuito; con este, se pretende programarlo para movilizar la estación giratoria hacia una posición específica, de acuerdo al valor en binario que lea en sus pines configurables, cuyas señales vendrían del PLC.

En cuanto al motor a pasos del actuador lineal pequeño que moviliza el tope de ajuste, se elige un driver sencillo y de bajo costo, aprovechando que la potencia requerida por este motor es sumamente baja, por lo que un driver robusto no es necesario y únicamente incrementaría los costos del sistema.

Como se observa en la Figura 5.21 este recibe la alimentación del motor, una señal de pulsos correspondiente a la cantidad de pasos que se desea movilizar el motor y una señal digital que indica la dirección en que se quiere que se realice el movimiento, estas señales son enviadas por el PLC y condicionadas a través de un relé, ya que la sección de control del driver requiere señales de 5V y el PLC envía señales de 24V. A partir de estos datos el driver envía la señal condicionada al motor a pasos.

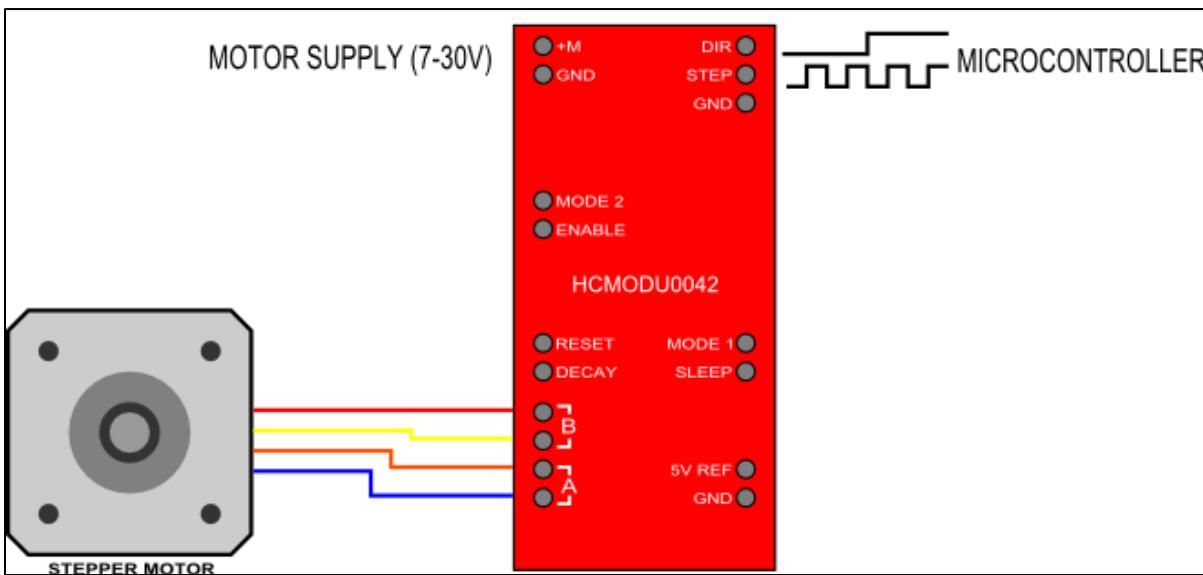


Figura 5.21. Diagrama de conexión del Easy driver [16].

Seguido a esto se procedió a seleccionar el PLC, para ello se tomaron en cuenta todos los actuadores y sensores elegidos, la cantidad de señales de entrada y salida que estos requerían, y el tipo de señal que necesitaban.

Tabla 5.1. Cantidad y tipo de señales que requieren los componentes del sistema. Fuente: Elaboración propia (2016)

Componente	Cantidad	# de señales digitales que recibe del PLC (Total)	# de señales digitales que envía al PLC (Total)	Detalles adicionales
HMI	1	0 (0)	0 (0)	Se comunica por ethernet con el PLC
Estación rotatoria	1	4 (4)	1 (1)	Posee 5 pines configurables como I/O
Electro Válvula	2	1 (2)	0 (0)	-
Final de carrera	2	0 (0)	1 (2)	-
Easy Driver	1	2 (2)	0 (0)	Requiere una señal de tren de pulsos (PTO)
Actuador lineal	1	0 (0)	0 (0)	Se comunica con el driver
Botón de inicio	1	0 (0)	1 (1)	-
Total		8	4	

A partir de la Tabla 5.1 se determina que el controlador debe poseer como mínimo 8 salidas digitales (de las cuales al menos una contenga la funcionalidad de modulación por tren de pulsos PTO), 4 entradas digitales y protocolo de comunicación vía ethernet. En base a los requerimientos mencionados se optó por seleccionar un PLC Micro850 2080LC5024QBB de Allen Bradley, el cual cuenta con 10 pines de salidas digitales (de los cuales 2 pueden ser configurables para modulación PTO), 14 entradas digitales y se

puede comunicar vía ethernet (ver Anexo B.5). Se ajusta a los requerimientos, su costo es muy accesible (459\$, Anexo B.7) y el software necesario para programarlo (Connected Components Workbench) es gratuito.

En cuanto a la pantalla, se seleccionó una PanelView 800 RT4T de Allen Bradley, la cual es de bajo costo (411\$, Anexo B.7) y puede ser programada mediante el mismo software gratuito que utiliza el PLC. Además, su interfaz es a color para darle una mejor estética al sistema y táctil para una mayor versatilidad en la creación de botones y listas.

Una vez seleccionados todos los componentes electrónicos se realizó la siguiente tabla para determinar los requerimientos de potencia del sistema.

Tabla 5.2. Requerimientos de potencia de los componentes seleccionados. Fuente: Elaboración propia (2016).

Componente	Cantidad	Descripción	V (V)	I (A)	W c/u (W)	W (W)	W Total (W)
PLC Micro 850	1	Micro 850, 28-24V DC/VAC Input, 14x 24V entradas DC s, 24V x 10 salidas DC.	24	0.30	7.20	7.20	58.56
HMI	1	PanelView 800, 4 pulg HMI Terminal, pantalla tactil TFT, puertos ethernet y seriales.	24	0.39	9.36	9.36	
Estación rotatoria	1	RT-3 Estación giratoria de 3 pulg. con driver, controlador y encoder integrados en el motor a pasos.	24	0.95	22.80	22.80	
Electro Válvula	2	Electro válvula de 4 vías para cilindros de doble efecto, un solo solenoide	24	0.15	3.60	7.20	
Final de carrera	2	Switch de estado sólido, sistema de tres cables PNP	24	0.10	2.40	4.80	
Relé	2	Relé para condicionamiento de señal	24	0.10	2.40	4.80	
Botón de Inicio	1	Switch tipo hongo, tipo momentáneo.	24	0.10	2.40	2.40	
Actuador lineal	1	Stepper motor with 6" lead screw	5	0.24	1.20	1.20	
Easy Driver	1	Driver para motor a pasos	5	0.07	0.35	0.35	1.55

A partir de la Tabla 5.2 se determina que se necesita una fuente de 24V que brinde una potencia superior a 58 W y una fuente de 5 V que brinde una potencia superior a 1.6 W, todo esto suponiendo el peor de los casos en el cual estarían todos los componentes

consumiendo su máximo de potencia simultáneamente. Se selecciona una fuente de 5 V-15 W y otra de 24 V-60W para cumplir con los requerimientos.

Habiendo determinado las fuentes y demás componentes, se procede a realizar los diagramas eléctricos del sistema, para lo cual se realizó la Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Conexiones eléctricas requeridas, AC, DC y del PLC. Fuente: Elaboración propia (2016).

Fase	Neutro	Tierra	24V +	24V -	5V +	5V -	Salidas PLC	Entradas PLC
Fuente 24V	Fuente 24V	Fuente 24V	PLC	PLC	Motor Lineal	Motor Lineal	Electro Válvula 1	Auto switch 1
Fuente 5V	Fuente 5V	Fuente 5V	HMI	HMI	Relé dirección	Relé dirección	Electro Válvula 2	Auto switch 2
Sierra	Sierra	Sierra	Electro Válvula 1	Electro Válvula 1	Relé Pulsos	Relé Pulsos	Rt-3 I/O 1	Botón Inicio
			Electro Válvula 2	Electro Válvula 2		Driver Motor Lineal	Rt-3 I/O 2	
			Rt-3	Rt-3			Rt-3 I/O 3	
			Auto switch 1	Relé dirección			Rt-3 I/O 4	
			Auto switch 2	Relé Pulsos			Relé Dirección	
			Botón Inicio				Relé Pulsos	

También, se seleccionaron las protecciones necesarias, que en este caso serían un fusible y un breaker, debido a que la red que suministra la energía cuenta únicamente con una fase. Con todos estos datos se realizan los diagramas de conexiones eléctrica de control y potencia que se observan en el Apéndice A.2. En la Figura 5.22 se puede observar la colocación de los diferentes componentes en el gabinete y en el Apéndice A.1 el dibujo de conjunto del ensamble del panel completo.

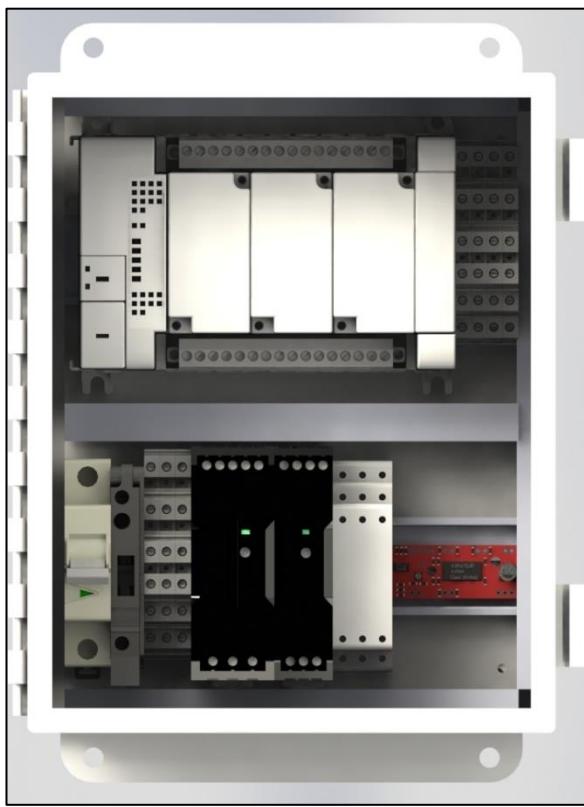


Figura 5.22. Vista del interior del panel de control. Elaborado en SolidWorks 2013.

5.6 Programación

Para la programación del sistema se utilizaron dos softwares, el “Connected Components Workbench” se utilizó para realizar los programas del PLC y la pantalla HMI, cuya programación se puede realizar en cualquiera de los siguientes lenguajes:

- Diagrama escalera.
- Texto estructurado.
- Diagrama en función de bloques.

Para la programación de la estación giratoria se utilizó el software “SEM Terminal” creado para el “Mdrive stepper motor” con el que cuenta la estación giratoria, este utiliza un código basado en texto estructurado llamado “MCode”.

5.6.1 Programa para la ejecución del corte.

Este programa se realizó con diagrama escalara, para la lógica de este, se elaboró el diagrama de flujo que se observa en el Apéndice A.4. Para ejecutar el sistema la

pantalla de la HMI debe encontrarse en el modo de “Menú Principal” que se muestra en la Figura 5.23, cumpliendo con este requisito el operario únicamente debe presionar el botón verde para ejecutar el corte de los tubos.

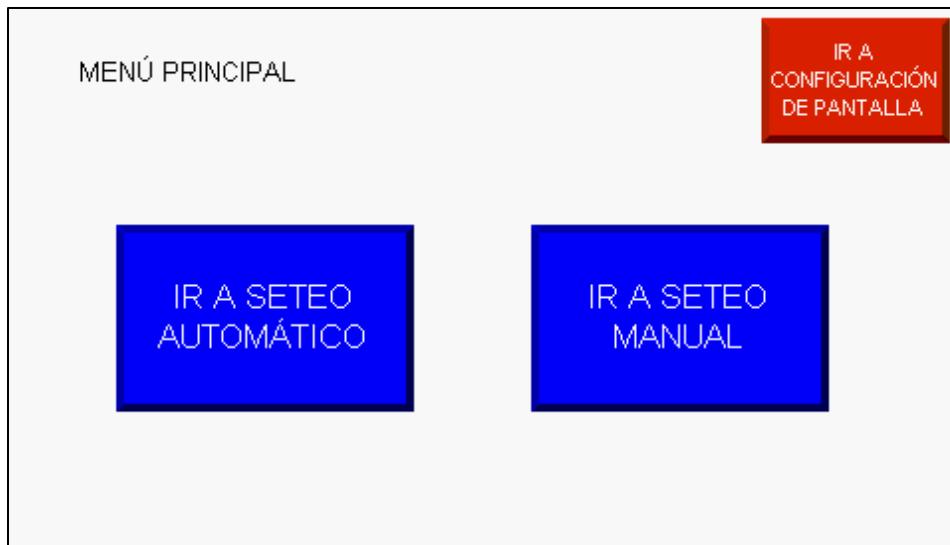


Figura 5.23. Pantalla HMI en modo "Menú Principal". Elaborado en Connected Components Workbench.

5.6.2 Programa para el seteo automático de la máquina

La primera parte de este programa cuenta con la programación del seteo automático del ángulo, la cual se realizó mediante texto estructurado esto por la facilidad de comparar las diferentes variables con sus valores. Este programa se activará cuando se presione el botón “IR A SETEO AUTOMÁTICO” que se muestra en la Figura 5.23, y al presionarlo se abrirá la pantalla que se observa en la Figura 5.24.

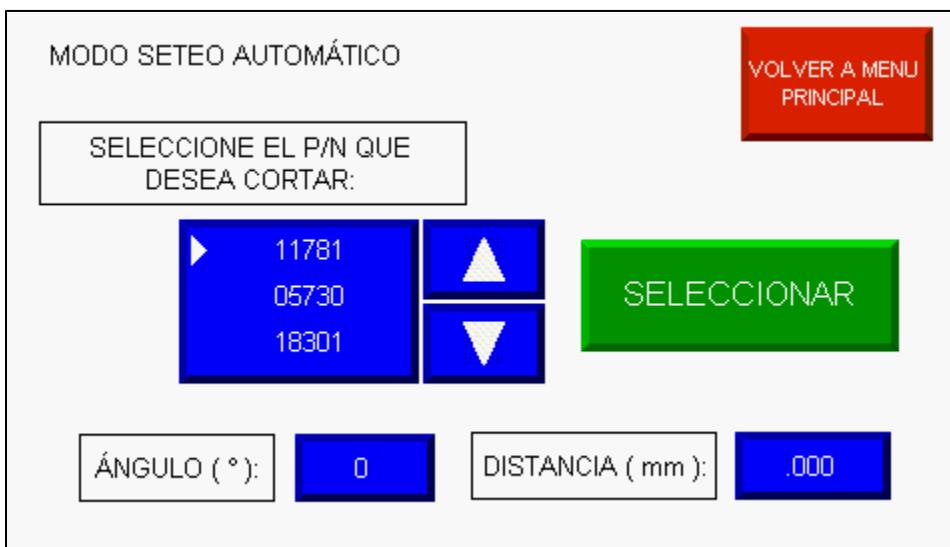


Figura 5.24. Pantalla HMI en modo "SETEO AUTOMÁTICO". Elaborado en Connected Components Workbench.

En esta pantalla el operario deberá seleccionar de la lista el P/N (número de tubo) que desea cortar, los 20 tubos se colocaron en la lista en orden descendente, empezando por el que se corta con más frecuencia hasta el que se corta con menos frecuencia para agilizar así el proceso de selección por parte del operario. Una vez seleccionado el tubo, el operario debe presionar el botón de “SELECCIONAR”. Seguido a esto el programa leerá el valor que se encuentra en la lista y asignará el valor correspondiente de ángulo y distancia para ese tubo (mismos valores de la Tabla 1.1), como se puede observar en el Apéndice A.6. Luego según sea el valor de ángulo correspondiente el PLC enviará una señal a la estación giratoria con un código en binario de 4 dígitos (utilizando 4 salidas digitales del PLC) como se muestra en el diagrama de flujo del Apéndice A.5.

La segunda parte se realizó en el software de SEM TERMINAL que posee el motor a pasos de la estación giratoria, en este se creó un programa que actúe según el código binario que le llegue, y genere la cantidad de pasos necesarios para que la estación giratoria se mueva al ángulo solicitado, un segmento del programa se puede observar en el Apéndice A.7.

Finalmente, se aprovechó la funcionalidad de crear ejes de movimiento en el software “Connected Components Workbench”, elaborando un eje llamado “Eje_largo” el cual se utilizará para mover el tope a la distancia de largo requerida, una vez configurado el eje según las capacidades que posee el motor a pasos con tornillo sin fin seleccionado, se utilizan bloques de funciones de movimiento absoluto pre programados que lo único que requieren es del valor de distancia en mm deseado, y conforme al valor y a la configuración de las características del motor, el PLC enviará el tren de pulsos necesario para realizar el movimiento deseado. Estas configuraciones se pueden observar en el Apéndice A.8.

5.6.3 Programa para el seteo manual de la máquina

Este programa se activará cuando el usuario seleccione el botón “IR A SETEO MANUAL” de la Figura 5.23, al hacerlo se abrirá la pantalla que se muestra en la siguiente Figura.

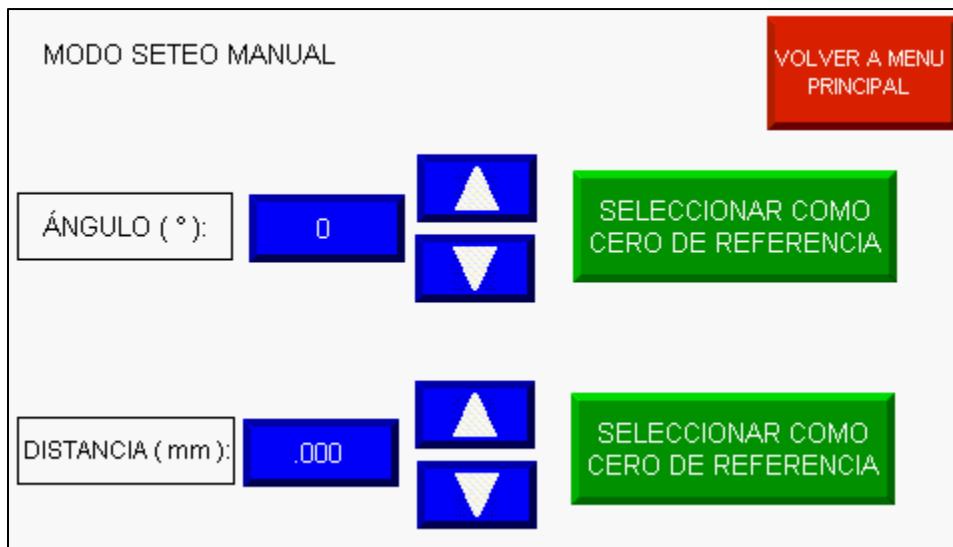


Figura 5.25. Pantalla HMI en modo "SETEO MANUAL". Elaborado en Connected Components Workbench.

Este modo de seteo manual es fundamental para la calibración inicial de la máquina, la cual deberá ser realizada una vez al año o en el momento que sea necesario (si por alguna razón se están teniendo resultados de corte incorrectos), para ello el operario deberá mover el ángulo de la estación giratoria hasta el punto de referencia (como se describe en el apartado 5.2), deberá utilizar las flechas que se encuentran a lado del valor del ángulo, y una vez que haya llegado al valor deseado deberá presionar el botón de “SELECCIONAR COMO CERO DE REFERENCIA” que se encuentra al lado derecho de las mismas. Para setear el cero de referencia correspondiente a la distancia (largo del tubo), se debe seguir el mismo procedimiento descrito anteriormente. Para realizar estos movimientos incrementales el programa utilizará una función de bloque de movimiento relativo como la que se muestra en el Apéndice A.8.

5.7 Diseño del puesto de corte

En la empresa se cuenta con unas mesas llamadas “Downdraft”, como la que se observa en la Figura 5.23, estas cuentan con un sistema de extracción en su superficie y se utilizan en todos los procesos sucios como lo es el de corte de tubos.

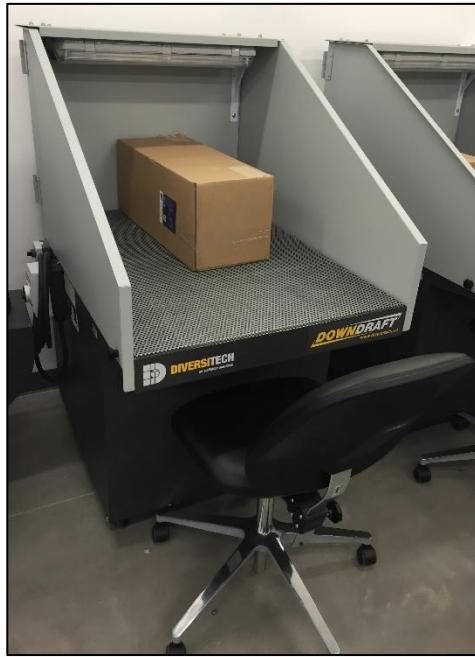


Figura 5.26. Mesa de extracción "Downdraft" sobre la cual va colocado el sistema de corte.

Sobre esta se debe colocar la máquina diseñada, además, se deben colocar dos cajas llamadas “bines”, una contiene los tubos doblados que se deben cortar y en la otra se colocan los tubos ya cortados. En base a las dimensiones de la mesa de extracción, se diseñó el tamaño y la forma en que se colocaran los componentes de la máquina de manera que en los 762 mm de ancho con los que cuenta la downdraft hubiera espacio para colocar la máquina (381 mm de ancho) y los dos bines (100 mm de ancho). En la base de la maquina se dejó un espacio libre por dos motivos, el primero, alejar el panel de control y la pantalla HMI de la zona de corte para evitar que estos se ensucien (además del acrílico que se colocó como barrera para el paso del polvo) y la segunda razón fue para colocar el bin con los tubos que se deben cortar en ese espacio, como se observa en la Figura 5.25.

A partir de la colocación de todos los elementos que se observan en la Figura 5.24, el operario debe proceder a cortar los tubos de la siguiente manera:

1. Tomar el tubo del bin que se encuentra a su derecha, sobre la máquina y colocarlo sobre la pieza “Shaft Cutting Base” (Ver Apéndice A.1).
2. Presionar el botón verde.
3. Retirar el tubo (una vez haya finalizado el corte) y colocarlo en el bin que se encuentra a su izquierda.

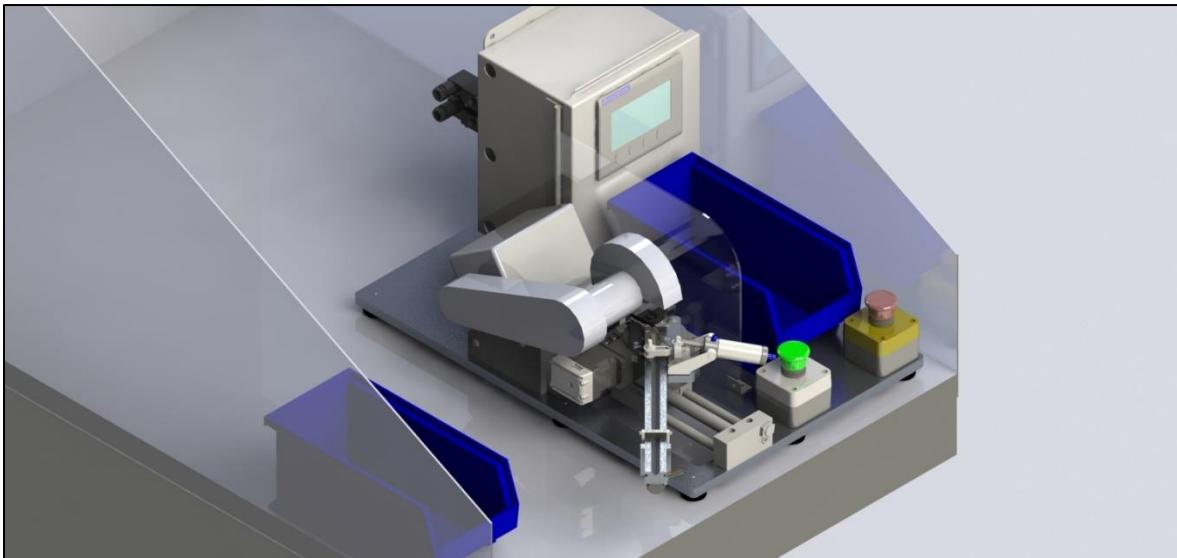


Figura 5.27. Visualización del puesto final de trabajo. Elaborado en SolidWorks 2013.

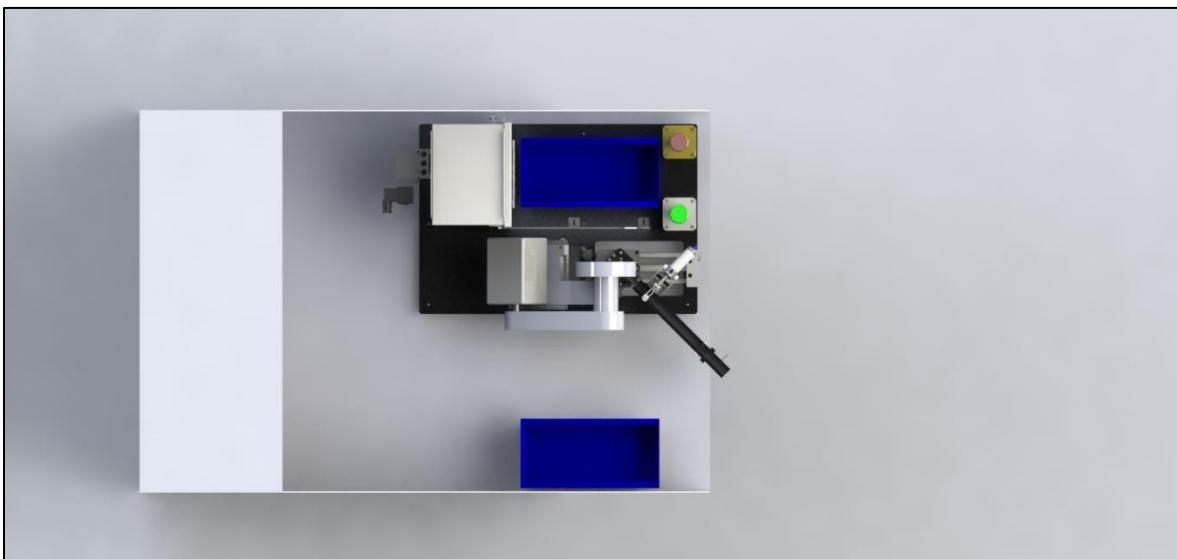


Figura 5.28. Vista superior del puesto final de trabajo. Elaborado con SolidWorks 2013.

5.8 Construcción del prototipo

Para el proceso de fabricación del prototipo se utilizaron componentes sobrantes de otros proyectos como tornillería, fuentes, acoples neumáticos, entre otros. Además, se compraron los componentes restantes y necesarios para la construcción de un prototipo que permitiera verificar la solución propuesta. También, se enviaron los planos de construcción a un taller para la respectiva fabricación de todas las piezas maquinadas.

Una vez obtenidos todos los componentes y piezas requeridas para la elaboración del prototipo, se procedió a realizar el ensamblaje y ajustes del mismo. Seguido a esto se

realizaron todas la conexiones electrónicas y neumáticas del sistema. En la Figura 5.32 se observan imágenes del proceso de elaboración del prototipo.



Figura 5.29. Proceso de construcción del prototipo.

Luego, se procedió a cargar los archivos de programación necesarios para la ejecución de la máquina. Para iniciar con la sesión de pruebas y verificación de funcionamiento esta se colocó en el puesto diseñado para el corte de electrodos de retorno como se observa en la Figura 5.31.



Figura 5.30. Prototipo en puesto de trabajo propuesto

Se utilizaron diferentes electrodos de retorno que ya hubieran pasado por el proceso de doblez previo, para realizar pruebas de corte con el prototipo de la solución propuesta. En la Figura 5.32 se muestra una secuencia del proceso de corte propuesto desde que se coloca el tubo en la máquina hasta que es depositado en el “bin” de tubos cortados. Obteniendo de esta forma resultados exitosos.



Figura 5.31. Proceso de ejecución de corte utilizando el prototipo de la solución propuesta.

En la Figura 5.33 se muestran los resultados de algunas de estas pruebas, mostrando el tubo doblado previo al corte, y el mismo tubo con la cara cortada en el ángulo requerido luego del proceso de corte, verificando que es posible realizar el corte de los electrodos de retorno con la solución propuesta.



Figura 5.32. Electrodos de retornos 22314, 02547, 02446 respectivamente. Antes y después de ser cortados.

6. Análisis de la solución y resultados

6.1 Análisis de estandarización de medidas

La dimensión de largo más crítica con la que cuenta el proceso de corte es de $5.965 \pm .015$ pulg ($151.511 \pm .381$ mm) perteneciente al tubo 03977 de la Tabla 1.1, sin embargo, la mayoría de tubos poseen tolerancias iguales o superiores a ± 0.05 pulg (± 1.27 mm). Con el actuador lineal seleccionado para ajustar el tope que da la dimensión de largo del tubo (E21H4U-05-A32) se pueden dar avances de 0.0015 mm con una precisión de 0.0127 mm por paso (Ver Anexo B.2), tomando como ejemplo la dimensión de largo más crítica, esta la podríamos alcanzar dando 101007 pasos, llegando a un valor muy cercano al nominal (151.5105 mm) a tan solo 0.0005 mm del mismo y reduciendo de esta forma la tolerancia tan grande con la que se contaba el tubo a una nueva de 151.511 ± 0.0132 mm.

Suponiendo el peor de los casos, en el que para llegar al valor exacto hagan falta 0.99 pasos (0.00149 mm) se llegaría a tener una tolerancia de $X \pm 0.0142$ mm, así que se puede generalizar que la tolerancia máxima del ajuste del largo de la solución propuesta sería de ± 0.0142 mm.

La estación rotatoria posee una resolución de 0.29 arc-seg (0.0001°), una precisión de 70 arc-seg (0.0194°), así que se pueden alcanzar todos los valores nominales de ángulo de corte de la Tabla 1.1 con una tolerancia general de 0.0194° .

Tabla 6.1. Comparativa entre tolerancias del proceso actual de corte vs tolerancia del proceso de corte con la solución propuesta. Fuente: Elaboración propia (2016).

Tolerancias	Valor de tolerancia mínima proceso actual	Valor de tolerancia máxima de solución propuesta
Largo de tubo	± 0.381 mm	± 0.0142 mm
Ángulo de corte	$\pm 1^\circ$	$\pm 0.0194^\circ$

Como se puede observar en la Tabla 6.1, en la solución propuesta se puede alcanzar la dimensión nominal del largo con una reducción en tolerancia del 96% respecto a la mínima del proceso actual, y en la dimensión del ángulo de corte se puede

alcanzar el valor nominal con una reducción en la tolerancia del 98% respecto a la mínima del proceso actual.

6.2 Análisis de productividad

En el Apéndice A.9 se pueden observar los tiempos del proceso actual de corte, además, la Tabla 6.3 muestra una comparativa entre el valor promedio de los tiempos actuales y un estimado de los tiempos con el nuevo proceso. Para la estimación del tiempo de seteo de la máquina, se realizaron pruebas con las acciones que tiene que hacer el operario en la nueva solución, lo cual sería seleccionar en la pantalla táctil el P/N del tubo que se desea cortar y presionar el botón de “SELECCIONAR”, los 20 s que se tardo fue suponiendo el peor de los casos en el que el operario debe seleccionar el último tubo de la lista.

En cuanto a la estimación del tiempo de la ejecución del corte como tal, se encontraron equivalencias entre el procedimiento actual y el nuevo con la solución propuesta, como se observa en la Tabla 1.2. El paso 1 y 4 son iguales por lo que el tiempo de ejecución será el mismo, el paso 2 varía únicamente el tipo de actuador por lo que se puede estimar que el tiempo de activación se mantiene, el paso 3 si varía significativamente ya que pasa de ser realizado por el operario a ser realizado por un pistón, sin embargo para que la calidad final del corte se mantenga la velocidad del movimiento de la sierra hacia el tubo en el proceso actual y la velocidad del movimiento del tubo hacia la sierra del proceso nuevo debe ser similar, por lo que se puede asumir que el tiempo de ejecución de esta etapa será el mismo.

Tabla 6.2. Equivalencias entre proceso actual de ejecución de corte y proceso nuevo con la solución propuesta.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Paso	Etapa proceso actual	Etapa de solución propuesta
1	Colocar tubo de bin en fixture.	Colocar tubo de bin en fixture.
2	Presionar Pedal.	Presionar Botón.
3	Corte manual, operario moviliza sierra hacia el tubo.	Corte automático, pistón moviliza tubo hacia la sierra.
4	Retirar tubo de fixture a bin.	Retirar tubo de fixture a bin.

El proceso actual cuenta con dos etapas al finalizar de cortar todos los tubos, las cuales son: una de inspección de largo y otra de inspección de altura del 100% de los tubos, esto es debido a lo manual del proceso y lo difícil de validar que el resultado final

este correcto, ya que siempre depende del operario que setee la máquina de forma correcta y ejecute el corte adecuadamente. Sin embargo, al realizar estas acciones de manera automática, mediante el uso de una máquina como se muestra en la solución propuesta, es posible validar que el resultado final del proceso siempre se va a encontrar dentro de los rangos aceptables de medidas. Más aún, si se consideran las tolerancias tan pequeñas que puede dar el proceso nuevo en comparación con las grandes tolerancias que poseen las dimensiones de los tubos. Es por esto que se podría eliminar la inspección de dimensiones después del proceso de corte y únicamente dejar la inspección de medidas del final de la manufactura de los tubos (luego de doblado, corte, desbaste, ponchado de los tubos).

Tabla 6.3. Comparativa entre tiempos del proceso actual de corte vs tiempos del proceso de corte con la solución propuesta. Fuente: Elaboración propia (2016).

Tiempos	Valor de tiempo proceso actual (s)	Valor de tiempo estimado de solución propuesta (s)	Valor de tiempo proceso actual en un lote de 2000 tubos (s)	Valor de tiempo estimado de solución propuesta en un lote de 2000 tubos(s)
Seteo de la Máquina	120.00	20.00	120.00	20.00
Corte de tubo	4.59	4.59	9180.00	9180.00
Verificación de largo	2.87	0.00	5740.00	0.00
Verificación de altura	2.63	0.00	5260.00	0.00
Tiempo total de proceso de corte en un lote de 2000 tubos			20300	9200

El tiempo del seteo de la maquina se redujo en un 84% si embargo este al darse una sola vez previo a correrse un lote no tiene impacto significativo en el tiempo final. Como se observa en la Tabla 6.3 el peso en la reducción de tiempo en el proceso corte es gracias a la eliminación de la inspección en esta etapa. Obteniendo como resultado una reducción del 55% en el tiempo total del proceso de corte.

6.3 Análisis de seguridad

Respecto a la seguridad, el proceso actual no cuenta con ninguna protección correctiva ante un eventual accidente, como lo sería un botón de emergencia para detener la sierra inmediatamente. Más aun tomando en cuenta que el operario está en contacto directo con la sierra, ya que este la acciona manualmente. La solución propuesta aísla totalmente la sierra del operario, evitando así todo tipo de interacción, además posee una cubierta de acrílico a su alrededor que permite únicamente el paso

del fixture con el tubo y no permitiría el acceso de alguna otra parte como un dedo. Finalmente, este también cuenta con un paro de emergencia que inmediatamente interrumpiría el flujo de corriente hacia la sierra. En la Tabla 6.4 se puede observar como la solución propuesta atiende a todas las deficiencias en seguridad laboral con las que contaba el proceso actual de corte.

Tabla 6.4. Comparativa de elementos de seguridad laboral entre proceso actual y solución propuesta. Fuente: Elaboración propia (2016).

Actividad de Seguridad	Proceso Actual	Solución propuesta
Extracción de partículas	Si	Si
Lentes de Seguridad	Si	Si
Botón de emergencia	No	Si
Contacto directo con la sierra	Si	No
Sujeción neumática del tubo	Si	Si
Acrílico de Protección	No	Si

6.4 Análisis económico

La inversión total para la construcción de la solución propuesta es de 5614\$ (Ver Apéndice A.11), una manera de ver el retorno de la inversión sería en el impacto directo del producto rechazado. En el Apéndice A.5 se muestra una tabla con la cantidad de tubos 45998 rechazados en el proceso de grabado con láser, este proceso falla debido a que viene hecho para ser utilizado en medidas nominales de los tubos, sin tomar en cuenta las grandes tolerancias que posee el proceso actual, como se describió en el Apartado 1.2. En el apartado 6.3 se demostró que los rangos de tolerancias se reducen en más de un 90%, por lo que se estaría solucionando el problema de rechazo de producto en el proceso de grabado con láser. El producto rechazado en esta etapa es el electrodo de retorno final, ya habiendo pasado por todos los procesos del cuarto de “shaft bending”, así que su precio no depende únicamente del material sino de la mano de obra invertida en el mismo, por políticas de confidencialidad no se puede utilizar el valor real del tubo, sin embargo, se utilizara un estimado de 1,1\$ cada tubo. Como se observa en la Tabla 10.5 se rechazaron 1061 unidades de 28895 producidas en los últimos 4 meses, esto representa un 4% de rechazo en un producto nuevo cuya producción va a ir aumentando. El ahorro por rechazo de tubos 45598 en el proceso de grabado con láser se puede determinar con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{Ahorro mensual por rechazo de tubo } 45598 &= \frac{\# \text{ tubos rechazados} \times \text{valor de tubo}}{4} \\
 &= \frac{1061 \times 1.1}{4} = 292\$
 \end{aligned}$$

Con este valor podemos calcular el tiempo de retorno de la inversión inicial, relacionado con el rechazo generado en uno de los 20 tubos por la falta de estandarización de medidas. Esto se demuestra en la siguiente ecuación.

$$\text{Tiempo de retorno de inversión} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro mensual}} = \frac{5614}{292} \approx 19 \text{ meses}$$

Es importante destacar que este ahorro es únicamente relacionado con uno de los 20 tubos diferentes que corta la máquina, por lo que probablemente el ahorro sea mucho mayor, sin embargo, no se cuentan con métricas para saber cuántos tubos son rechazados en “shaft bending” debido a el proceso de corte, sino únicamente la cantidad de tubos que son rechazados en el cuarto en general.

Además, haciendo un análisis respecto a la mejora de la productividad que en el apartado 6.2 se demostró que se reduce el tiempo de proceso de corte en un 55%, 5.5 segundos por tubo, equivalente a la suma del tiempo que se tarda en la inspección del largo y altura de los mismos. Tomando en cuenta el dato de la cantidad de tubos que se han cortado en un lapso cercano a un año (1 147 522 tubos) se puede calcular la cantidad de tiempo que ahorraría la nueva solución en un año a partir de la siguiente ecuación.

$$T \text{ ahorrado en un año} = \# \text{ de tubos} \times T \text{ ahorrado por tubo} = 1147522 \times 5.5 = 6\,311\,371 \text{ s}$$

Los 6 311 371 segundos calculados equivalen a un total de 1 753 horas, horas que podrían ser invertidas en el cuello de botella del proceso que sería la inspección final de los electrodos de retorno, aumentando así la capacidad de producción del cuarto y evitando pagos por horas que pueden ser reducidas. Este tiempo junto con otras medidas de mejora que se están realizando en el cuarto, podría inclusive llegar a eliminar el turno 3 (de 10pm a 6am) que se corre actualmente para lograr tener la producción de tubos requerida. Turno que es sumamente costoso y cuya eliminación representaría un alto beneficio económico para la empresa.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

- El modelo tridimensional del sistema elaborado, permite visualizar la solución completa y simular todos los desplazamientos de los distintos ejes de la máquina.
- Los planos de conjunto, construcción, diagramas neumáticos, eléctricos y los documentos de programación permiten la construcción total del sistema de corte propuesto.
- Las subrutinas programadas permiten realizar automáticamente el corte de los diferentes tubos.
- La interfaz de usuario diseñada es intuitiva para el operario y se puede ejecutar en un tiempo menor a 20 s.
- El prototipo creado permite corroborar el funcionamiento de la solución planteada.
- Con el nuevo diseño del sistema de ejecución de corte, se reduce la exposición del operario a la sierra.
- El nuevo sistema mejora la seguridad ocupacional del operario.
- El sistema diseñado para la automatización del proceso mejora la estandarización de medidas, reduciendo las tolerancias en más de un 96% respecto a las del proceso actual.
- El sistema mecatrónico diseñado mejora la productividad actual del proceso en más de un 55%.

7.2 Recomendaciones

- Prever un tiempo de imprevistos superior a un mes, en caso de fabricar un prototipo que requiera componentes importados.
- Recomendar a la empresa tomar datos más específicos en el cuarto de “shaft bending” relacionados con el proceso culpable de que se rechace una pieza.
- Siempre tomar en cuenta que, si una carga no se encuentra centrada sobre el eje, la inercia de la misma va a aumentar significativamente, requiriendo sistemas más robustos y elevando los costos.
- Tener presente en todo momento, la forma en que se va a ensamblar y desensamblar el equipo para facilitar reparaciones y mantenimiento del mismo.
- Asegurarse que los componentes seleccionados, no requieran accesorios extras, como cables para la comunicación, difíciles de conseguir en el país.
- Siempre analizar varias alternativas previo a elegir una solución y estar constantemente realizando retroalimentación al diseño.

8. Bibliografía

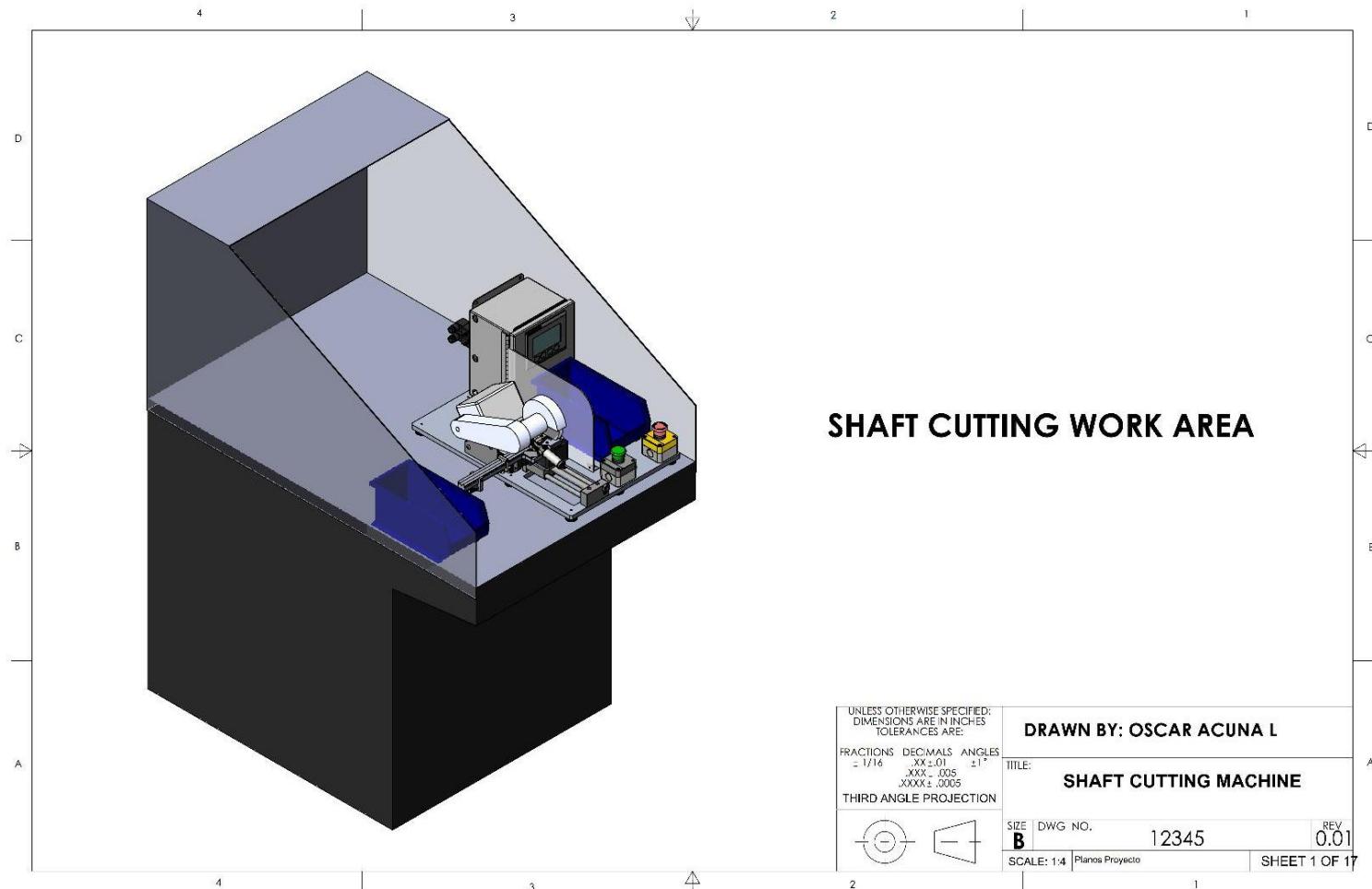
- [1] Smith-Nephew. (2016). COBLATION™ EVAC™ 70 XTRA Brochure. Disponible en:
http://www.smith-nephew.com/global/assets/pdf/products/surgical/ent/evac70_xtra_brochure_13589j.pdf [Accesado el 10 jul. 2016].
- [2] Smith-Nephew. (2016). Coblation Technology. Disponible en: <http://www.smith-nephew.com> [Accesado el 12 jul. 2016]
- [3] Guru, B., & R. Hiziroglu, H. Máquinas eléctricas y transformadores (3^a ed.). Alfaomega.
- [4] J. Fraden, Handbook of modern sensors physics, designs and applicaions, Springer-Verlag, 3rd edition, 2003.
- [5] Villamil, E & García, M. (2003) Introducción al proyecto de ingeniería. Universidad Nacional de Buenos Aires. Obtenido de
http://materias.fi.uba.ar/6612/archives/Libro_materia.pdf
- [6] Stephens, L. The Significance of Load to Motor Inertia Mismatch. Kollmorgen Motion Technologies. Obtenido de
http://www.kollmorgen.com/uploadedFiles/kollmorgencom/Service_and_Support/Knowledge_Center/White_Papers/KOL_MotorInertiaMismatch_Brief_08_12_10.pdf
- [7] Armstrong, R. Load to Motor Inertia Mismatch: Unveiling The Truth. Kollmorgen Motion Technologies. Obtenido de <http://www.diequa.com/download/articles/inertia.pdf>
- [8] Rockwell Automation. Software Connected Components Workbench™. Obtenido de
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/cc-pp001_-es-p.pdf
- [9] Allen-Bradley. Micro830 and Micro850 Programmable Controllers User Manual. Obtenido de
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2080-um002_-en-e.pdf

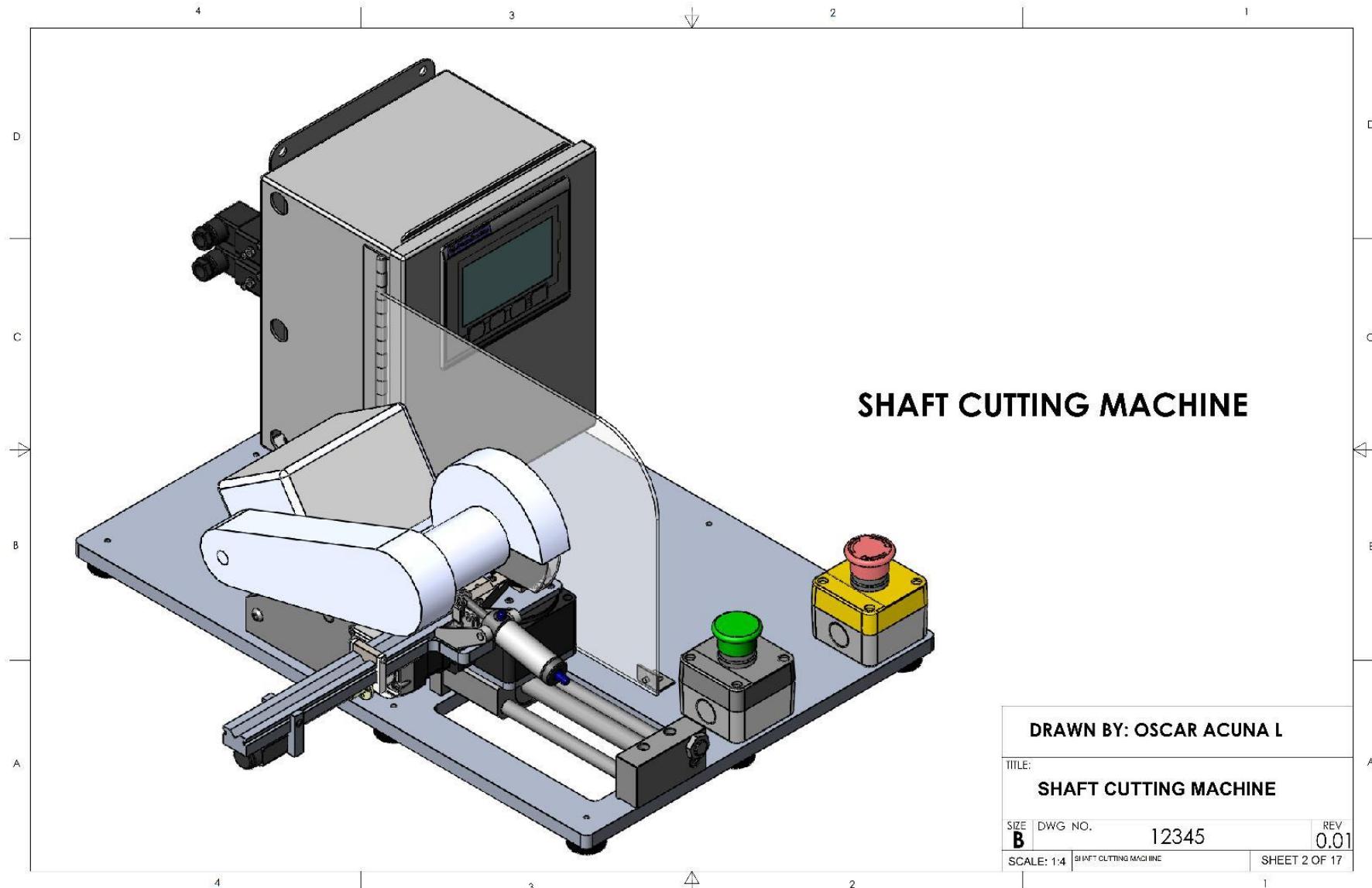
- [10] Dieter, G. E., & Schmidt, L. C. (2009). Engineering Design. Nueva York, NY, Estados Unidos: McGraw-Hill.
- [11] Chavez, S. (2015). TESIS: PROPUESTA Y APLICACIÓN DE UN MÉTODO DE DISEÑO INSPIRADO EN LA NATURALEZA. UNAM Mexico. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/7629/3/Tesis.pdf>
- [12] Physik Instrumentes. N-310 NEXACT® OEM Miniature Linear Motor / Actuator. N-310 NEXACT® OEM Miniature Linear Motor / Actuator. Obtenido de <https://www.physikinstrumente.com/en/products/linear-stages-and-actuators/compact-stages-with-piezowalk-stepping-drive/n-310-nexact-oem-miniature-linear-motor-actuator-1000700/>
- [13] Ametek motion linear systems. 21000 SERIES SIZE 8 STEPPER MOTOR LINEAR ACTUATOR. Size 8 Stepper Motor Linear Actuator. Obtenido de <http://www.haydonkerk.com/LinearActuatorProducts/StepperMotorLinearActuatorS/LinearActuatorsHybrid/Size8LinearActuator/tabid/74/Default.aspx>
- [14] SBR Belt Everman n.d. Bell-Everman Servo Rotary Stages. ServoBelt Rotary Stage (SBR). Obtenido de <http://www.bell-everman.com/products/rotary-positioning/servobelt-rotary-stage>
- [15] Newmark Systems. RT-3 Motorized Rotary Stage. RT-3 Motorized Rotary Positioner: Rotary Stage. Obtenido de <http://www.newmarksystems.com/rotary-positioners/rt-3-motorized-rotary-stage/>
- [16] Hobbytronics. EasyDriver Stepper Motor Driver | ROB-12779 | SparkFun. Retrieved September 8, 2016, from <http://www.hobbytronics.co.uk/easydriver-stepper-motor>
- [17] Allen Bradley. Motion Control. Obtenido de <http://ab.rockwellautomation.com/Motion-Control>
- [18] Schneider-electric. Programming and Software Reference for MCode. Retrieved October 10, 2016, from <http://motion.schneider-electric.com/downloads/manuals/MCode.pdf>

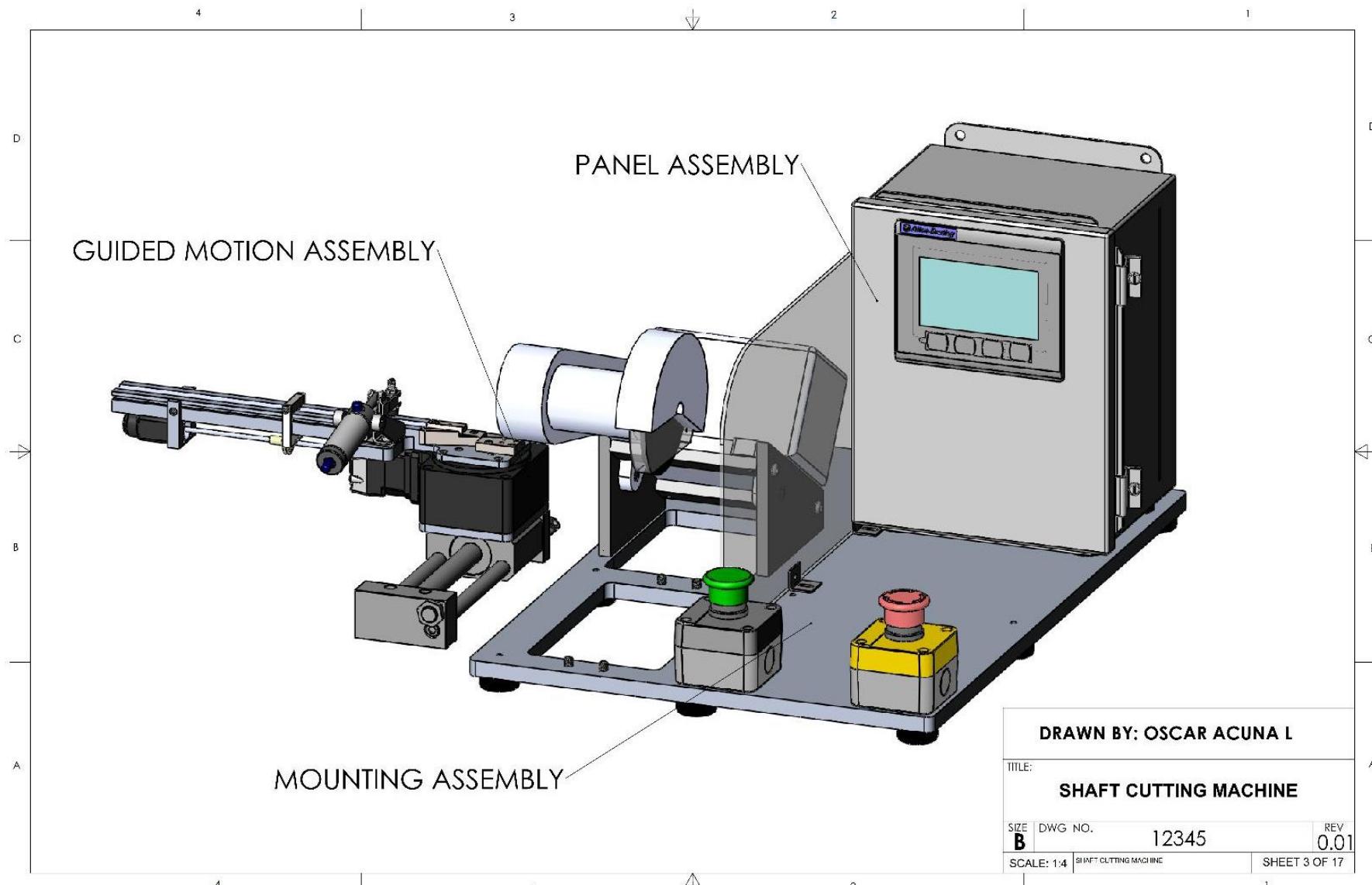
9. Apéndices y anexos

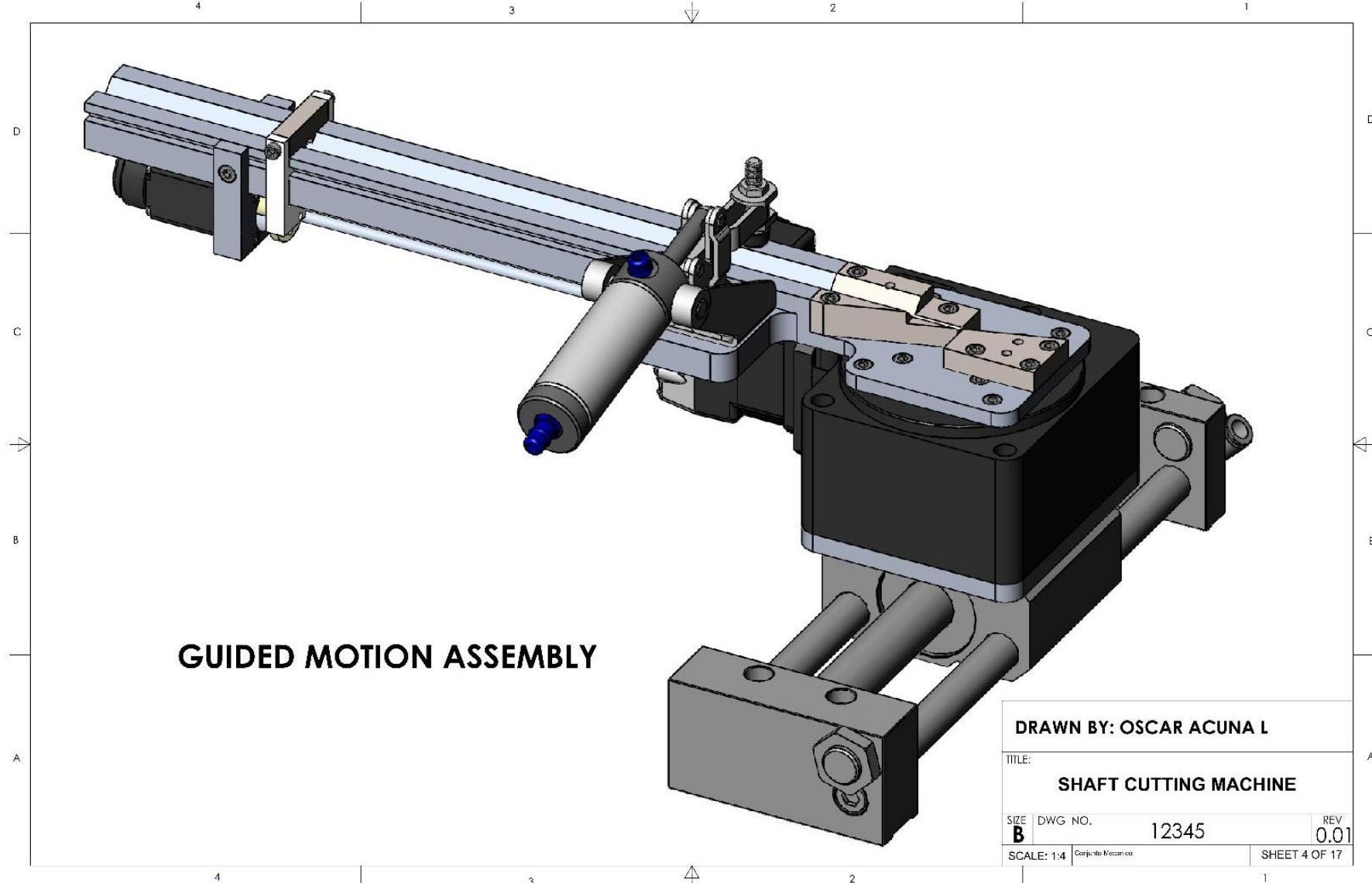
9.1 Apéndices

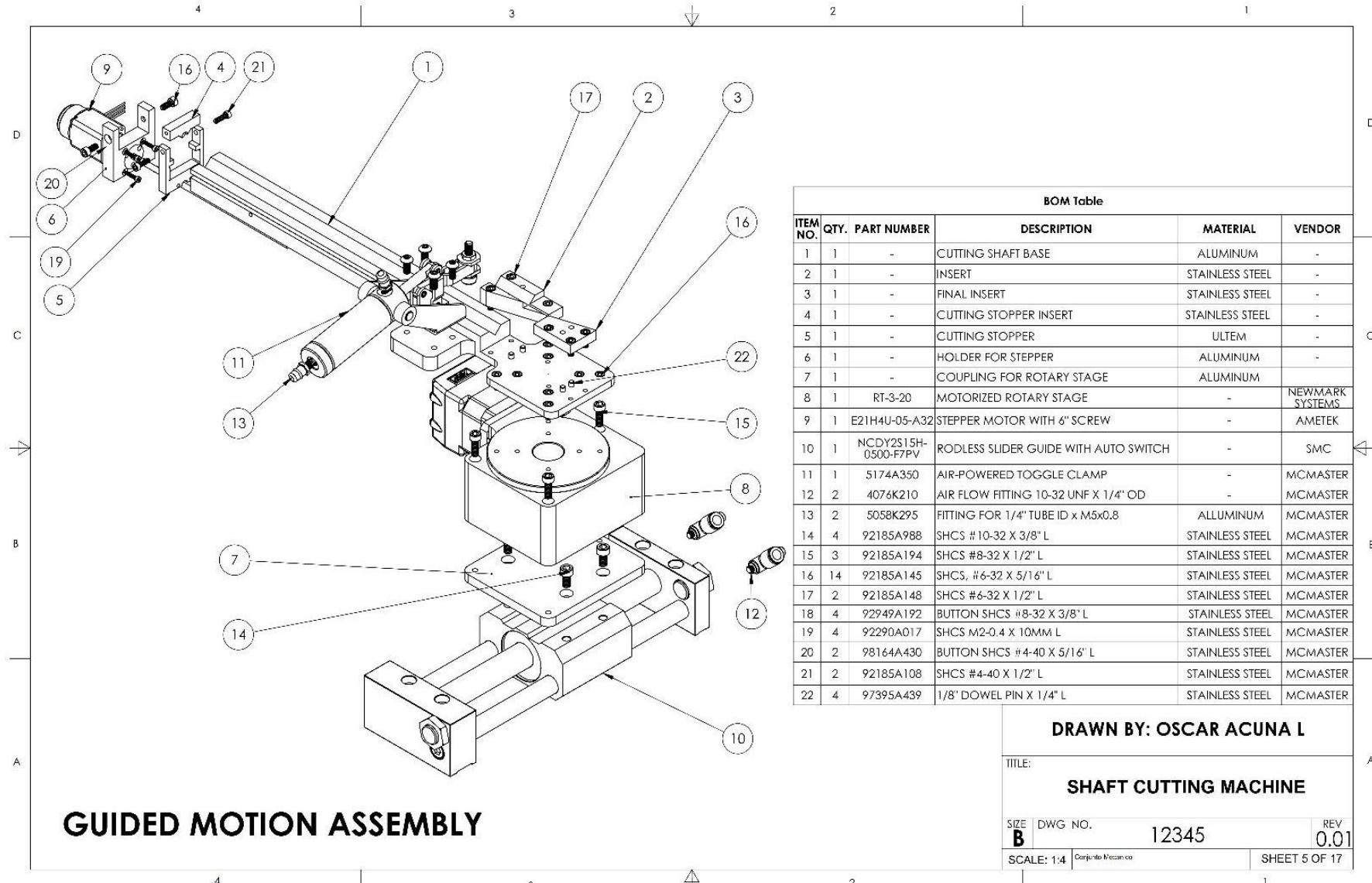
9.1.1 Apéndice A.1 Planos de conjunto de la solución

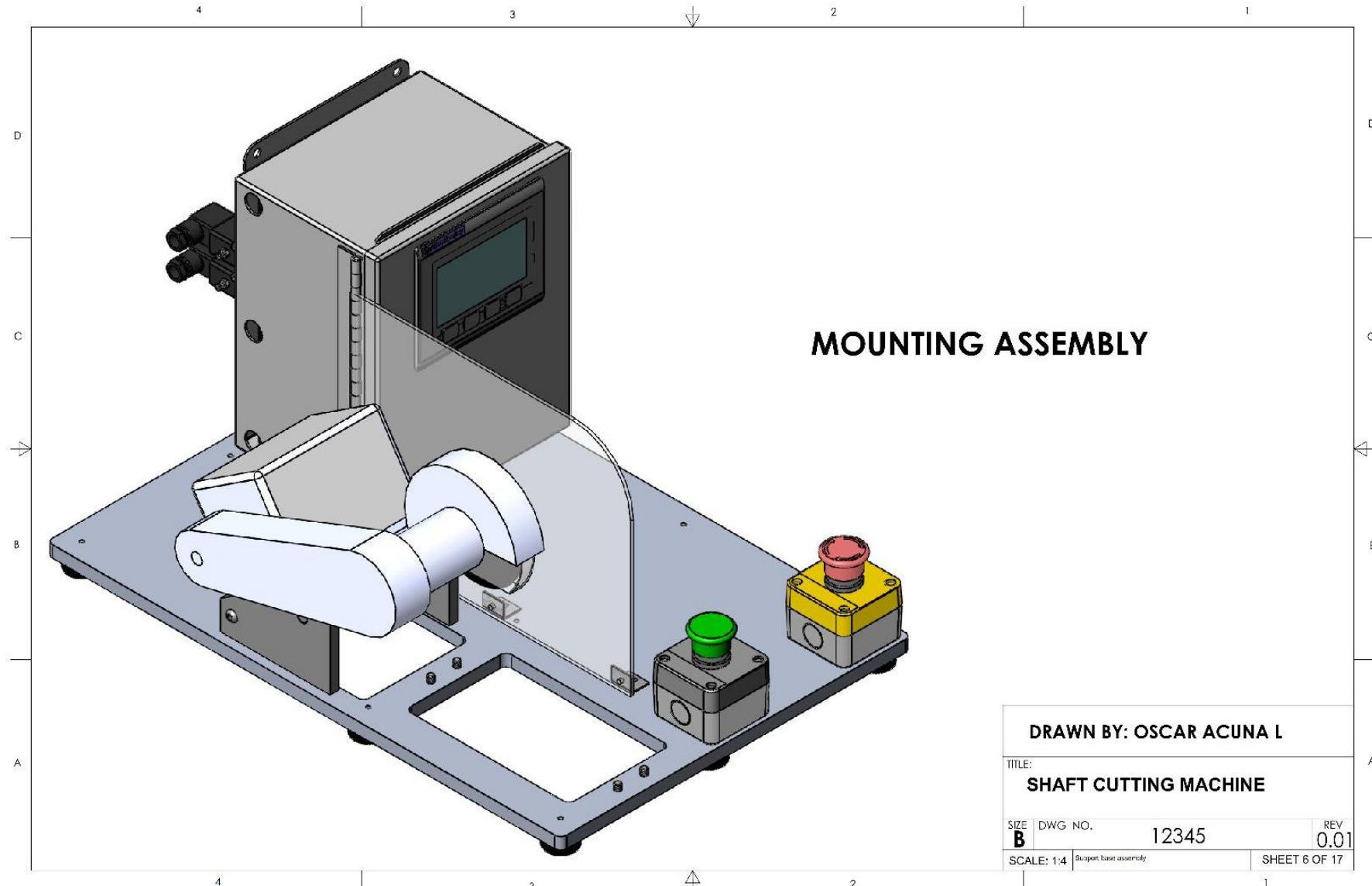


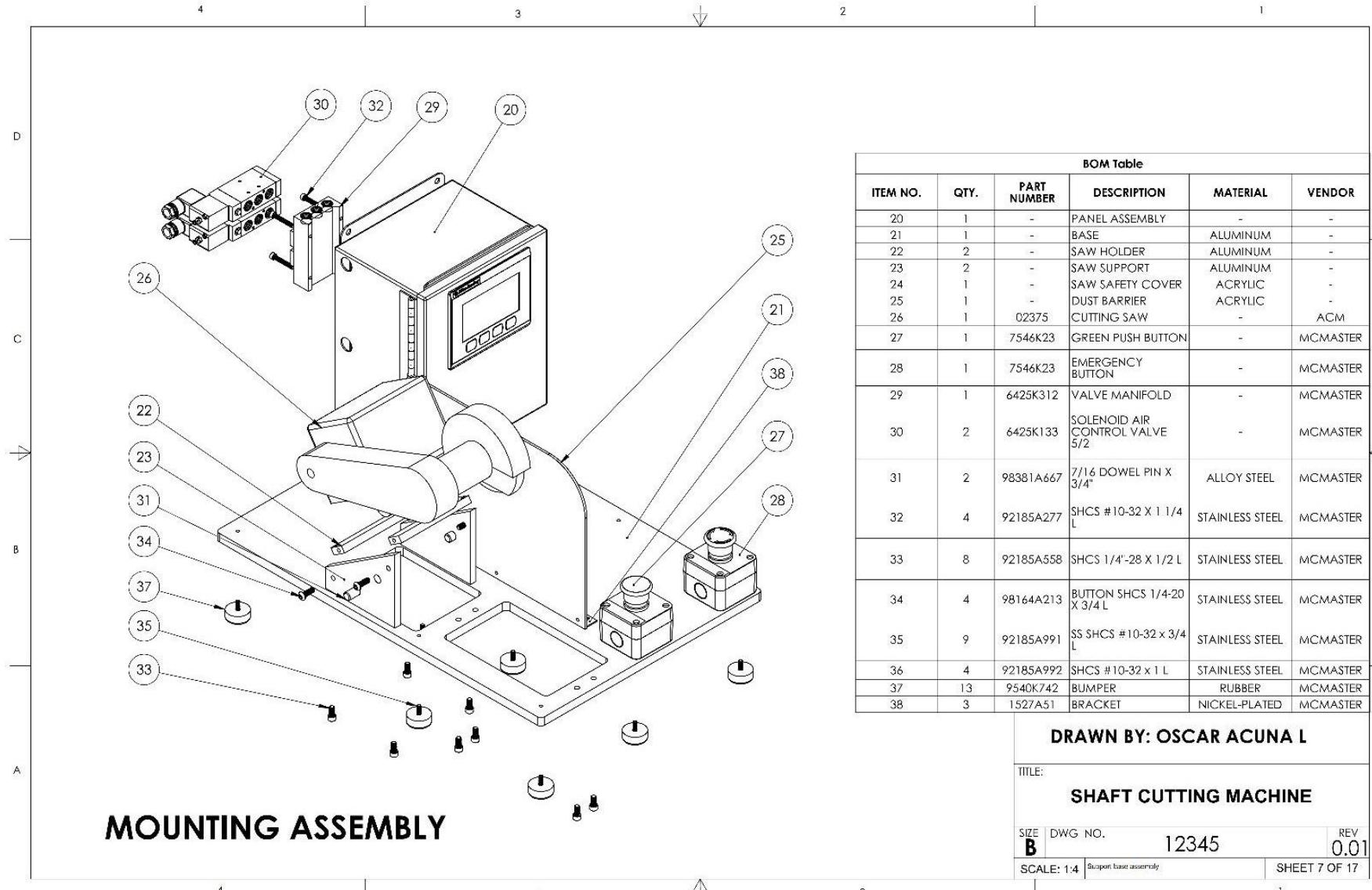


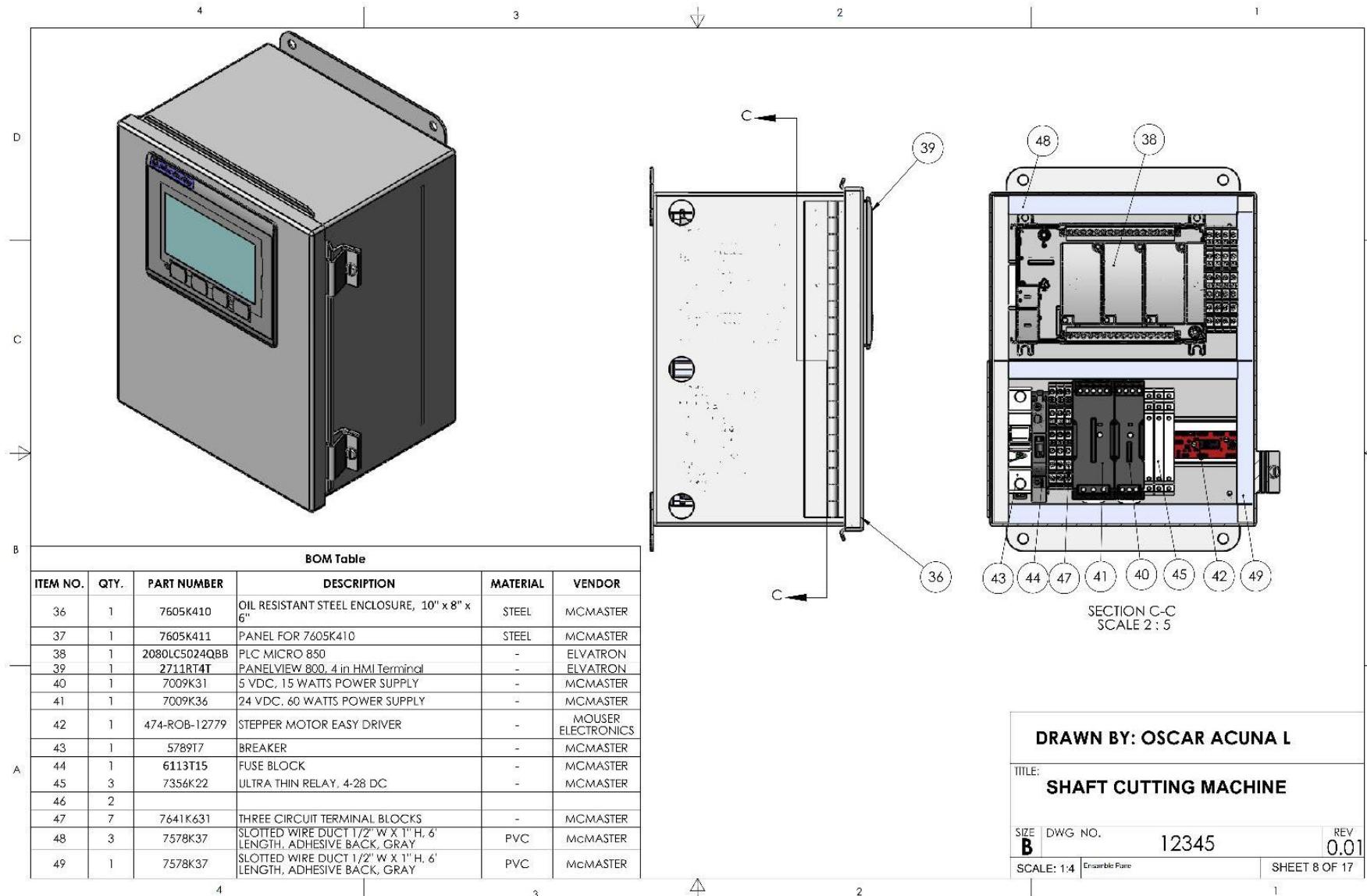








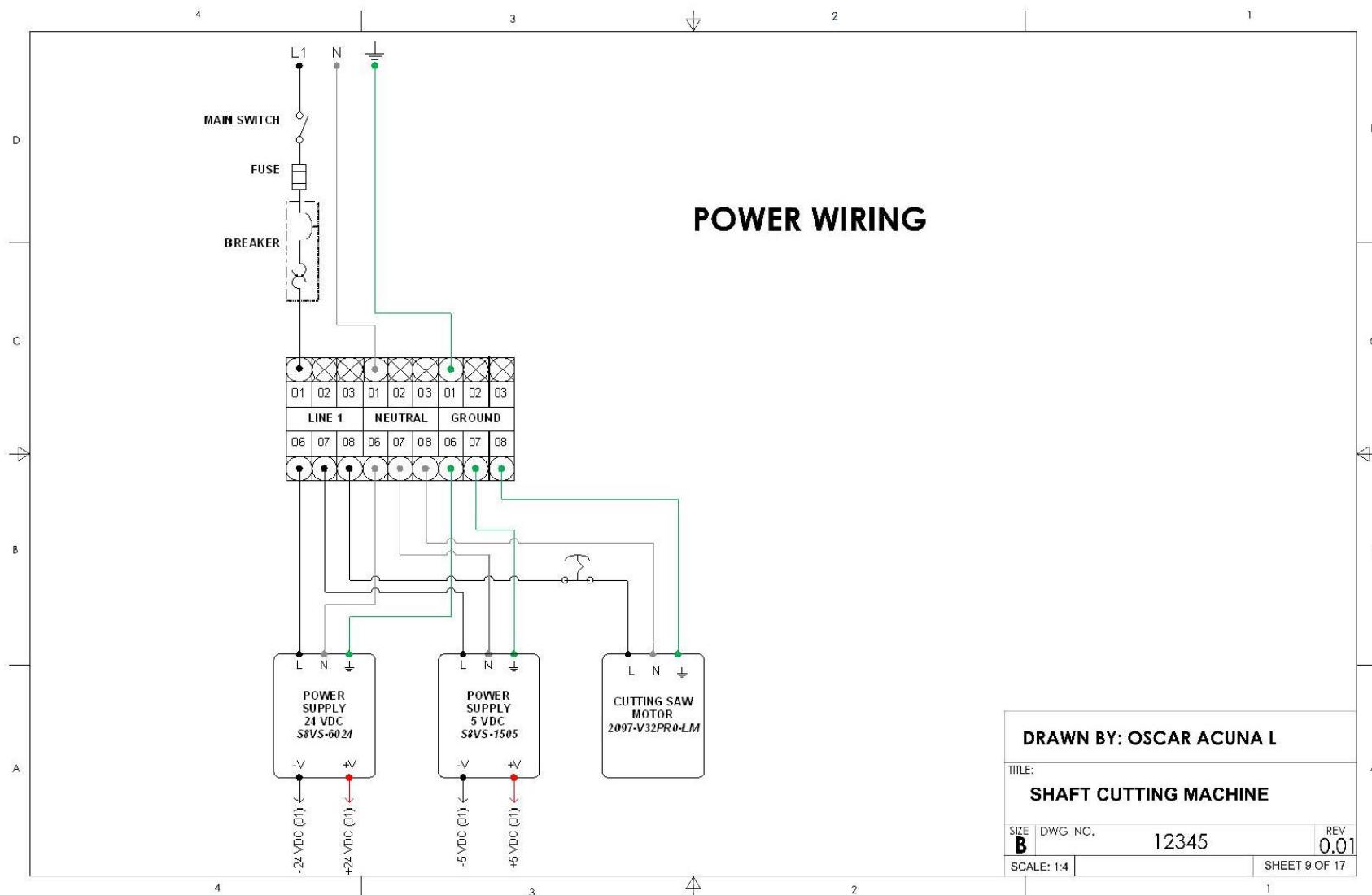




9.1.2 Apéndice A.2 Diagramas de conexión eléctricos

Tabla 9.1. Simbología utilizada para la elaboración de los diagramas eléctricos, de flujo y programas. Elaboración Propia (2016).

Código	Descripción
EV_1	Electro Válvula 1 (Pistón de sujeción)
EV_2	Electro Válvula 2 (Pistón de movimiento)
BV	Botón Verde
FC_1	Final de carrera 1 (Inicio)
FC_2	Final de carrera 2 (Final)
RE1	Relé 1 (Para enviar pulsos al driver)
RE2	Relé 2 (Para enviar dirección al driver)
RT1	Puerto de Entrada/Salida 1 de la estación giratoria
RT2	Puerto de Entrada/Salida 2 de la estación giratoria
RT3	Puerto de Entrada/Salida 3 de la estación giratoria
RT4	Puerto de Entrada/Salida 4 de la estación giratoria
DM	Driver del Motor a pasos con tornillo sin fin
PLC	Controlador Lógico Programable
HMI	Interfaz Humano Máquina (Pantalla táctil)



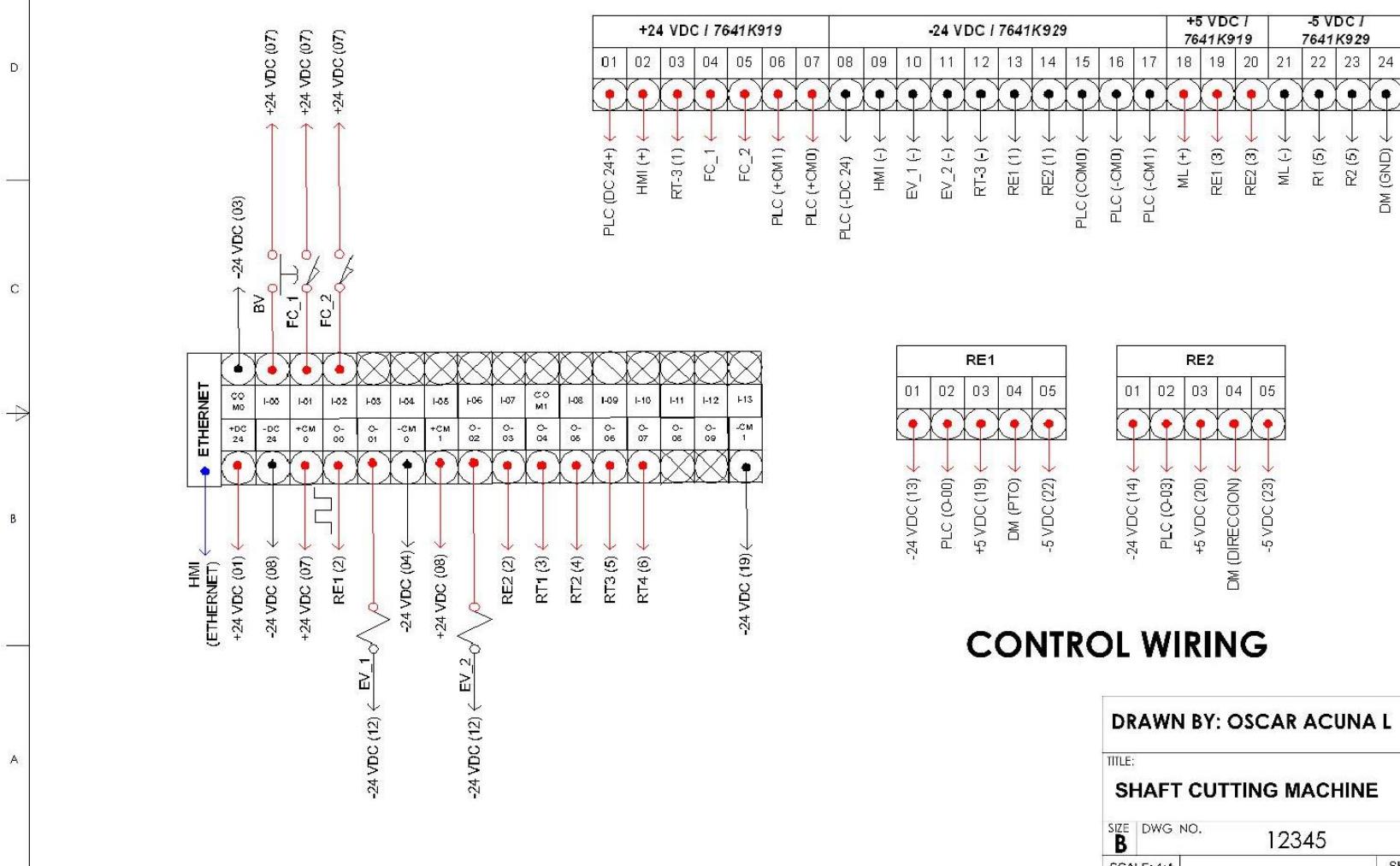
THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF ARTHROCORE CORPORATION AND
DOES NOT CONTAIN ANY TRADE SECRET INFORMATION. ANY CIRCUMSTANCES TO
THIRD PARTIES OR REPRODUCTION OF THIS INFORMATION WITHOUT THE WRITTEN
CONSENT OF ARTHROCORE CORPORATION IS PROHIBITED.

4

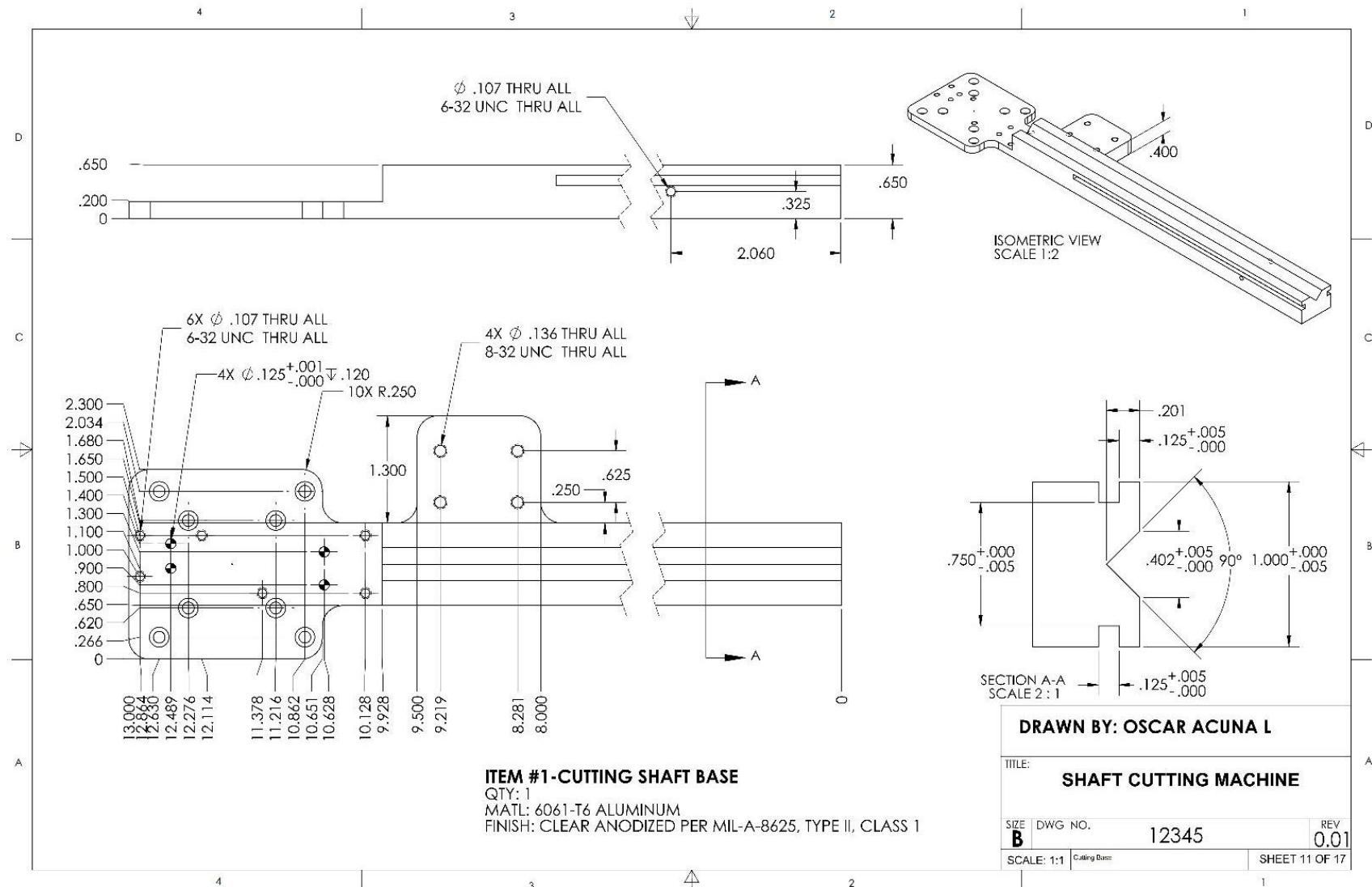
3

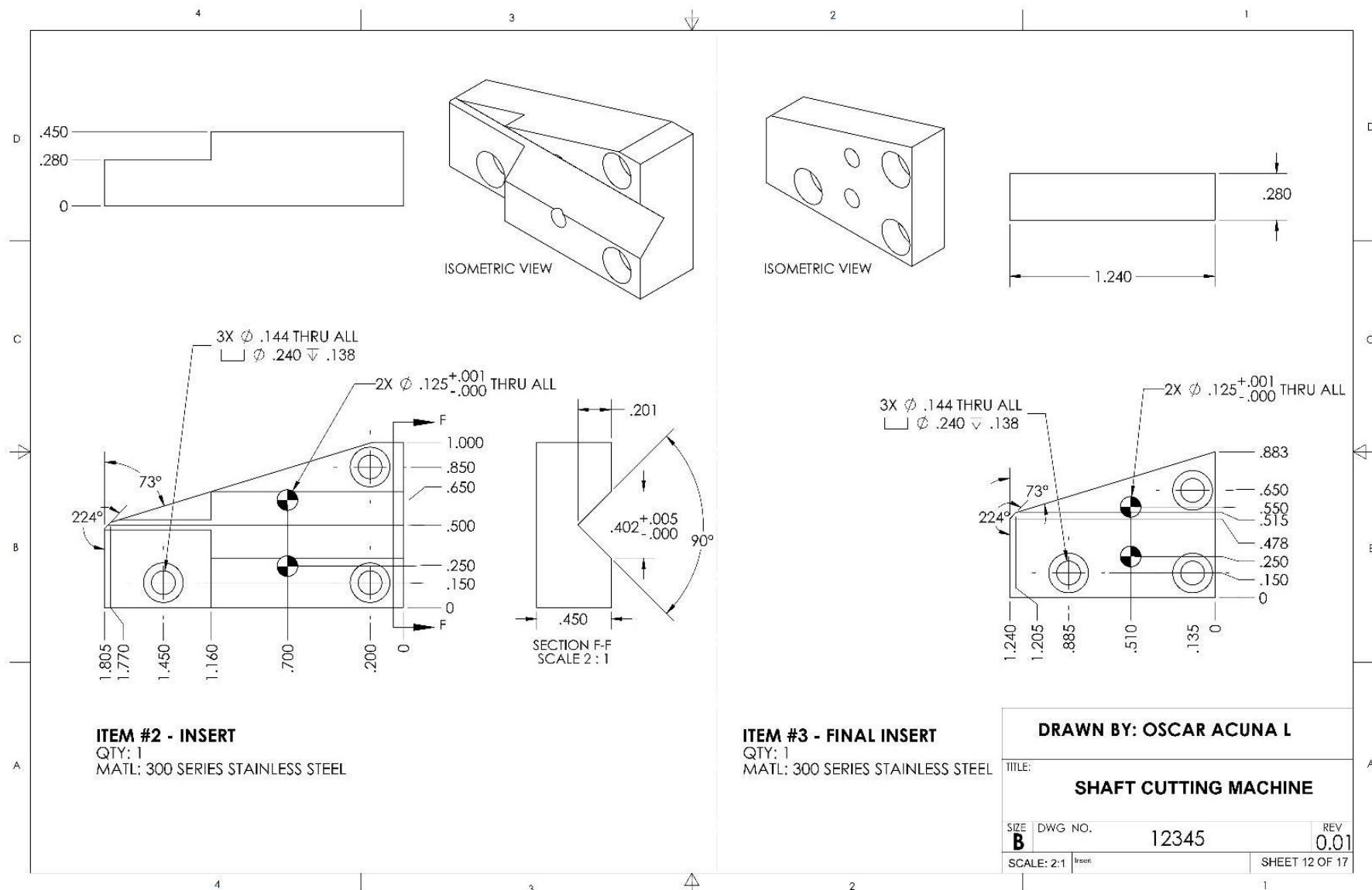
2

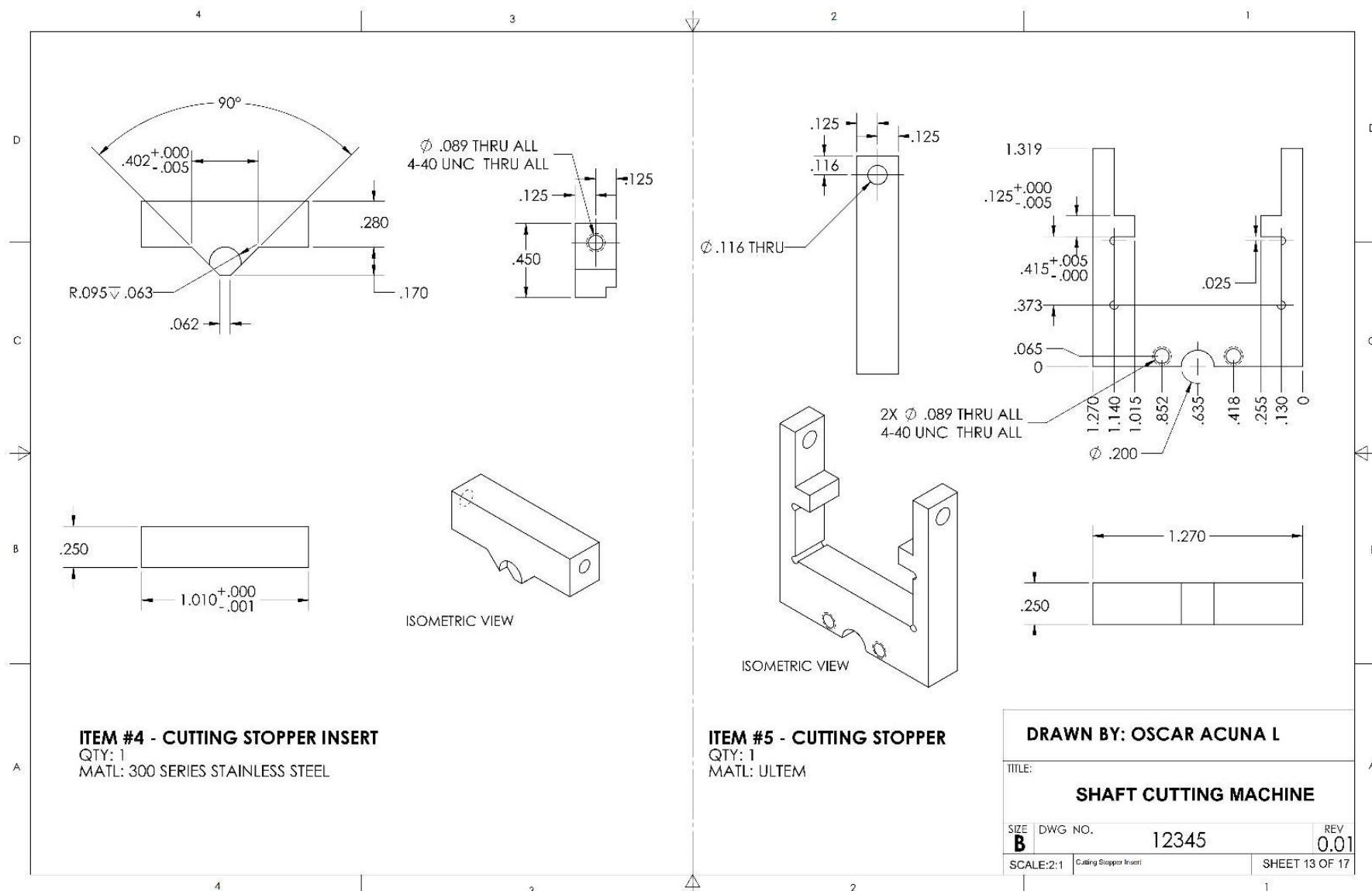
1

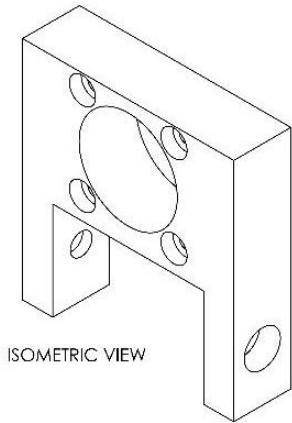
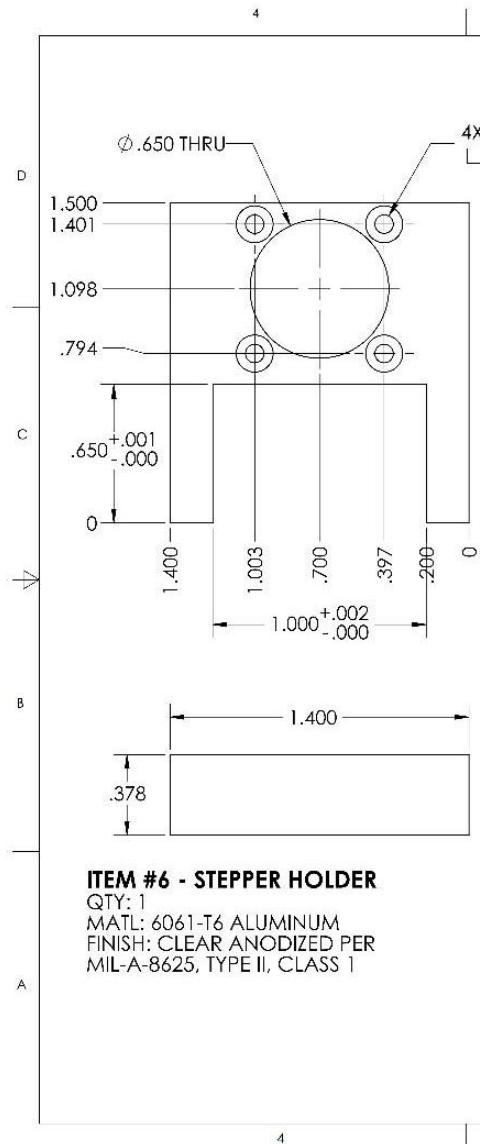


9.1.3 Apéndice A.3 Planos de construcción

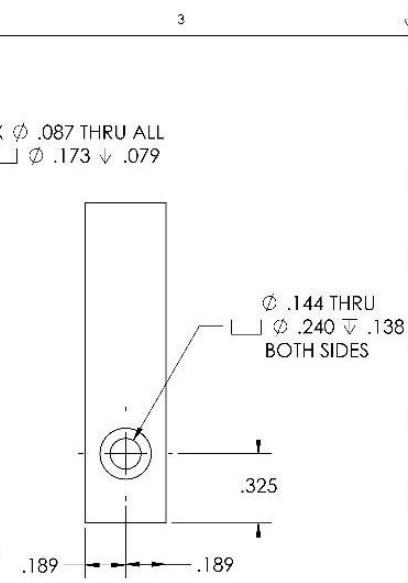




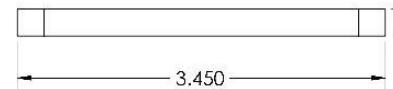
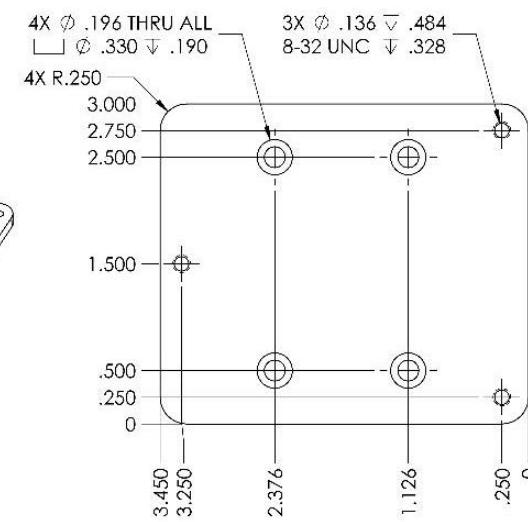




ITEM #6 - STEPPER HOLDER
QTY: 1
MATL: 6061-T6 ALUMINUM
FINISH: CLEAR ANODIZED PER
MIL-A-8625, TYPE II, CLASS 1



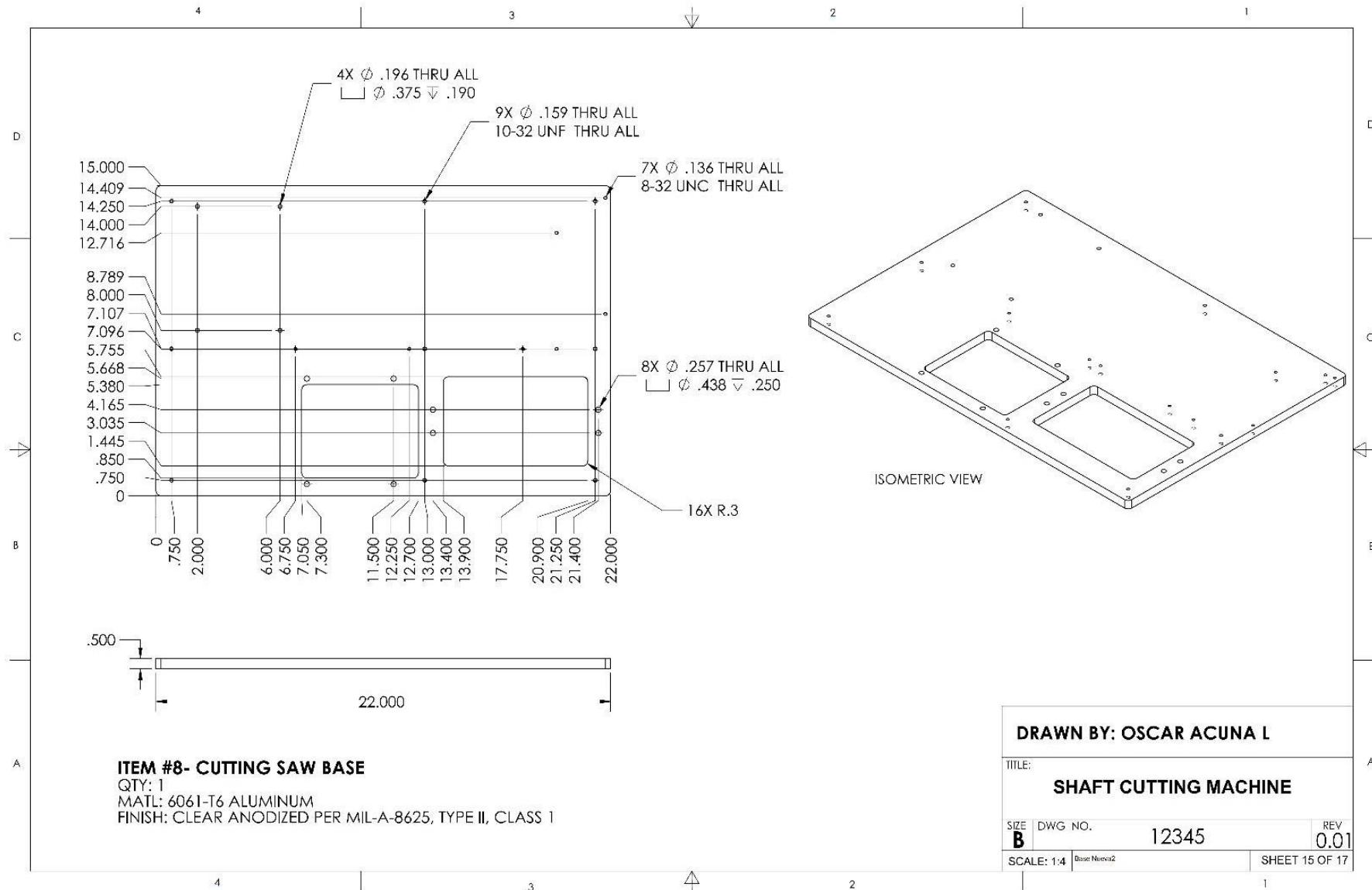
ISOMETRIC VIEW
SCALE: 1:4

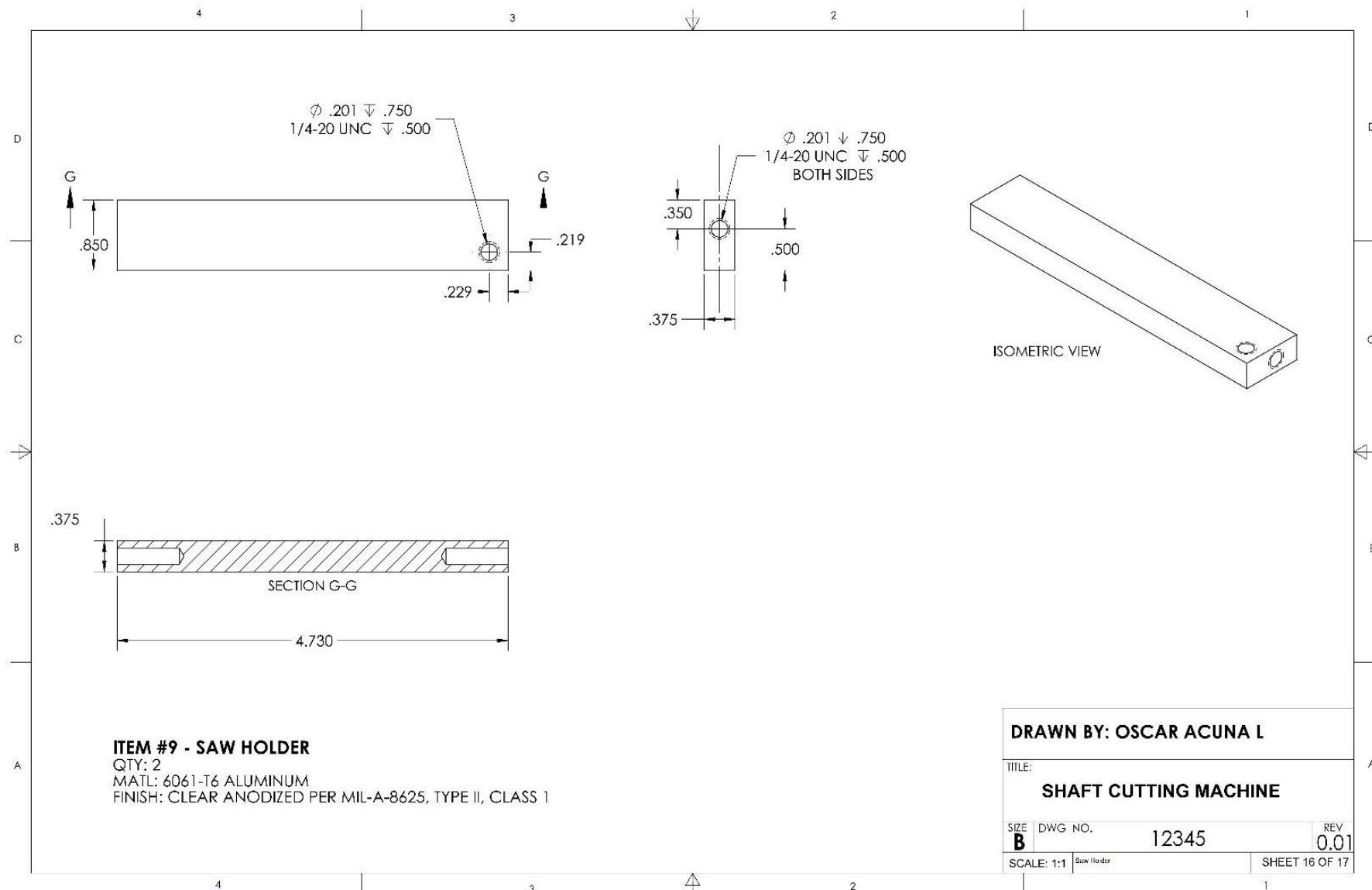


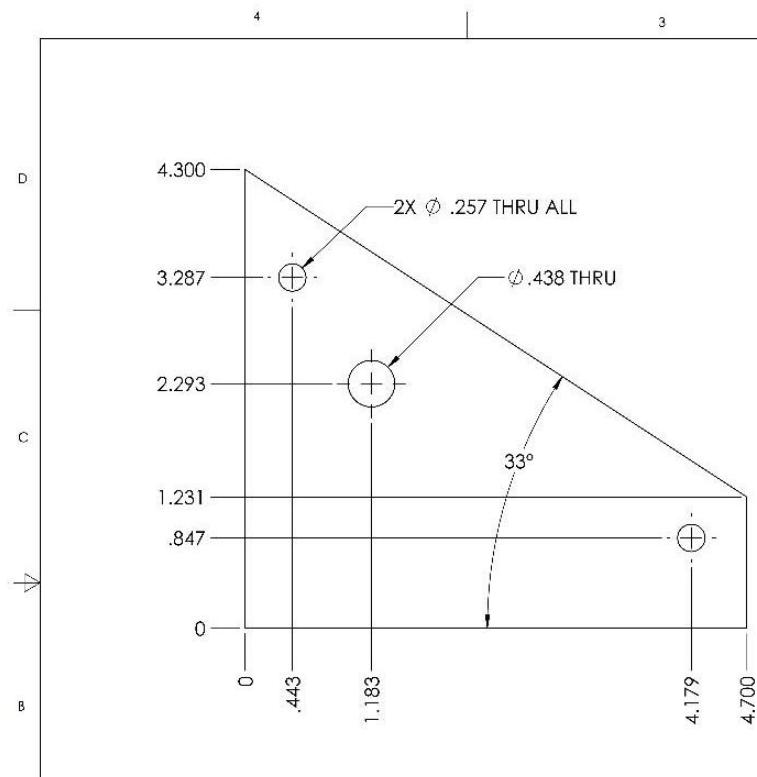
ITEM #7 - COUPLING FOR ROTARY STAGE
QTY: 1
MATERIAL: 6061-T6 ALUMINUM
FINISH: CLEAR ANODIZED PER
MIL-A-8625, TYPE II, CLASS 1
SCALE: 1:1

DRAWN BY: OSCAR ACUNA L

SHAFT CUTTING MACHINE





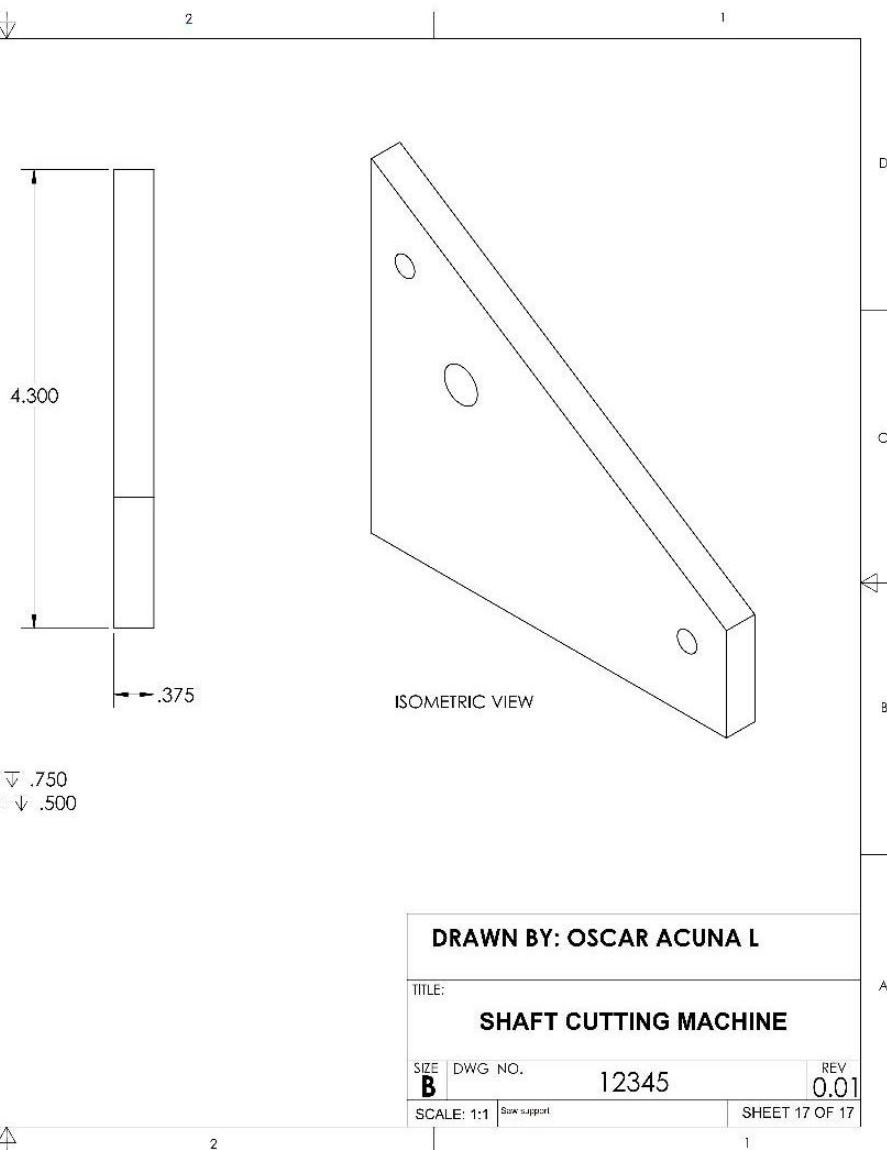


ITEM #10 - SAW SUPPORT

ITEM #10 - SAW SIGHTS
QTY: 2

MATL: 6061-T6 ALUMINUM

FINISH: CLEAR ANODIZED PER MIL-A-8625, TYPE II, CLASS 1



DRAWN BY: OSCAR ACUNA L

TITLE:

SHAFT CUTTING MACHINE

SIZE DWG NO.

B

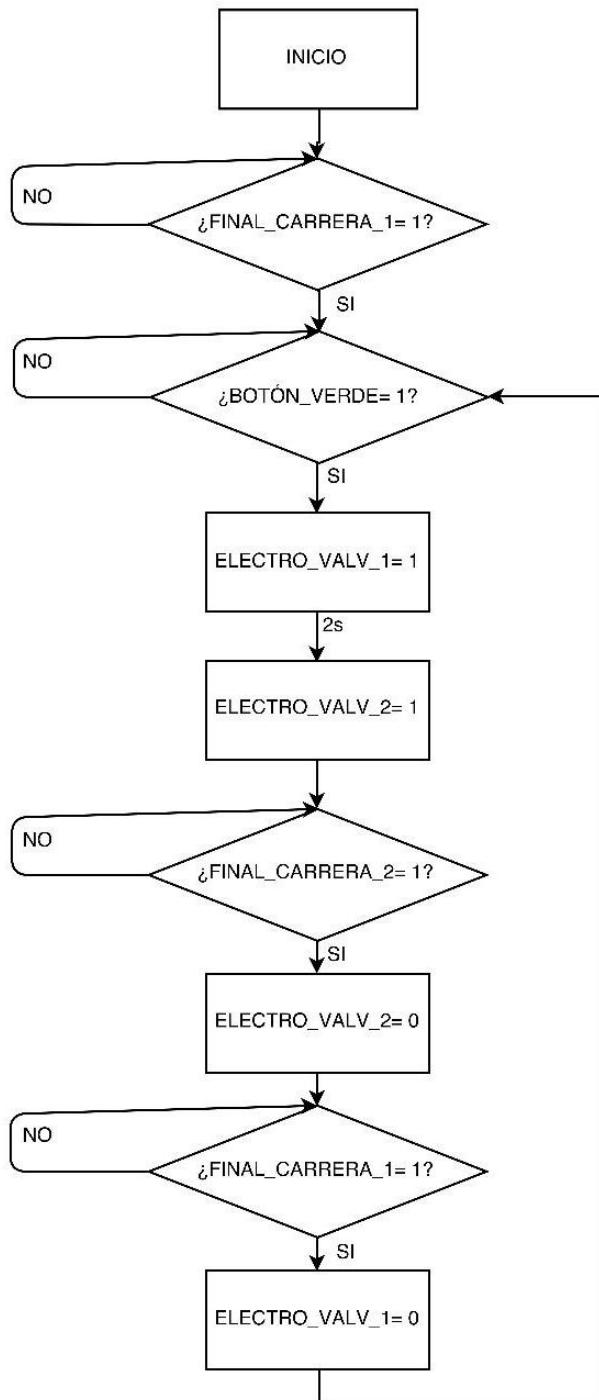
12345

0.01

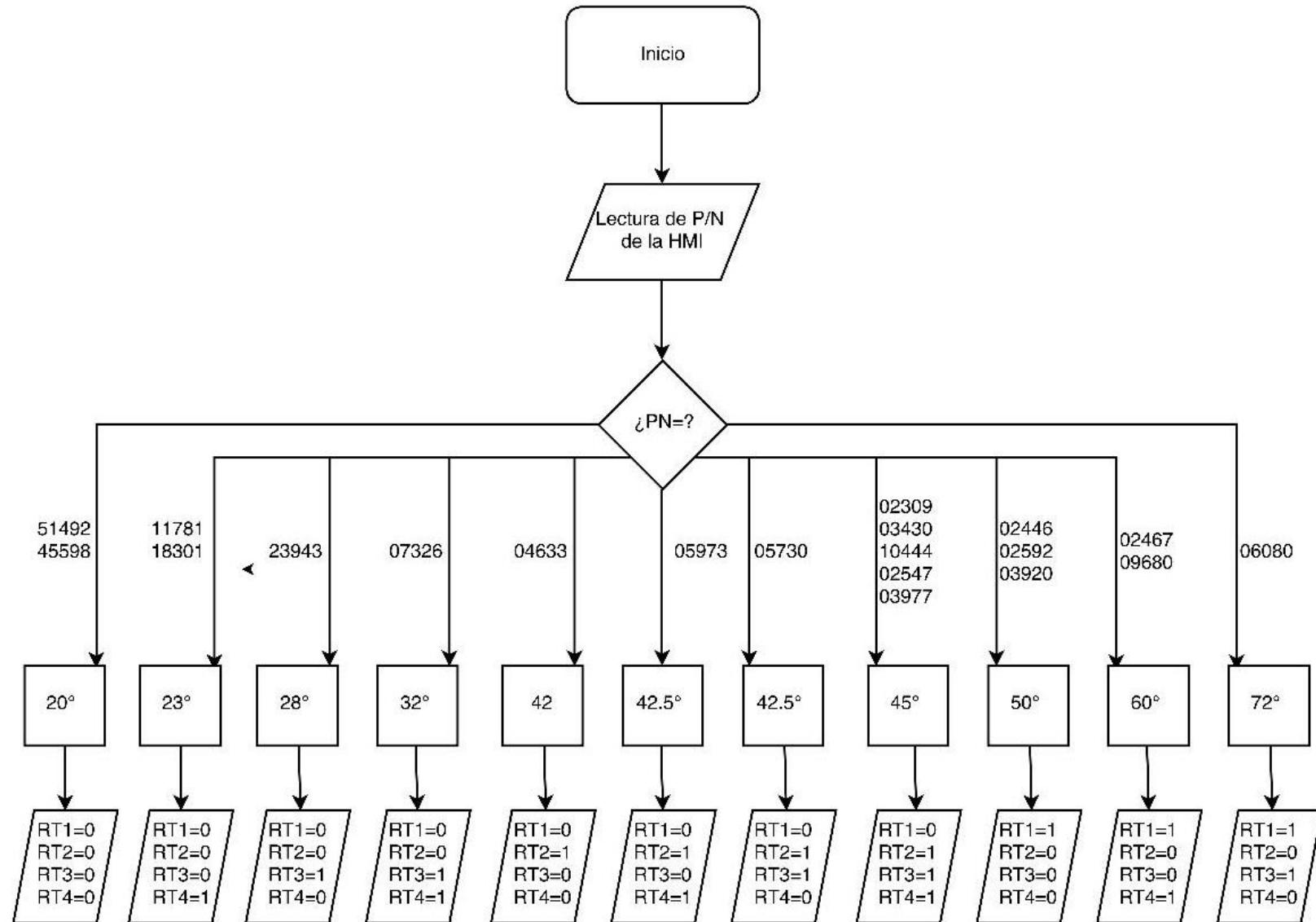
SMA supp

SHEET 17 OF 17

9.1.4 Apéndice A.4 Diagrama de flujo para programación de ejecución de corte.

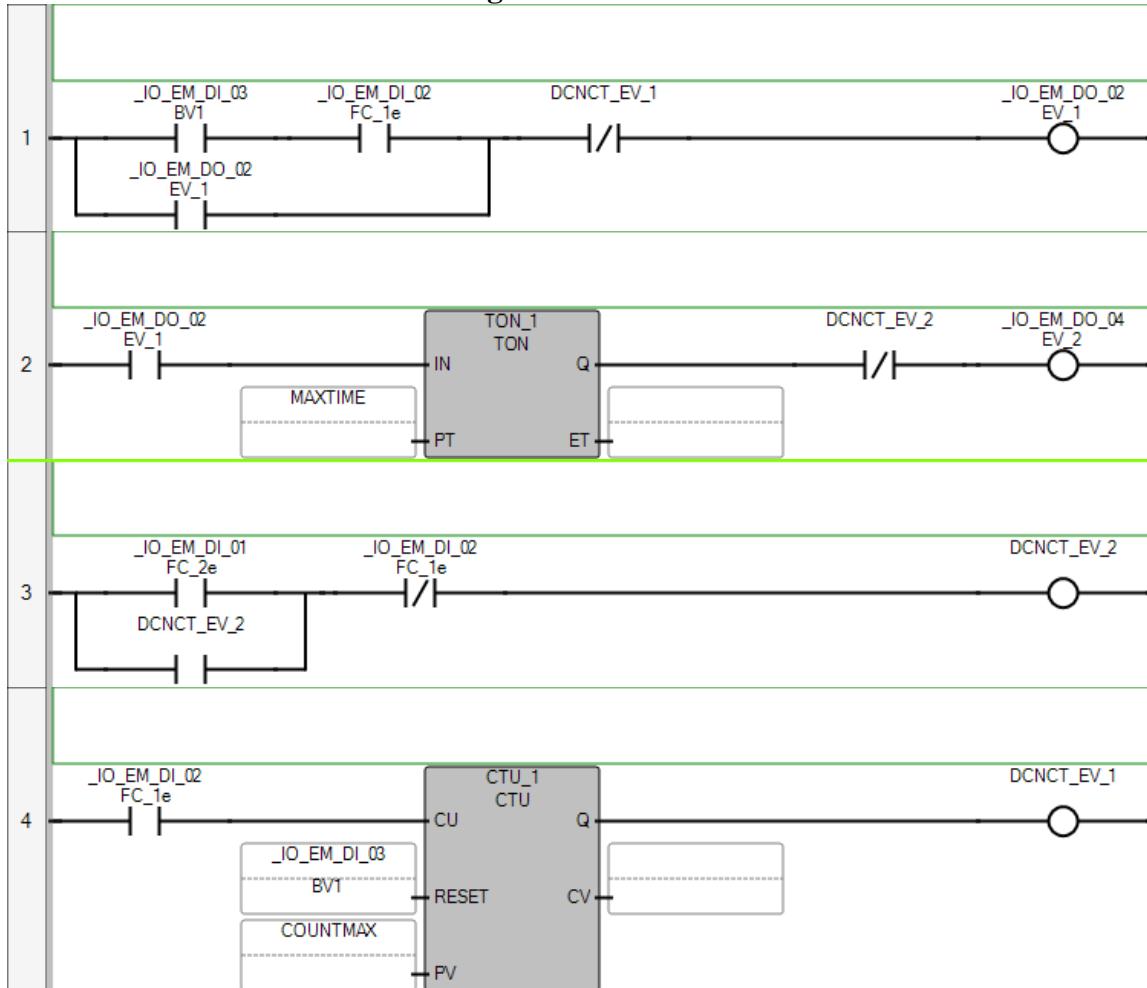


9.1.5 Apéndice A.5 Diagrama de flujo para programación de seteo de ángulo.



9.1.6 Apéndice A.6 Programas PLC

Controller.Micro850.Micro850.Prog1



POU Prog1

The POU defines 6 variable(s).

Variable TON_1

(* *)

Direction: Var
Data type: TON
Attribute: Read/Write

Variable MAXTIME

(* *)

Direction: Var
Data type: TIME
Attribute: Read/Write

Variable DCNCT_EV_1

(* *)

Direction: Var
Data type: BOOL
Attribute: Read/Write

Variable DCNCT_EV_2

(* *)

Direction: Var
Data type: BOOL
Attribute: Read/Write

Variable CTU_1

(* *)

Direction: Var
Data type: CTU
Attribute: Read/Write

Variable COUNTMAX

(* *)

Direction: Var
Data type: DINT
Attribute: Read/Write

Controller.Micro850.Micro850.Prog2

```
IF PN='02309' THEN
    ANGULO:=45.0;DISTANCIA:=149.86;
ELSIF PN='02467' THEN
    ANGULO:=60.0;DISTANCIA:=148.59;
ELSIF PN='03430' THEN
    ANGULO:=45.0;DISTANCIA:=101.6;
ELSIF PN='10444' THEN
    ANGULO:=45.0;DISTANCIA:=144.78;
ELSIF PN='02446' THEN
    ANGULO:=50.0;DISTANCIA:=147.32;
ELSIF PN='02547' THEN
    ANGULO:=45.0;DISTANCIA:=151.638;
ELSIF PN='02592' THEN
    ANGULO:=50.0;DISTANCIA:=148.59;
ELSIF PN='03977' THEN
    ANGULO:=45.0;DISTANCIA:=151.511;
ELSIF PN='06080' THEN
    ANGULO:=72.0;DISTANCIA:=177.8;
ELSIF PN='04633' THEN
    ANGULO:=42.0;DISTANCIA:=147.32;
ELSIF PN='03920' THEN
    ANGULO:=50.0;DISTANCIA:=143.002;
ELSIF PN='05730' THEN
    ANGULO:=43.0;DISTANCIA:=147.32;
ELSIF PN='18301' THEN
    ANGULO:=23.0;DISTANCIA:=171.45;
ELSIF PN='07326' THEN
    ANGULO:=32.0;DISTANCIA:=153.162;
ELSIF PN='11781' THEN
    ANGULO:=23.0;DISTANCIA:=171.45;
ELSIF PN='23943' THEN
    ANGULO:=28.0;DISTANCIA:=171.45;
ELSIF PN='05973' THEN
    ANGULO:=42.5;DISTANCIA:=210.82;
ELSIF PN='51492' THEN
    ANGULO:=20.0;DISTANCIA:=177.8;
ELSIF PN='45598' THEN
    ANGULO:=20.0;DISTANCIA:=167.64;
ELSIF PN='09680' THEN
    ANGULO:=60.0;DISTANCIA:=168.91;
END_IF;
```

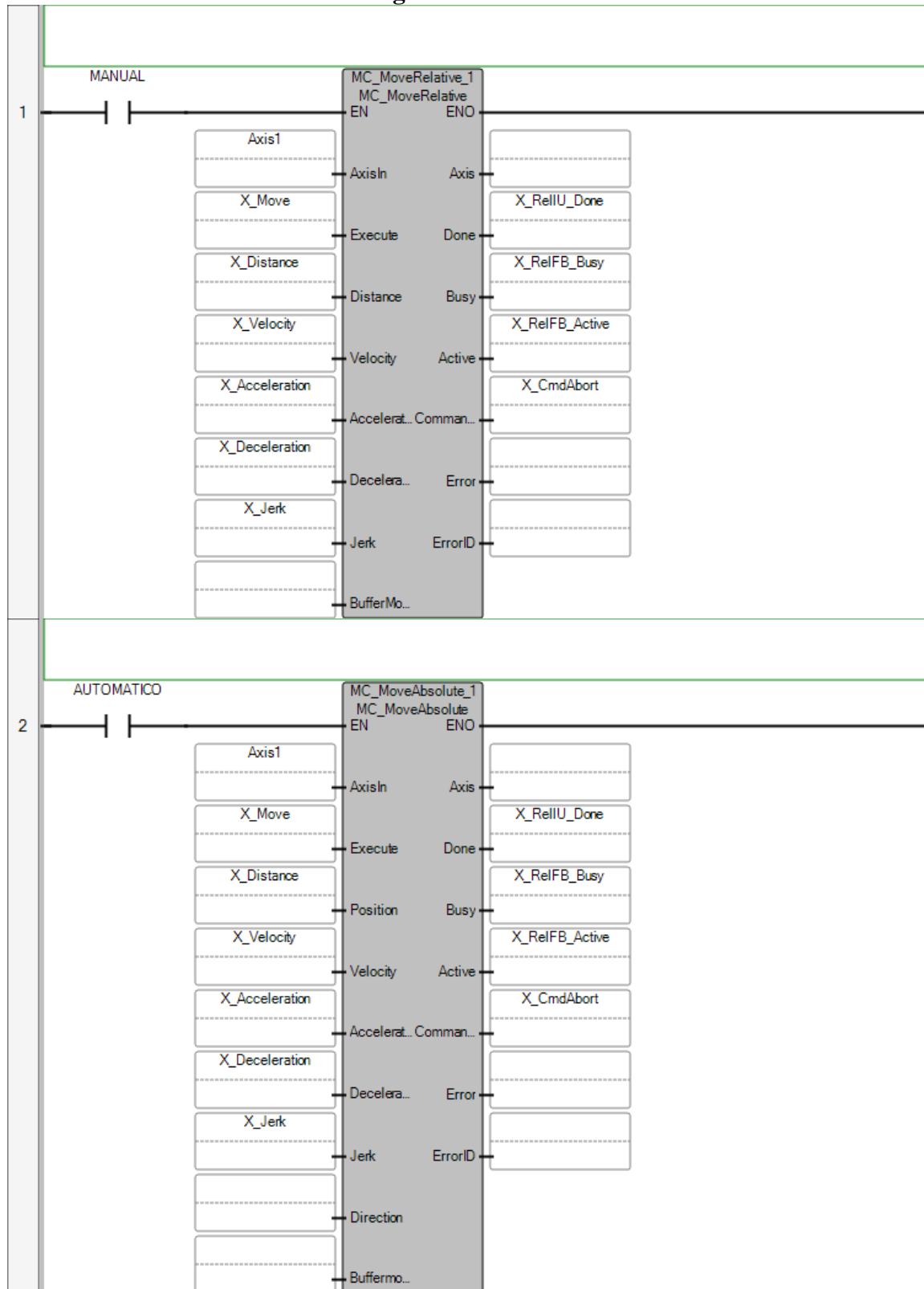
POU Prog2

The POU does not define any variables.

Controller.Micro850.Micro850.Prog3

```
IF PNSELEC THEN
    PNSELEC:=TRUE;
    SETEAR:=TRUE;
    IF ANGULO = 20.0 THEN
        _IO_EM_DO_05:=FALSE;
        _IO_EM_DO_06:=FALSE;
        _IO_EM_DO_07:=FALSE;
        _IO_EM_DO_08:=FALSE;
    ELSIF ANGULO = 23.0 THEN
        _IO_EM_DO_05:=FALSE;
        _IO_EM_DO_06:=FALSE;
        _IO_EM_DO_07:=FALSE;
        _IO_EM_DO_08:=TRUE;
    ELSIF ANGULO = 28.0 THEN
        _IO_EM_DO_05:=FALSE;
        _IO_EM_DO_06:=FALSE;
        _IO_EM_DO_07:=TRUE;
        _IO_EM_DO_08:=FALSE;
    ELSIF ANGULO = 32.0 THEN
        _IO_EM_DO_05:=FALSE;
        _IO_EM_DO_06:=FALSE;
        _IO_EM_DO_07:=TRUE;
        _IO_EM_DO_08:=TRUE;
    ELSIF ANGULO = 42.0 THEN
        _IO_EM_DO_05:=FALSE;
        _IO_EM_DO_06:=TRUE;
        _IO_EM_DO_07:=FALSE;
        _IO_EM_DO_08:=FALSE;
    ELSIF ANGULO = 42.5 THEN
        _IO_EM_DO_05:=FALSE;
        _IO_EM_DO_06:=TRUE;
        _IO_EM_DO_07:=FALSE;
        _IO_EM_DO_08:=TRUE;
    ELSIF ANGULO = 43.0 THEN
        _IO_EM_DO_05:=FALSE;
        _IO_EM_DO_06:=TRUE;
        _IO_EM_DO_07:=TRUE;
        _IO_EM_DO_08:=FALSE;
    ELSIF ANGULO = 45.0 THEN
        _IO_EM_DO_05:=FALSE;
        _IO_EM_DO_06:=TRUE;
        _IO_EM_DO_07:=TRUE;
        _IO_EM_DO_08:=TRUE;
    ELSIF ANGULO = 50.0 THEN
        _IO_EM_DO_05:=TRUE;
        _IO_EM_DO_06:=FALSE;
        _IO_EM_DO_07:=FALSE;
        _IO_EM_DO_08:=FALSE;
    ELSIF ANGULO = 60.0 THEN
        _IO_EM_DO_05:=TRUE;
        _IO_EM_DO_06:=FALSE;
        _IO_EM_DO_07:=FALSE;
        _IO_EM_DO_08:=TRUE;
    ELSIF ANGULO = 72.0 THEN
        _IO_EM_DO_05:=TRUE;
        _IO_EM_DO_06:=FALSE;
        _IO_EM_DO_07:=TRUE;
        _IO_EM_DO_08:=FALSE;
    END_IF;
    PNSELEC:=FALSE;
END_IF;
```

Controller.Micro850.Micro850.Prog4



POU Prog4

The POU defines 12 variable(s).

Variable MC_MoveRelative_1

(* *)

Direction: Var

Data type:

MC_MoveRelative

Attribute: Read/Write

Variable X_Move

(* *)

Direction: Var

Data type: BOOL

Attribute: Read/Write

Variable X_Distance

(* *)

Direction: Var

Data type: REAL

Attribute: Read/Write

Variable X_Velocity

(* *)

Direction: Var

Data type: REAL

Attribute: Read/Write

Variable X_Acceleration

(* *)

Direction: Var

Data type: REAL

Attribute: Read/Write

Variable X_Deceleration

(* *)

Direction: Var

Data type: REAL

Attribute: Read/Write

Variable X_Jerk

(* *)

Direction: Var

Data type: REAL

Attribute: Read/Write

Variable X_RellU_Done

(* *)

Direction: Var

Data type: BOOL

Attribute: Read/Write

Variable X_RelFB_Busy

(* *)

Direction: Var

Data type: BOOL

Attribute: Read/Write

Variable X_RelFB_Active

(* *)

Direction: Var

Data type: BOOL

Attribute: Read/Write

Variable X_CmdAbort

(* *)

Direction: Var

Data type: BOOL

Attribute: Read/Write

Variable MC_MoveAbsolute_1

(* *)

Direction: Var

Data type: MC_MoveAbsolute

Attribute: Read/Write

9.1.7 Apéndice A.7 Configuración del Eje_Largo

Eje_largo - General

Axis Name:
PTO Channel:
Pulse Output: IO_EM_DO_00
Direction Output: IO_EM_DO_03

Eje_largo - Motor and Load

User Defined Unit

Position: mm
Time: sec

Motor Revolution

⚠ Modifying Motor Revolution parameters may cause Axis runaway.

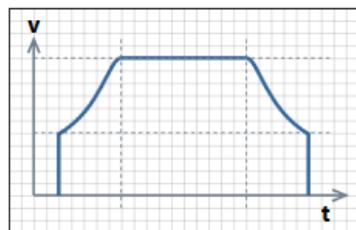
Pulses per Revolution:
Travel per Revolution: mm

Direction

Polarity: Non-Inverted
Mode: Bi-Directional
Change Delay Time: ms

Axis1 - Dynamics

Normal Operation Profile



Start/Stop Velocity: mm/sec

rpm

Max Velocity: mm/sec

rpm

Max Acceleration: mm/sec²

Max Deceleration: mm/sec²

Max Jerk: mm/sec³

Emergency Stop Profile

Stop Type:



Stop Velocity: mm/sec

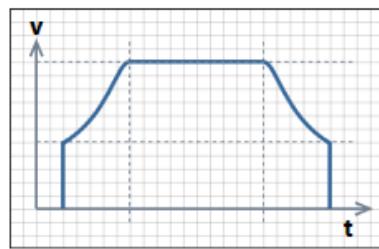
rpm

Stop Deceleration: mm/sec²

Stop Jerk: mm/sec³

Eje_largo - Dynamics

Normal Operation Profile



Start/Stop Velocity: mm/sec

rpm

Max Velocity: mm/sec

rpm

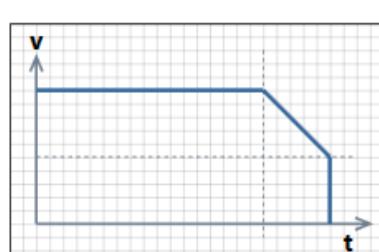
Max Acceleration: mm/sec²

Max Deceleration: mm/sec²

Max Jerk: mm/sec³

Emergency Stop Profile

Stop Type:



Stop Velocity: mm/sec

rpm

Stop Deceleration: mm/sec²

Stop Jerk: mm/sec³

9.1.8 Apéndice A.8 Segmentos de programación en “SEM TERMINAL” de la estación rotatoria.

```

PG 1
LB Su
P=0

'En el bloque G1 se lee el numero binario
'recibido y se asigna un nombre a cada
'subrutina

LB G1
    R1=In
    R1=R1 & 7
    O1=0
    CL K0,R1 = 0
    CL K1,R1 = 1
    CL K2,R1 = 2
    CL K3,R1 = 3
    CL K4,R1 = 4
    CL K5,R1 = 5
    CL K6,R1 = 6
    CL K7,R1 = 7

'[VARIABLES]
'Se define la configuracion de Entradas/Salidas
Is=1,0,0
Is=2,0,0
Is=3,0,0
Is=4,0,0
Os=1,16,0

'Se setean las variables del sistema
Vi=20000
Vm=1000000
A=500000
D=A
Hc=20
Rc=75

'[SUBRUTINAS]
'Ejecucion de subrutinas dependiendo del valor
'de R1 (numero binario enviado a las 4 entradas)

LB K0
    PR "Logic 000"
    MR R1*51200
    H
    O1=1
    H 2000
    RT

LB K1
    PR "Logic 001"
    MR R1*51200
    H
    H 200
    RT

LB K2
    PR "logic 010"
    MR R1*51200
    H
    H 200
    RT

LB K3
    PR "Logic 011"
    MR R1*51200
    H
    H 200
    RT

```

9.1.9 Apéndice A.9 Tiempos de proceso actual de corte.

Tabla 9.2. Toma de tiempos del proceso actual de corte. Fuente: Elaboración propia (2016).

Descripción de actividad	Corte del tubo	Inspección del largo	Inspección de Altura
Tamaño de la muestra	30	30	30
# de Lote	1	1	1
T1	4.992	2.934	2.441
T2	4.451	2.829	3.078
T3	4.129	3.319	2.145
T4	4.056	2.368	2.422
T5	4.521	2.713	2.415
T6	4.309	2.52	2.673
T7	4.287	2.581	2.619
T8	4.552	3.293	2.752
T9	4.593	3.186	2.477
T10	4.253	2.838	2.348
T11	4.252	3.047	2.896
T12	4.259	2.714	3.384
T13	4.328	2.874	3.17
T14	4.299	2.937	2.677
T15	4.314	3.344	2.043
T16	5.319	2.755	3.369
T17	4.868	2.842	3.309
T18	4.702	2.737	2.504
T19	4.353	3.229	2.775
T20	4.354	3.074	2.479
T21	5.22	2.765	2.22
T22	4.359	3.022	2.493
T23	4.156	2.855	2.636
T24	4.266	2.54	2.201
T25	5.472	2.717	2.809
T26	5.461	2.643	2.92
T27	5.096	2.43	2.253
T28	4.821	3.285	2.165
T29	5.542	2.664	2.867
T30	4.167	3.119	2.279
Tiempo promedio por tubo	4.59	2.87	2.63
Desviación	0.45	0.27	0.37

9.1.10 Apéndice A.10 Registro de “scrap” generado por el proceso de grabado de logo en el tubo 45998 de marzo a setiembre 2016.

Tabla 9.3. Registro de rechazo de tubo 45598. Fuente: Suministrado por la empresa (2016).

Order	Material Number	Material description	Plant	Order quantity (GMEIN)	Confirmed scrap (GMEIN)
1129470	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1081	36
1131602	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1093	15
1133463	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1913	0.000
1134367	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	988	127
1136363	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	691	124
1144062	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1136	130
1144585	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1675	82
1144776	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1000	33
1147365	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1300	6
1147688	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1000	65
1148438	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	375	15
1149358	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	893	10
1150452	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	875	7
1150552	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1000	17
1151980	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1000	71
1153110	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1000	43
1154052	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1418	13
1154233	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	2000	19
1155773	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	2000	58
1158740	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1980	6
1159199	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1020	4
1159200	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1338	96
1159385	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1219	31
1161349	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	844	42
1159377	48772	SHAFT, LASER MARK, SMC 139	2100	1056	11
TOTAL				29895	1061

9.1.11 Apéndice A.11 Precio de componentes seleccionados para la solución propuesta.

Tabla 9.4. Lista de precios de componentes y piezas para la fabricación de la máquina. Fuente: Elaboración Propia (2016).

Item	P/N	Componente	Descripción	Suplidor	Precio (\$)
1	2080LC5024QBB	PLC Micro 850	PLC, Allen Bradley Micro 850, 24 I/O.	Elvatron	459.95
2	2711RT4T	HMI	PanelView 800, Allen Bradley RT4T, táctil.	Elvatron	411.00
3	E21H4U-05-A32	Actuador lineal	Motor a pasos con tornillo sin fin de 6 pulg.	Ametek	301.74
4	RT-3-22	Estación rotatoria	Estación rotatoria de 3 pulg, con controlador, motor y encoder integrados.	Newmark Systems	2142.88
5	NCDY2S15H-0500-F7PV	Cilindro Guiado	Cilindro guiado SMC con finales de carrera.	SMC	388.86
6	474-ROB-12779	Easy Driver Stepper	Driver para motor a pasos de sparkfun.	Mouser Electronics	14.95
7	7009K31	Fuente 24V	Fuente DC, 24 VDC, 60 Watts, 2.5 Amps.	McMaster	80.20
8	7009K31	Fuente 5V	Fuente DC, 5 VDC, 15 Watts, 3 Amps	McMaster	48.10
9	-	Piezas Fabricadas	Todas las piezas maquinadas mostradas en el Apéndice 10.1	Taller	1350.00
10	-	Componentes de gabinete	Botoneras, relays, cables, protecciones, panel.	McMaster	205.00
11	-	Componentes de unión y neumáticos	Tornillería, acoples neumáticos, colector neumático, manguera y electroválvulas.	McMaster	212.00
Total					5614.68

9.2 Anexos

9.2.1 Anexo B.1 Estación rotatoria RT-3

newmark
systems inc

RT-3 SERIES ROTARY STAGE

FEATURES

- Resolution: 0.29 arc-sec
- Speed: 30°/sec
- Compact Size
- Size 17 stepper motor



RT-3 Design

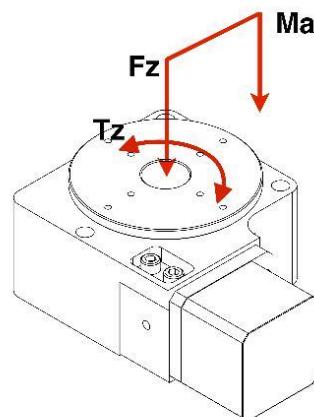
The RT-3 has a low profile coming in at just 50 mm thick. This rotary stage is designed to interface with a Nema 17 motor which can be factory installed or installed by the customer. Motor options include NEMA 17 stepper motor or MDrive motor with integrated controller. The RT-3 is available with a motor mounted rotary encoder.

The RT-3 utilizes a worm gear drive with a gear ratio of 90:1. The worm gear is preload to minimize the backlash in the gear train.

Specifications	
Resolution	0.29 arc-seconds (Microstepping)
Accuracy	70 arc-sec
Max. Speed	30°/sec
Unidirectional Repeatability	5 arc-sec
Max Payload Weight	11.3kg (25lbs)
Travel Range	360° Continous
Encoder	Optical rotary encoder mounted to rear of motor, 1000 lines (4000 CPR) with Index (Optional), MDrive Motor 512 lines (2048 CPR)
Limit Switches	None
Origin	None. Requires external home switch.
Gear Ratio	90:1
Stage Weight	3.5 lbs
Material	Aluminum Alloy Construction
Finish	Black Anodize

Load Characteristics

Normal Load (Fz)	11.4 kg (25 lbs)
Moment Load (Ma)	5.1 Nm (3.8 lb-ft)
Max. Torque (Tz)	4.5 Nm (3.3 lb-ft)



Pin Assignment

Standard Stepper Motor Version

Motor

DB-9 Male	Description
1.	Phase A
2.	Phase A'
3.	Phase B
4.	Phase B'
5.	Phase A Center
6.	Phase B Center

Motor Specifications

Step Size: 1.8°/step
 Amps/Phase: 0.95
 Resistance: 5.0 Ohm/Phase
 Inductance: 3.1 mH/Phase

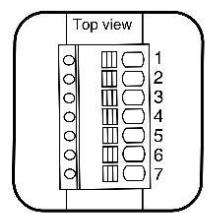
Signals (Encoder Option)

HD-15 Female	Description
1.	N.C.
2.	N.C.
3.	N.C.
4.	Encoder Ground
5.	+5V Encoder Power
6.	Ch. A
7.	Ch. A-
8.	Ch. B
9.	Ch. B-
10.	Index +
11.	Index -

MDrive Stepper Motor Version

Power and I/O

7-Pin Terminal	Description
1	I/O 1
2	I/O 2
3	I/O 3
4	I/O 4
5	Analog Input
6	Power GND
7	+24V Motor Power



7-Pin Pluggable Terminal

RS-422 Communications

10-Pin IDC	Description
1	TX+
2	TX-
3	RX+
4	RX-
5	Aux-Logic
6	RX+
7	RX-
8	TX-
9	TX+
10	COMM GND

Connected to 7-Pin Terminal

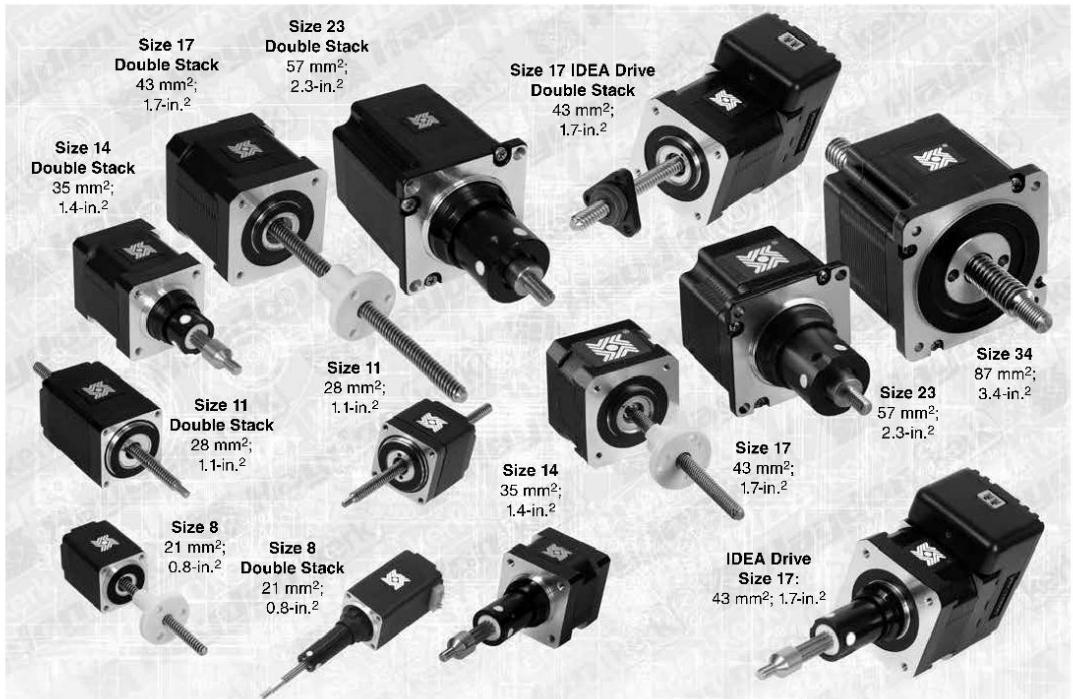
DC Jack, 2.1mm	Description
Center	+24 VDC
Outside	Power Ground

9.2.2 Anexo B.2 Actuador lineal



Overview of Hybrid Linear Actuators

Haydon Kerk Motion Solutions, Inc. • www.HaydonKerk.com • Phone: 800 243 2715 • International: 203 756 7441



HYBRID LINEAR ACTUATOR
STEPPER MOTORS

Haydon Kerk Motion Solutions hybrid linear actuators open new avenues for equipment designers who require high performance and exceptional endurance in a very small package. The various designs use a proprietary manufacturing process, which incorporates engineering thermoplastics in the rotor drive nut and a stainless steel lead-screw. This allows the motor to be much quieter, more efficient and more durable than the v-thread and bronze nut configuration commonly used in other actuators. Motor life is improved more than 10 times over the traditional bronze nut style – and it requires no maintenance and does not affect the cost. An additional feature is the bearing preload adjustment which, unlike other designs, does not protrude from the motor configuration commonly used in other actuators.

The hybrid actuators come in six sizes, from 21 mm square to 87 mm square. Each size has three designs available – captive, non-captive and an external linear version. Haydon also offers a series of Double Stack enhanced performance hybrid linear actuators available in sizes from 21 mm to 57 mm square. An integrated, programmable IDEA™ Drive is available for the Size 17 (43 mm) hybrid and Double Stack hybrid motors.

There are 28 different travels per step available, from .00006 inch (.001524 mm) to .005 inch (.127 mm). Micro stepping can be used for even finer resolution. Our 87 mm actuator delivers up to 500 pounds (2224 N) of force.

These linear actuators are ideal for applications requiring a combination of precise positioning, rapid motion and long life.

Typical applications include X-Y tables, medical equipment, semiconductor handling, telecommunications equipment, valve control, and numerous other uses. Sold at competitive prices, this product is an excellent value for incorporation into your next project. In addition to standard configurations, Haydon Kerk Motion Solutions can custom design these motors to meet your specific application needs. Lead time for standard prototype designs is usually 2 to 3 days, and 4 to 6 weeks for production orders.

Part Number Construction: Hybrids



Haydon Kerk Motion Solutions, Inc. • www.HaydonKerk.com • Phone: 800 243 2715 • International: 203 756 7441

Identifying the part number codes when ordering

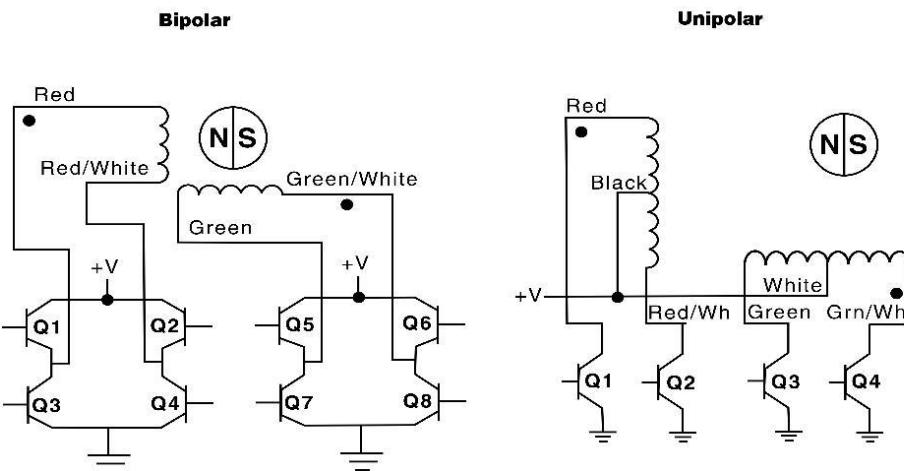


E	43	H	4	N	05	910
Prefix (only when using the following)						
E = External P = Proximity Sensor S = Home Switch T = High Temp	Series number designation: 43 = 43000	Style Available Hybrids: 21000 28000 35000 43000 57000 87000	Coils F = 1.8° Non captive H = 1.8° Captive H = 1.8° Captive (Use "E" prefix for "External") J = 0.9° Non-captive K = 0.9° Captive K = 0.9° Captive (Use "E" prefix for "External") L = 1.8° Double Stack, Non-captive M = 1.8° Double Stack, Captive M = 1.8° Double Stack, (Use "E" prefix for "External")	Code ID Resolution Travel/Step (Example: N = travels .00012-in per step) (Refer to travel / step chart found on each Series product page.)	Voltage (Example: 05 = 5 VDC; 12 = 12 VDC) Custom V available	Suffix: Stroke Example: -910 = 1-in (Refer to Stroke chart on Captive motor series product page.) Suffix also represents: -900 = External Linear with grease and flanged nut
						-XXX = Proprietary suffix assigned to a specific customer application. The identifier can apply to either a standard or custom part.

EXAMPLES:

E43H4N-05-900 = External linear actuator, 43000 series, 1.8 degree, Bipolar coils, .00012-in travel per step, 5 volt DC, with grease and flanged nut.

43H4N-05-910 = 43000 series, 1.8 degree captive linear actuator, Bipolar, .00012-in travel per step, 5 volt DC, 1.0-in stroke.



HYBRID LINEAR ACTUATOR
STEPPER MOTORS

Hybrid Linear Actuator: Stepping Sequence

	Bipolar	Q2-Q3	Q1-Q4	Q6-Q7	Q5-Q8
Unipolar	Q1	Q2	Q3	Q4	
Step					
1	ON	OFF	ON	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	ON	OFF	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	
1	ON	OFF	ON	OFF	

RETRACT CCW ↑

Note: Half stepping is accomplished by inserting an off state between transitioning phases.

21000 Series: Size 8 Linear Actuator



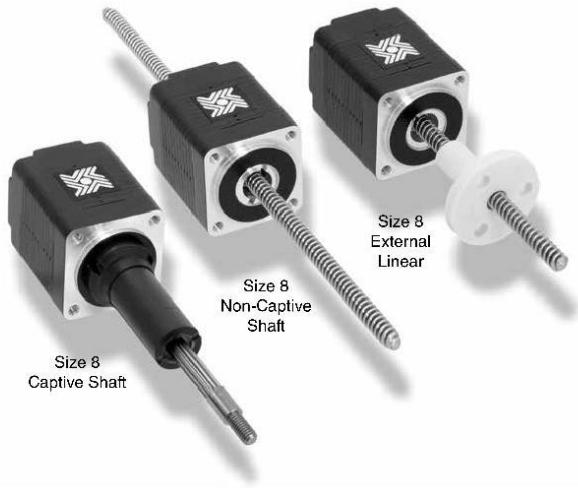
Haydon Kerk Motion Solutions, Inc. • www.HaydonKerk.com • Phone: 800 243 2715 • International: 203 756 7441

One of the world's smallest linear actuators, the Size 8 precision motor is a recent addition to our extensive, award winning miniature stepper motor product line.

Equipment designers and engineers now have an even more compact option for their motion applications. The Haydon™ 21000 Series Size 8 linear actuator occupies a minimal 0.8" (21 mm) space and includes numerous patented innovations that provide customers high performance and endurance in a very small package.

Three designs are available, captive, non-captive and external linear versions. The 21000 Series is available in a wide variety of resolutions - from 0.00006" (.0015 mm) per step to 0.00157" (0.04 mm) per step. The Size 8 actuator delivers thrust of up to 10 lbs. (44 N).

HYBRID LINEAR ACTUATOR
STEPPER MOTORS



Salient Characteristics

Size 8: 21 mm (0.8-in) Hybrid Linear Actuator (1.8° Step Angle)			
Part No.	Captive	21H4(X)-V	
	Non-captive	21F4(X)-V	
	External Lin.	E21H4(X)-V	
Wiring		Bipolar	
Winding Voltage	2.5 VDC	5 VDC	7.5 VDC
Current (RMS)/phase	.49 A	.24 A	.16 A
Resistance/phase	5.1 Ω	20.4 Ω	45.9 Ω
Inductance/phase	1.5 mH	5.0 mH	11.7 mH
Power Consumption	2.45 W Total		
Rotor Inertia	1.4 gcm²		
Insulation Class	Class B (Class F available)		
Weight	1.5 oz (43 g)		
Insulation Resistance	20 MΩ		

Linear Travel / Step Screw Ø.14-in(3.56 mm) inches mm	Order Code I.D.
.00006 .0015*	U
.000098* .0025	AA
.00012 .0030*	N
.00019* .005	AB
.00024 .006*	K
.00039* .01	AC
.00048 .0121*	J
.00078* .02	AD
.00157* .04	AE

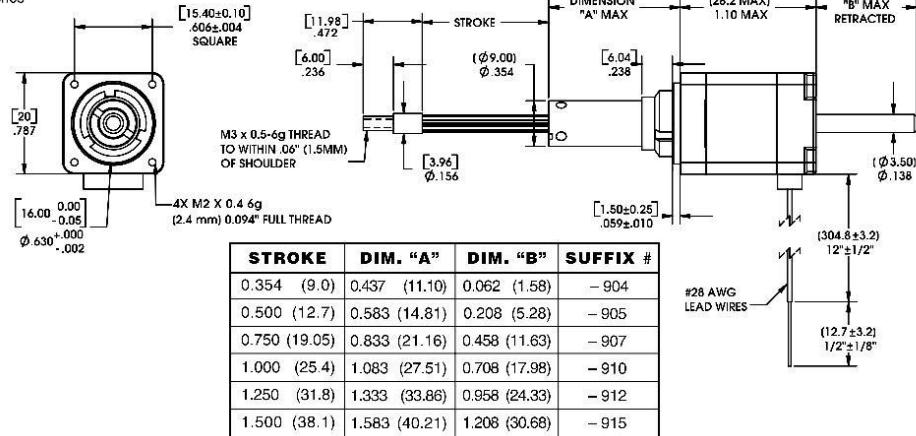
*Values truncated

Standard motors are Class B rated for maximum temperature of 130°C.

Special drive considerations may be necessary when leaving shaft fully extended or fully retracted.

Captive Lead-screw

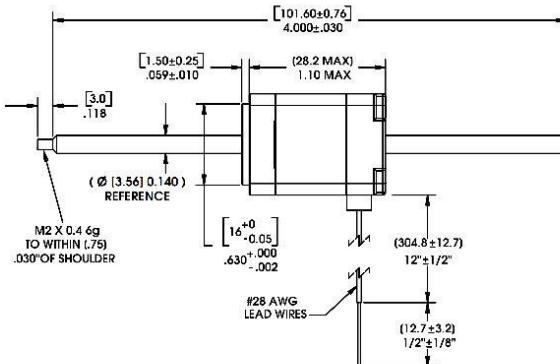
Dimensions = (mm) inches



Dimensions = [mm] inches

HYBRID LINEAR ACTUATOR
STEPPER MOTORS

Dimensions = (mm) inches



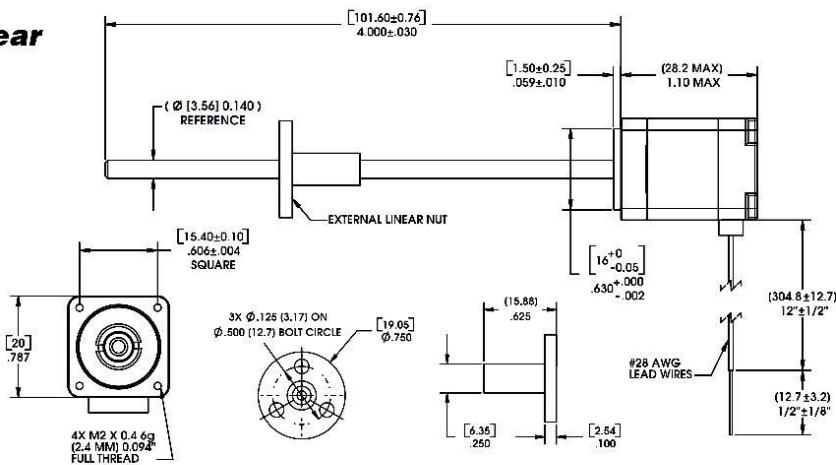
Non-Captive Lead-screw

Up to 6-in (152 mm)
standard screw lengths.
Longer screw lengths
are available.

External Linear

Dimensions = (mm) inches

Up to 6-in (152 mm)
standard screw lengths.
Longer screw lengths
are available.



21000 Series: Size 8 Performance Curves

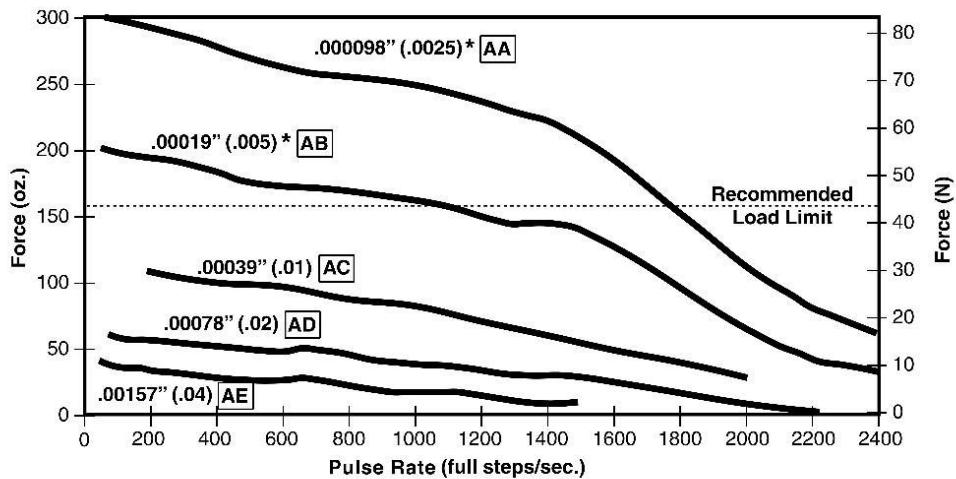
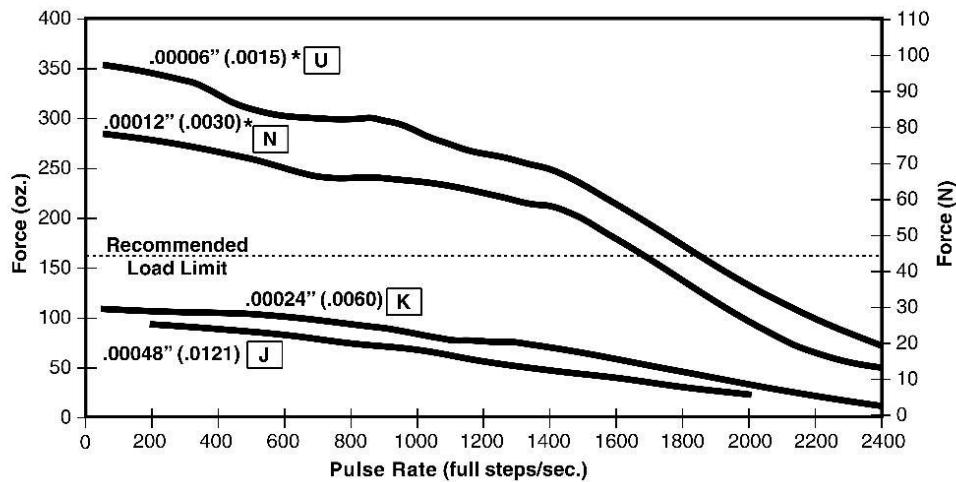


Haydon Kerk Motion Solutions, Inc. • www.HaydonKerk.com • Phone: 800 243 2715 • International: 203 756 7441

FORCE vs. PULSE RATE Bipolar • Chopper • 100% Duty Cycle

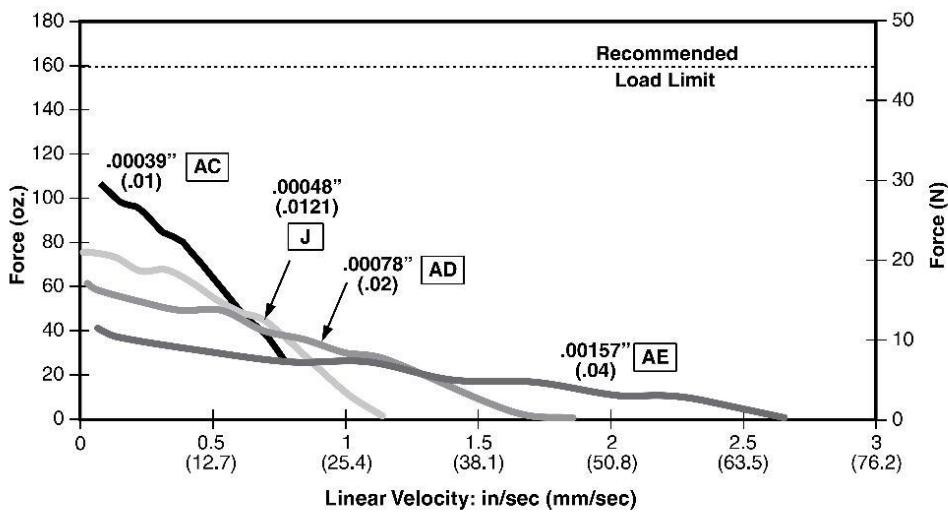
$\varnothing .14$ (3.56) Lead-screw

HYBRID LINEAR ACTUATOR
STEPPER MOTORS

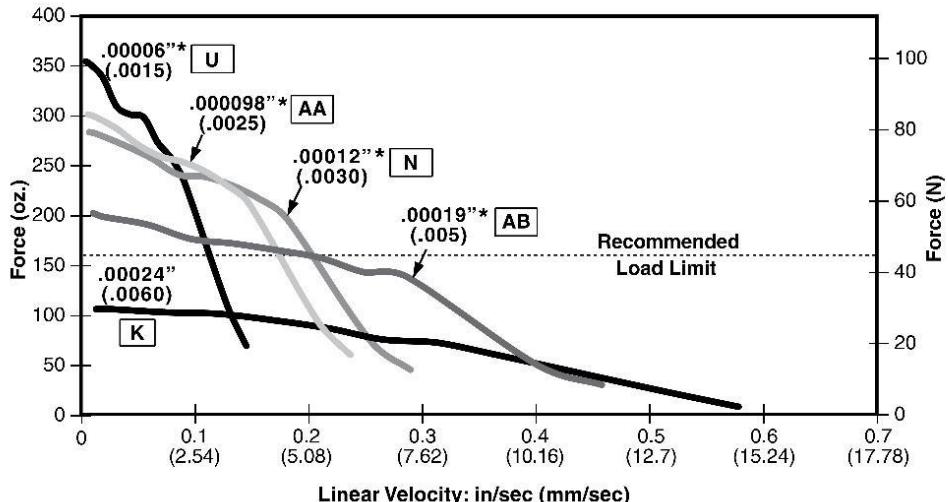


FORCE vs. LINEAR VELOCITY Bipolar • Chopper • 100% Duty Cycle

Ø .14 (3.56) Lead-screw



HYBRID LINEAR ACTUATOR
STEPPER MOTORS



*Care should be taken when utilizing these screw pitches to ensure that the physical load limits of the motor are not exceeded. Please consult the factory for advice in selecting the proper pitch for your application.

NOTE: All chopper drive curves were created with a 5 volt motor and a 40 volt power supply.

Ramping can increase the performance of a motor either by increasing the top speed or getting a heavier load accelerated up to speed faster. Also, deceleration can be used to stop the motor without overshoot.

With L/R drives peak force and speeds are reduced, using a unipolar drive will yield a further 30% force reduction.

9.2.3 Anexo B.3 Cilindro Guiado de SMC y final de carrera

Mounting space reduced by 1/2

Magnetically Coupled Rodless Cylinder Series NCY2B/NCY2S

The magnetically coupled cylinder is designed to be leak free due to no mechanical connection between the piston and the body. The NCY2S slider type offers guided support ideal for light loads when space is limited. The NCY2B basic type is designed to produce force in applications that require less support.

Basic

Series NCY2B



6 Bores Available
Standard tube I.D.s
are $\phi 6 \sim \phi 40$.

Great holding power
H type ($\phi 40$) - 227.94 lbs.
L type ($\phi 40$) - 140.65 lbs

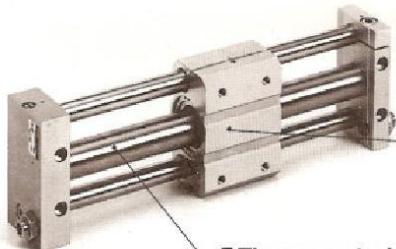
The max. stroke is 80 inches

$\phi 6\text{-}12$ in $\phi 10\text{-}20$ in $\phi 15\text{-}40$ in
 $\phi 25\text{-}32,40$ - 80in

Longer stroke available upon request

Slider

Slide Bearing Series NCY2S



No external leakage

Force is applied through the magnetic coupling of the cylinder piston and guide body. A rod seal is not required. Intermediate stop positions are easier to maintain and longer service life can be achieved.

The max. stroke is 60 inches (as standard)

$\phi 6\text{-}12$ in $\phi 10\text{-}20$ in $\phi 15\text{-}30$ in
 $\phi 25\text{-}40$ - 60in

Bronze pistons for superior resistance
against wear

Two low friction U-cups on piston designed to lower
breakaway and compensate for seal wear adding to
cylinder life

Simple fine adjustment of stroke and
addition of auto switch after installation

Shock absorber for absorption of shock and noise

The SMC shock's original orifice design permits optimal energy absorption without adjustment within a wide range from high-speed small loads to low-speed large loads and from small energy to large energy.

Auto switch is attachable

An auto switch can be mounted in any position along stroke of cylinder.

Easy piping and wiring

Hollow shafts and special switch rails are adopted. (Porting from one end)

Direct mounting of load on slide block

Magnetically Coupled Rodless Cylinder Series NCY2S

Slide Bearing Type: $\phi 6, \phi 10, \phi 15, \phi 25, \phi 32, \phi 40$

How to Order											
NC	D	Y2	S	25	H	05	25	B	A73	S	X116
With auto switch											
With auto switch capability											
Built in magnet											
Mounting											
S - Slider type											
Bore size											
Bore size (mm)	Bore size (inch)										
6	1/4										
10	3/8										
15	5/8										
25	1										
32	1 1/4										
40	1 1/2										
Magnetic holding power**											
H - Heavy duty											
L - General purpose											
*See table on page 8											
Stroke/Hundredths of an inch*											
*Note: Stroke length must be indicated as 4 digits. First and second digit: Stroke/Inch, Third and Fourth digit: Stroke/Hundredths of an inch. Example: 0525 = 5.25 (5 1/4) Inch stroke											
**Stroke/Hundredths of an inch* - Adjustment bolts (Std) see pg. 11.											
B - With shock absorbers BS - With one shock absorber BC - With cap type shock absorber BCS - With one cap type shock absorber											
Without auto switch											
Reed switch											
D-A72	D-A72	F79	D-F79								
A73	D-A73	F7P	D-F7P								
A80	D-A80	J79	D-J79								
A72H	D-A72H	F7NV	D-F7NV								
A73H	D-A73H	F7PV	D-F7PV								
A76H	D-A76H	F7BV	D-F7BV								
A80H	D-A80H	J79C	D-J79C								
A73C	D-A73C	F7NTL	D-F7NTL								
A80C	D-A80C	2-color light									
		F7PW	D-F7PW								
		J79W	D-J79W								
		F7BAL	D-F7BAL								
		F79F	D-F79F								
		F7LF	D-F7LF								

To Order NCDY2S Switch Rail Separately

Bore	Part No.*
6	RCY6-O
10	RCY10-O
15	RCY15-O
25	RCY25-O
32	RCY32-O
40	RCY40-O

*O = specify stroke

Auto Switch Specifications (See applicable auto switch on P. 16 for details.)

Reed Switch

Auto switch No.	Load voltage	Max. load current and load current range (mA)	Application
D-A72-A72H	200VAC	5~10	Relay, Sequence controller
	24VDC	5~40	
D-A73-A73H	100VAC	5~20	IC circuit
	4~8VDC	20	
D-A80-A80H	24VDC or less	50	Relay, IC circuit, Sequence controller
	48VDC	40	
	100VDC	20	
D-A73C	24VDC	5~40	Relay, Sequence controller
D-A80C	24VDC or less	50	Relay, IC circuit, Sequence controller
	All	NCD-M3	All Available Switches

Switch Mounting Kit

Solid State Switch

Auto Switch No.	Wiring method (NPn/P)	Output rating (NPn)	Power source	Load voltage-Load current	Application
D-F79	3 wire system	5, 12, 24VDC	28VDC or less (150mA or less)	-	IC circuit, Relay, Sequence controller
D-F7P	3 wire system (PNP)	(4.5~28VDC)	- (100mA or less)	-	24VDC Relay, Sequence controller
D-J79	2 wire system (-)	-	24VDC (10~28VDC) (5~150mA)	-	24VDC Relay, Sequence controller
D-F7NV	3 wire system (NPn)	5, 12, 24VDC	28VDC or less (150mA or less)	-	IC circuit, Relay, Sequence controller
D-F7PV	3 wire system (NPn)	(4.5~28VDC)	- (100mA or less)	-	24VDC Relay, Sequence controller
D-F7BV	2 wire system (-)	-	24VDC (10~28VDC) (5~150mA)	- (80mA or less)	24VDC Relay, Sequence controller
D-F7PW	5 wire system (PNP)	5, 12, 24VDC (4.5~28VDC)	- (80mA or less)	-	24VDC Relay, Sequence controller
D-J79W	2 wire system (-)	-	24VDC (10~28VDC) (5~150mA)	-	24VDC Relay, Sequence controller
D-F7AL	2 wire system (-)	-	24VDC (10~28VDC) (5~150mA)	-	24VDC Relay, Sequence controller
D-J79C	2 wire system (-)	-	24VDC (10~28VDC) (5~150mA)	-	24VDC Relay, Sequence controller
D-F7LF	4 wire system (NPn)	24VDC (20~28VDC)	28VDC or less (40mA or less)	-	24VDC Relay, Sequence controller
D-F79F	5, 12, 24VDC (4.5~28VDC)	28VDC or less (40mA or less)	-	-	IC circuit, Relay, Sequence controller
With timer	3 wire system (NPn)	5, 12, 24VDC (4.5~28VDC)	28VDC or less (80mA or less)	-	IC circuit, Relay, Sequence controller

*A two-color display type auto switch (D-F79W) is mountable. Consult us when using it.

9

Series NCY2S



Model

Type	Bearing	Model	Bore size	Auto switch model	Adjustment
Slider	Oil impregnated bushing	NCY2S	ø6, ø10, ø15 ø25, ø32, ø40	D-A7-A8 type D-F7-J7 type	Adjusting bolt and Shock absorber

Specifications

		1MPa=10,1972kgf/cm ²
Fluid		Air
Proof pressure		152 psi {10.7kgf/cm ² }
Max. operating pressure		101 psi {7.1kgf/cm ² }
Min. operating pressure		26 psi {1.8kgf/cm ² }
Ambient and fluid temperature		14~140°F {-10~+60°C}
Operating piston speed		2~16 in/sec (50~400mm/s)
Cushion		Urethane cushion at both sides
Lubrication		Non-lube
Stroke tolerance (inch)		0~9.9st ^{±0.004} , 10~39.4st ^{±0.05} , 39.5st ^{±0.07}
Mounting position		Horizontal

When setting an auto switch (in case of NCDY2S) at the intermediate position, the detectable max. piston speed is subject to the response time of the load (relay, sequence controller, etc.)

Standard Stroke

Bore size	Standard stroke (inch)	Manufacturable max. stroke (inch)
ø6	2, 3, 4, 5, 6, 8, 10	12
ø10	2, 3, 4, 5, 6, 8, 10	20
ø15	5, 10, 15, 20, 25, 30	30
ø25	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40	
ø32	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40	
ø40	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40	60

Longer strokes available as special order

Magnetic Holding Power (lbs)

Type of magnetic holding power	ø6	ø10	ø15	ø25	ø32	ø40
H type	4.85	13.33	33.95	89.70	145.50	227.94
L type	-	-	20.13	54.55	88.50	140.65

1 kg=2.2 lbs

1N=0.101972kgf

Weight Table

Bore size (mm)	6	10	15	25	32	40
Bore size (inch)	1/4	3/8	5/8	1	1 1/4	1 1/2
Basic weight	NCY2B H	0.59	1.06	2.00	4.05	8.00
	NCY2B L	-	-	1.87	3.85	7.67

Additional weight per 1 in. stroke 0.048 0.084 0.117 0.192 0.300 0.454

Calculation method/Example:
NCY2S32H-1050 Basic weight 8.00 lbs
Basic type, Bore 1.25 inch, stroke 10.5 inch Additional weight 0.30/inch 8.00+(0.30×10.5)=11.15 (lbs)
Cylinder stroke 10.5inch

Main Parts

Description	Material	Note
Plate A.B	Aluminum alloy	Anodized
Cylinder tube	Stainless steel	-
Guide rod	Carbon steel	Hard chrome
Magnet	Rare earth metal magnet	-
Slide block	Aluminum alloy	Anodized

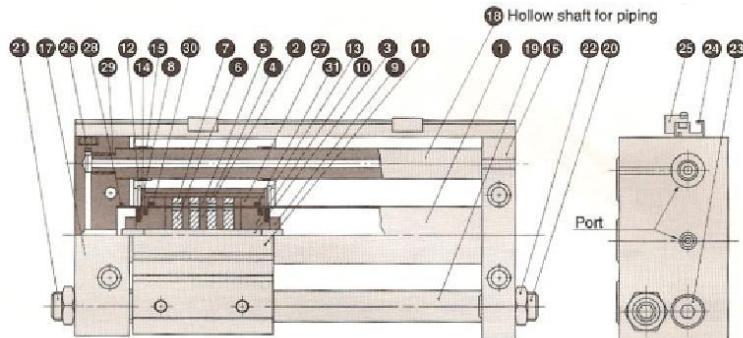
With shock absorber

See P.15 for the details of Series NCY2S.

Slider Type /Slide Bearing Series NCY2S

Construction/Parts List

NCDY2S25H



Parts List

No.	Description	Material	Note
①	Cylinder tube	Stainless steel	
②	External moving element side tube	Aluminum alloy	
③	Shaft	Stainless steel	
④	Piston side yoke	Rolled steel	Zinc chromate
⑤	External moving element side yoke	Rolled steel	Zinc chromate
⑥	Magnet A	Rare-earth metal magnet	
⑦	Magnet B	Rare-earth metal magnet	
⑧	Bumper	Urethane rubber	
⑨	Piston nut	Carbon steel	Zinc chromate
⑩	Piston	"Bronze	
⑪	Slide block	Aluminum alloy	Hard alumite
⑫	Moving element spacer	Rolled steel	Nickel plating
⑬	Retaining ring	Carbon tool steel	Nickel plating

Parts List

No.	Description	Material	Note
①	Spacer	Rolled steel	Nickel plating
②	Bushing	Bearing material integrated with oil	
③	Plate A	Aluminum alloy	Hard alumite
④	Plate B	Aluminum alloy	Hard alumite
⑤	Guide shaft A	Carbon steel	Hard chromium plating
⑥	Guide shaft B	Carbon steel	Hard chromium plating
⑦	Adjusting bolt A	Chrome-Molybden steel	Nickel plating
⑧	Adjusting bolt B	Chrome-Molybden steel	Nickel plating
⑨	Hexagon nut	Carbon steel	Nickel plating
⑩	Hexagon socket head cap screw	Chrome-Molybden steel	Nickel plating
⑪	Switch mounting rail	Aluminum alloy	
⑫	Auto switch	—	
⑬	Plus	Brass	Nickel plating

***Brass in case of a fire home**

Spare Parts/Exchange Parts

Spare Part Exchange Parts							
No.	Bore size	ø6	ø10	ø15	ø25	ø32	ø40
	Packing set No.	CY2S5-PS	CY2S10-PS	CY2S15-PS	CY2S25-PS	CY2S32-PS	CY2S40-PS
①	Description	Parts No.	pcs.	Parts No.	pcs.	Parts No.	pcs.
②	Scraper holder	CY-006-07-23536	2	CYB10-36-A8009	2	CYS15-36-A8019	2
③	Cylinder tube gasket	C-8	2	C-12	2	C-17	2
④	Guide shaft gasket	C-6	1	C-8	1	C-7	1
⑤	Piston packing	DYP-6	2	DYP-10	2	PPV-15	2
⑥	Scraper	-	-	PDUL12-17	2	PDUL23x16	2
				PDUL34x26	2	EDU145x34	2
				PDUL51x42	2	PDUL51x42	2

Applicable Grease (Soap group lithium grease with No.1 or No.2 consistency)

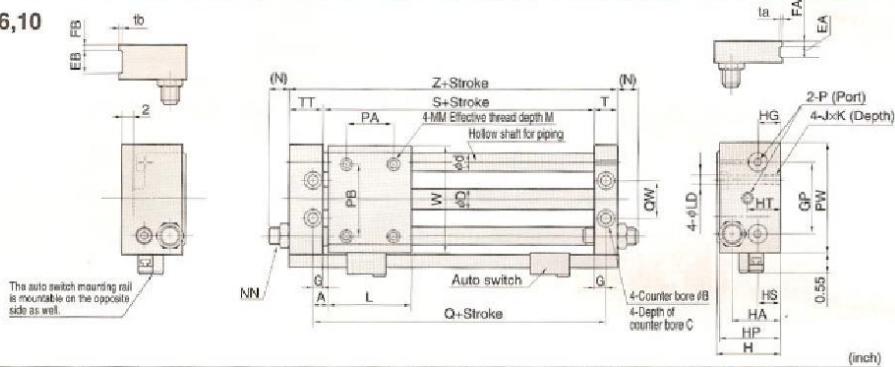
Grease name	Maker	Grease name	Maker	Grease name	Maker
Kyoseki Lisonix Grease No.1		Alvania Grease No.1		Kosmo Grease Dynamax No.1	
Kyoseki Lisonix Grease No.2	Japan Energy	Alvania Grease No.2		Kosmo Grease Dynamax No.2	Kosmo Oil
Lithtan No.1		Alvania EP Grease No.1	Shell Sekiyu	Fukkol Multipurpose Grease No.1	
Lithtan No.2		Alvania EP Grease No.2		Fukkol Multipurpose Grease No.2	Fuji Kosan
Lithtan EP1	Esso Standard	Sunlight Grease No.2		Multinoc Grease No.1	
Lithtan EP2	Sekiyu	Sunlight Grease EM1	Showa Sekiyu	Multinoc Grease No.2	Nippon Oil
Daphne Coronex Grease No.1		Sunlight Grease EP1		Epnoc Grease No.1	
Daphne Coronex Grease No.2	Idemitsu Kosan	Sunlight Grease EP2		Epnoc Grease No.2	
Diamond Multipurpose Grease No.1		Dynamic Grease MP1		Gemicco Grease MP-1	
Diamond Multipurpose Grease No.2	Mitsubishi Oil	Dynamic Grease MP2		Gemicco Grease MP-2	
Mobilux Grease No.1		Dynamic Grease S1	Daikyo Sekiyu	Gemicco Grease MH-1	
Mobilux Grease No.2	Mobil Sekiyu	Dynamic Grease S2		Gemicco Grease MH-2	General Sekiyu

Note 1) The greese name No. shows the consistency.

Series NCY2S

Slider Type: Dimensions

NC□Y2S6,10

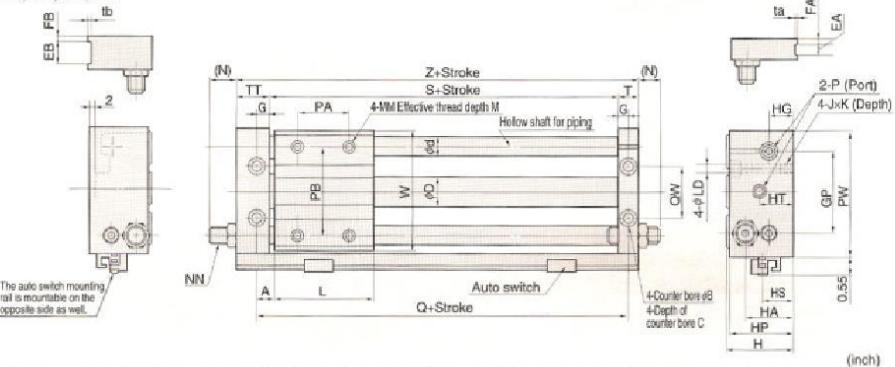


Model	Stroke range	A	dB	C	dD	ød	EA	EB	FA	FB	G	GP	H	HA	HG	HP	HS	HT	JxK
NCY2S6	-12 inch	0.28	0.26	0.13	0.30	0.31	—	—	—	—	0.20	1.26	1.06	0.75	0.31	1.02	0.31	0.67	No.8-32UNCx0.26
NCDY2S6																			
NCY2S10	-20 inch	0.31	0.31	0.17	0.47	0.39	.24	.47	.12	.20	0.26	1.57	1.37	1.00	0.51	1.30	0.55	0.74	No.10-32UNFx0.37
NCDY2S10																			

Model	L	LD	M	MM	(N)	NN	P	*PA	PB	PW	Q	QW	S	T	TT	ta	lb	W	Z
NCY2S6	1.57	.14	0.24	No.8-32UNC	0.35	3/8-32UNEF	No.10-32UNF	1.00	1.00	1.97	2.13	0.63	1.73	0.39	0.63	—	—	1.81	2.75
NCDY2S6																			
NCY2S10	1.77	.17	0.24	No.8-32UNC	0.37	3/8-32UNEF	No.10-32UNF	1.00	1.50	2.36	2.38	0.88	1.86	0.49	0.81	.02	.04	2.28	3.16
NCDY2S10																			

*The PA's dimension is symmetrical at the center.

NC□Y2S15,25,32,40



Model	Stroke range	A	dB	C	dD	ød	EA	EB	FA	FB	G	GP	H	HA	HG	HP	HS	HT	JxK
NCY2S15	-30 inch	0.32	0.38	0.20	0.65	0.47	.24	.51	.12	.24	0.26	2.05	1.63	1.14	0.56	1.54	0.59	0.88	1/4-28UNFx0.37
NCDY2S15																			
NCY2S25	-60 inch	0.37	0.44	0.26	1.04	0.63	.32	.55	.16	.28	0.33	2.76	2.13	1.57	0.79	2.09	0.91	0.79	5/16-24UNFx0.39
NCDY2S25																			
NCY2S32	-60 inch	0.45	0.55	0.31	1.32	0.79	.32	.63	.20	.28	0.37	3.39	2.63	1.97	0.97	2.52	1.06	0.97	3/8-24UNFx0.59
NCDY2S32																			
NCY2S40	-60 inch	0.51	0.55	0.31	1.64	0.98	.39	.79	.20	.39	0.41	4.09	3.00	2.05	0.99	2.91	1.18	0.99	3/8-24UNFx0.59
NCDY2S40																			

Model	L	LD	M	MM	(N)	NN	P	*PA	PB	PW	Q	QW	S	T	TT	ta	lb	W	Z
NCY2S15	2.36	.22	0.31	No.10-32UNF	0.28	1/2-20UNF	No.10-32UNF	1.25	2.00	2.95	3.00	1.13	2.48	0.49	0.89	.02	.04	2.83	3.86
NCDY2S15																			
NCY2S25	2.76	.28	0.39	1/4-28UNF	0.46	9/16-18UNF	NPT 1/8	1.50	2.75	3.94	3.50	1.63	2.84	0.65	1.00	.02	.04	3.82	4.49
NCDY2S25																			
NCY2S32	3.35	.34	0.47	5/16-24UNF	0.50	3/4-16UNF	NPT 1/4	1.63	3.00	4.80	4.25	2.00	3.51	0.73	1.12	.02	.04	4.69	5.36
NCDY2S32																			
NCY2S40	3.74	.34	0.47	5/16-24UNF	0.59	3/4-16UNF	NPT 1/4	2.5	4.13	5.71	4.75	2.50	3.93	0.81	1.40	.02	.04	5.59	6.14
NCDY2S40																			

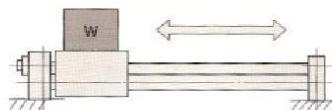
*The PA's dimension is symmetrical at the center.

Series NCY2S

Slider Type

Application Information

① Horizontal operation (Mounted on floor)

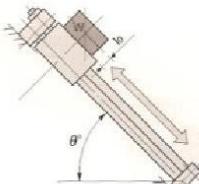


Max. live load (Center of slide block) (kg)

Bore size	ø6	ø10	ø15	ø25	ø32	ø40
W (kg)	1.8	3.0	7.0	20.0	30.0	50
Stroke (MAX)	12 in.	20 in.	30 in.	60 in.	60 in.	60 in.

Basic design value: Those of the max. allowable load are 60% of the max. thrust ($P=0.7MPa$). However, the above load is subjected to the stroke length in case of every cylinder size due to the limit for deflection of the guide shaft. (Be careful of coefficient α .) In case of some operational direction, the allowable load may be different from the basic design value.

② Inclined operation (Operational direction)



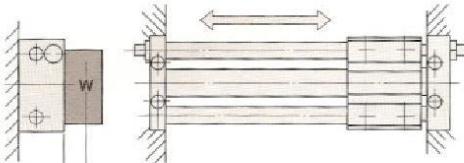
Bore size	Allowable load (kg)
ø6	$\alpha \cdot 5.1 \cdot K$ $3\cos\theta+2(1.9+l_0)\sin\theta$
ø10	$\alpha \cdot 10.5 \cdot K$ $3.5\cos\theta+2(2.2+l_0)\sin\theta$
ø15	$\alpha \cdot 35 \cdot K$ $5\cos\theta+2(2.7+l_0)\sin\theta$
ø25	$\alpha \cdot 120 \cdot K$ $6\cos\theta+2(3.4+l_0)\sin\theta$
ø32	$\alpha \cdot 210 \cdot K$ $7\cos\theta+2(4.2+l_0)\sin\theta$
ø40	$\alpha \cdot 400 \cdot K$ $8\cos\theta+2(5.1+l_0)\sin\theta$

Angle	-45°	-60°	-75°	-90°
k	1	0.9	0.8	0.7

Angle coefficient [K]: $K=[-45^\circ(-90^\circ)]=1$
 $[-60^\circ]=0.9$, $(-75^\circ)=0.8$,
 $(-90^\circ)=0.7$

l₀: Distance from mounting surface to load's center of gravity (cm).

③ Horizontal operation (Mounted to wall)

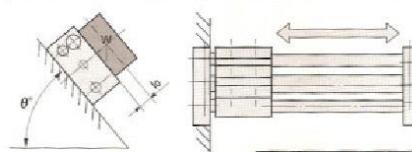


l₀: Distance from mounting surface to load's center of gravity (cm)

Bore size	Allowable load (kg)
ø6	$\alpha \cdot 5.44$ $7+2l_0$
ø10	$\alpha \cdot 12.0$ $8.4+2l_0$
ø15	$\alpha \cdot 36.4$ $10.6+2l_0$
ø25	$\alpha \cdot 140$ $13.8+2l_0$
ø32	$\alpha \cdot 258$ $17+2l_0$
ø40	$\alpha \cdot 520$ $20.6+2l_0$

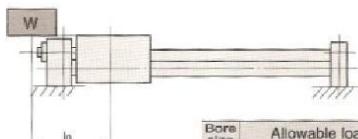
l₀: Distance from mounting surface to load's center of gravity (cm)

④ Inclined operation (Vertical to operational direction)



Bore size	Allowable load (kg)
ø6	$\alpha \cdot 5.44$ $3.2+2(1.9+l_0)\sin\theta$
ø10	$\alpha \cdot 12.0$ $4+2(2.2+l_0)\sin\theta$
ø15	$\alpha \cdot 36.4$ $5.2+2(2.7+l_0)\sin\theta$
ø25	$\alpha \cdot 140$ $7+2(3.4+l_0)\sin\theta$
ø32	$\alpha \cdot 258$ $8.6+2(4.2+l_0)\sin\theta$
ø40	$\alpha \cdot 520$ $10.4+2(5.1+l_0)\sin\theta$

⑤ The load's center of gravity is offset in the operational direction. (I)

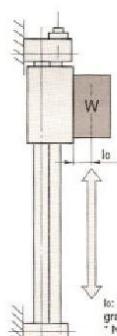


l₀: Distance from mounting surface to center of slide block (cm)

Bore size	Allowable load (kg)
ø6	$\alpha \cdot 2.55$ l_0+3
ø10	$\alpha \cdot 5.25$ $l_0+3.5$
ø15	$\alpha \cdot 17.5$ $l_0+5.0$
ø25	$\alpha \cdot 60$ $l_0+6.0$
ø32	$\alpha \cdot 105$ $l_0+7.0$
ø40	$\alpha \cdot 200$ $l_0+8.0$

13

⑥ Vertical movement

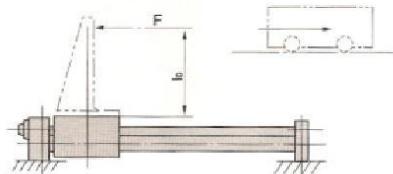


Bore size	Allowable load (kg)
ø6	1.33 $1.9+l_0$
ø10	4.16 $2.2+l_0$
ø15	13.23 $2.7+l_0$
ø25	44.0 $3.4+l_0$
ø32	88.2 $4.2+l_0$
ø40	167.8 $5.1+l_0$

l₀: Distance from mounting surface to load's center of gravity (cm)
Note: Principally, it becomes impossible to operate.
(Reference value)
Note: A safety coefficient for avoiding fall is taken into consideration.

Series NCY2S

① Horizontal operation (Load pressing, Pressure)



Bore size	Allowable load (kg)
φ6	α·2.55 1.9+l ₀
φ10	α·5.25 2.2+l ₀
φ15	α·17.5 2.7+l ₀
φ25	α·60 3.4+l ₀
φ32	α·105 4.2+l ₀
φ40	α·200 5.1+l ₀

F: Drive (Position, l₀ from slide block) drag (kg)
l₀: Distance from mounting surface to load's center of gravity (cm)

How to calculate α when selecting allowable load

α should be considered to be a coefficient decided in accordance with each stroke because the max. allowable load is related to the cylinder stroke and varies as shown in the table below.

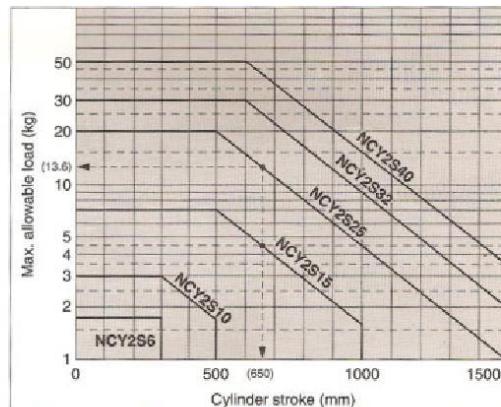
Ex.) In case of NCY2S25□-2560:

(1) Max. allowable load=20kg
(2) Max. allowable load in case of (650)st=13.6kg (3) $\alpha = \frac{13.6}{20} = 0.68$
(25.6inch*25.4=650mm)

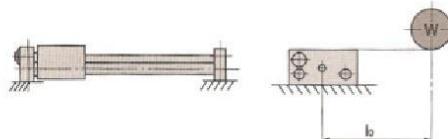
Calculation formula for α (α<1) 1 inch = 25.4mm ST: Stroke (mm)

Model	NCY2S6	NCY2S10	NCY2S15
α=	1	$10^{(0.66-1.3 \times 10^{-3} \times ST)}$	$10^{(1.5-1.3 \times 10^{-3} \times ST)}$
		3	7
Model	NCY2S25	NCY2S32	NCY2S40
α=	$10^{(1.98-1.3 \times 10^{-3} \times ST)}$	$10^{(2.26-1.3 \times 10^{-3} \times ST)}$	$10^{(2.48-1.3 \times 10^{-3} \times ST)}$
	20	30	50

Note) Apply α=1 in case of : φ10-300mmST, φ15-500mmST, φ25-500mmST, φ32-600mmST, and φ40-600mmST at the max..



② Horizontal operation [Load, Offset in operational direction (l)]



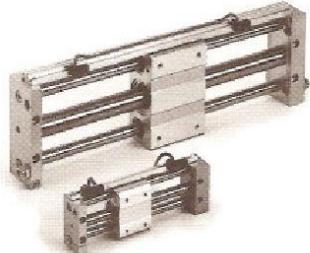
l: Distance from center of slide block to load's center of gravity (cm)

Bore sizes	Allowable load (kg)
φ6	α·3.80 3.2+l ₀
φ10	α·8.40 4+l ₀
φ15	α·25.48 5.2+l ₀
φ25	α·98 7.0+l ₀
φ32	α·180 8.6+l ₀
φ40	α·364 10.4+l ₀

Cautions on use

- Avoid applying a load to the cylinder exceeding the calculation value in the data for selection.
- Secure the cylinder not to the slide block but to the plate.
- Consult us for operation under an ambience where the cylinder (surface of cylinder tube/guide shaft) may be exposed to water (hot water) or cooling liquid.
- Periodically grease the bearing of the slide block. (See the applicable greases described on P.9.)
- Consult our sales dept. for the change of the magnet holding power (ex.NCY2S25L → NCY2S25H), which should be changed in our plant.
- Avoid disassemble the magnet's component (piston moving element or external moving element), which may cause holding power's deterioration or defect.
- Principally, avoid operation in a vertical direction. If it cannot be avoided, consult us.

Series NCY2 Auto Switch Specifications



Applicable auto switch model

Applicable series	Applicable Cylinder Bore size (mm)	Applicable auto switch	Electrical entry
NCY2S (Slider type)	Φ6, Φ10 Φ15, Φ25 Φ32, Φ40	Read switch	D-A7-A8 D-A7CH-A80H D-A7C-A80C D-F7/J7 D-F7NTL D-F7/V D-J79C D-F7PW/J79W D-F7/F D-F7BAL
		Solid state switch	Grommet (Vertical take-out) Grommet (Horizontal take-out) Connector Grommet (Horizontal take-out) Grommet (With timer-Horizontal take-out) Grommet (Vertical take-out) Connector Grommet (2-color indication-Horizontal take-out) Grommet (2-color indication-With diagnosis output Horizontal take-out) Grommet (2-color indication-Improved water resistance-Horizontal take-out)

Reed switch/Rail mount type

Auto switch model	Load voltage	Max. load current and load current range mA	Indicator lamp (ON: Lit)	Contact protection circuit	Applications	
D-A72-A72H	200VAC	5~10	●	None	Relay, Sequence controller	
D-A73	24VDC	5~40	●	None		
D-A73H	100VAC	5~20				
D-A80 D-A80H	24V ^{AC} or less	50	None	None	IC circuit, Relay, Sequence controller	
	48V ^{DC}	40				
	100V ^{AC}	20				
D-A76H	4~8VDC	20	●	None	IC circuit	
D-A73C	24VDC	5~40	●	None	Relay, Sequence controller	
D-A80C	24V ^{AC} or less	50	None	None	IC circuit, Relay, Sequence controller	

Solid state switch/Rail mount type

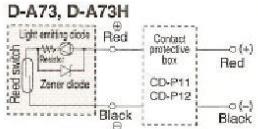
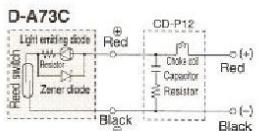
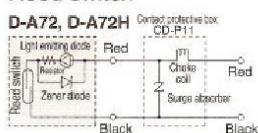
Auto switch model	Wiring method Output method	Power voltage	Load current	Internal voltage drop Load current in case of 10mA	Indicator lamp (ON: Lit)	Applications	Function
D-F79			150mA or less	0.8V or less	●	IC circuit, Relay, Sequence controller	—
D-F7NV	3 wire system NPN		150mA or less	0.8V or less	●	IC circuit, Relay, Sequence controller	Lead wire: Vertical take-out With 200ms off-delay timer
D-F7NTL		5, 12, 24 VDC (4.5~28VDC)	80mA or less	0.8V or less	●	24VDC Relay, Sequence controller	—
D-F7P			100mA or less	0.8V or less	●	IC circuit, Relay, Sequence controller	Lead wire: Vertical take-out 2-color indication
D-F7PV	3 wire system PNP		100mA or less	0.8V or less	●		
D-F7PW			80mA or less	0.8V or less	◎		
D-J79			5~150mA	3V or less	●		—
D-J79C			5~150mA	3V or less	●		Connector type
D-F7BV	2 wire system	—	5~150mA	3V or less	●	Lead wire: Vertical take-out	
D-F7BAL			5~40mA	4V or less	◎	Improved water resistance	
D-J79W			5~40mA	4V or less	◎	2-color indication	
D-F79F	4 wire system NPN	5, 12, 24 VDC (4.5~28VDC)	40mA or less	0.8V or less	◎	IC circuit, Relay, Sequence controller	With diagnosis output
D-F7LF		24 VDC (20~26VDC)	40mA or less	0.8V or less	◎	24VDC Relay, Sequence controller	With latch type diagnosis output

Two-color display type

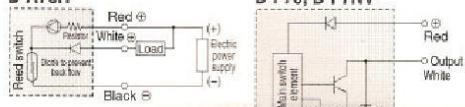
Series NCDY2

Auto switch/Internal circuit

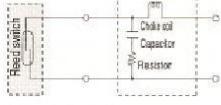
Reed switch



D-A76H



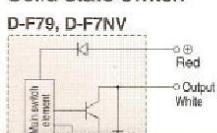
D-A80C



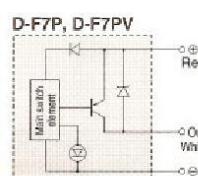
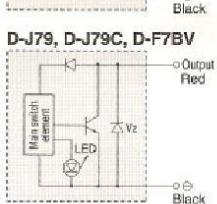
D-A80, D-A80H



Solid state switch



D-J79, D-J79C, D-F7BV



Mounting interchange ability with reed switch. It is possible to change type of switch because of its mounting compatibility.

Solid state switch
D-F7 type] → Reed switch
D-J79 type]

Contact protective box/CD-P11,CD-P12

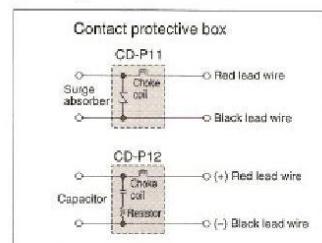
The auto switches of D-A7-A8 type, D-A7H-A8H type, D-A7-C-A8C type, D-C7-C8 type are not incorporated with contact protective circuit.

- ① Operating load in an inductive load.
- ② The wiring length to load is 5m or more.
- ③ The load voltages are 100 or 200VAC. Either voltage should be used with the contact protective box.

Contact protective box of specifications

Part No.	CD-P11	CD-P12
Load voltage	100VAC	200VAC
Max. load current	25mA	12.5mA
Lead wire length	— Switch connecting side 0.5m	Load connecting side 0.5m

Contact protective box/Internal circuit



Contact protective box/Connection method

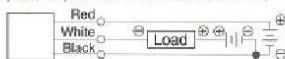
For connection of the switch body and the contact protective box, connect the load in the side indicated as switch on the contact protective box to the lead from the switch body. The length of lead between the switch body and the contact protective box should be within 1m and they should be set as close as possible.

How to connect solid state switch

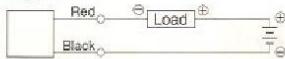
3 wire system (When power source for switch and load is common)



3 wire system (When power source for switch and load is not common)



2 wire system



Red lead wire: Connect to the power source (+) (power source terminal) to operate main circuit of switch. In case of 2-wire systems connect with (+) side of load.

White lead wire: Connect to load (to the input of sequence controller and outlet relay).

Black lead wire: Connect to the power source (-).

Precautions

Reed switch

Contact capacity
① Loads over the maximum contact capacity of the switch should not be used.

Fuji Electric	Omron	Matsushita Electric
HHS type	MY type	HC type
Tokyo electric	Idec (izumi)	Mitsubishi Electric
MPM type	RM type	RD type

Wiring/current/voltage

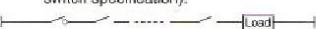
- ① Auto switch: connect first a load and then connect the power source.
- ② The switches with 24VDC, indicator lamp have polarity. The red lead is (+) and the black lead is (-). [In case of D-97 type, the no-display side is (+) and the black-line display side is (-).] The reverse connection allows the switch to operate but the light emitting diode does not light. If the current exceeds the specification failure may occur.

Applicable model: D-A73, A73H, A73C, E73A, Z73D-97, 93AA79WD-A33, A34, A33A, A34A, A44, A44AD-A53, A54, B53, B54

- ③ Switch with indicator lamp (without A76H)

- 1) If using less than a specified current, the light emitting diode goes to dark light or does not light, but operation of the switch is possible.

- 2) If the switches are connected in series as shown in the following figure, it makes voltage drop larger by the internal resistance of the light emitting diode (Refer to the internal resistance voltage in the auto switch specification).



- 3) If using less than a specified voltage, the load may not operate due to the internal voltage drop of switch even. In voltage drop, the allowable voltage range of load should be confirmed.

- ④ If an internal resistance of the light emitting diode causes trouble, the switches with no indicator lamp (D-A8) should be used.

17

Precautions

Solid state switch

- ① Load over the maximum load capacity of the switch should not be used.

- ② The switch should not be connected to the power supply until after connection to the load.

- ③ All switch types have functions to protect against incorrect connection, output short or over load in order to prevent damage of the switch. Since incorrect wiring may cause problems on the load side, caution should be exercised when wiring.

- ④ Since a D.C. 2 wire system auto switch is 3V or less in the internal voltage drop and 1mA or less in the leak current, it satisfies the input specification of most sequence controllers. If some trouble arises, a D.C. 3 wire system should be used.

9.2.4 Anexo B.4 Electro Válvula

Solenoid Air Control Valve with 5 Ports

2 Positions, 1/8 NPTF, Single Solenoid

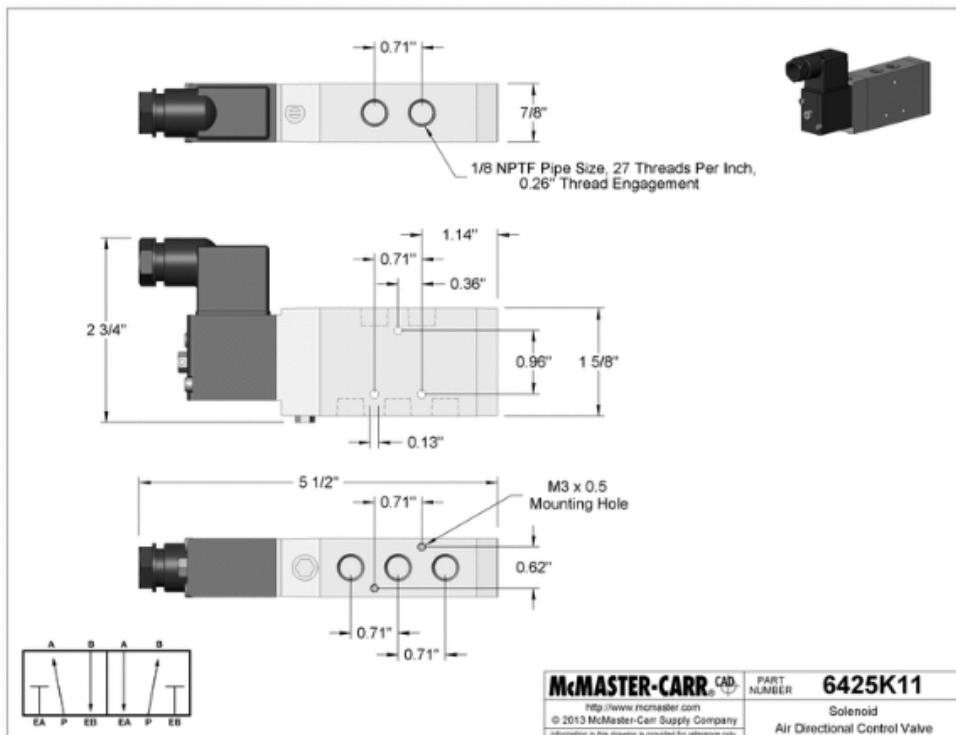


Number of Ports	5
Positions Number	2
Port Size	1/8 NPTF
Maximum scfm @ 100 psi	56
Flow Coefficient	1
Operating Pressure Range	15-150 psi
Additional Specifications	4-Way Valves for Double-Acting Cylinders Single Solenoid Standard National Fluid Power Association (NFPA) Diagrams

Whether you use these valves alone or mounted to a manifold, they can be operated remotely as well as in automated processes. To operate, add compressed air to the input and apply voltage to the electrical connection. Port connections are female.

Valves are made of aluminum. Power draw is 3.5 watts for DC valves; 4 watts for AC valves. Vacuum rated to 28" Hg. Note: Same-style valves can be used on the same manifold. For example, you can put a 2-position, single-solenoid standard valve and a 3-position, double-solenoid standard valve on the same manifold.

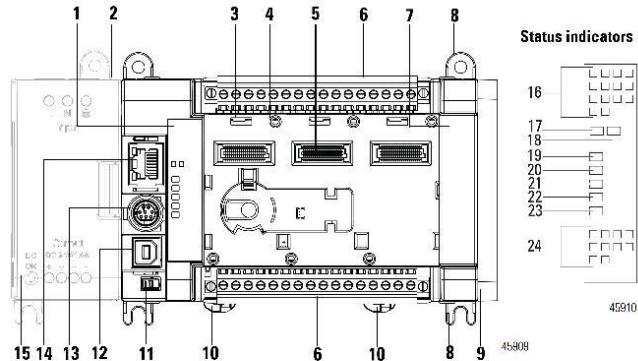
Single-solenoid valves move into position when electrical current is supplied; a spring returns the valves to their original position once current is removed.



9.2.5 Anexo B.5 Micro 850

Micro850 Controllers

Micro850 24-point controllers and status indicators



Controller Description

	Description		Description
1	Status indicators	9	Expansion I/O slot cover
2	Optional power supply slot	10	DIN rail mounting latch
3	Plug-in latch	11	Mode switch
4	Plug-in screw hole	12	Type B connector USB port
5	40 pin high speed plug-in connector	13	RS232/RS485 non-isolated combo serial port
6	Removable I/O terminal block	14	RJ-45 Ethernet connector (with embedded green and yellow LED indicators)
7	Right-side cover	15	Optional power supply
8	Mounting screw hole / mounting foot		

Status Indicator Description⁽¹⁾

	Description		Description
16	Input status	21	Fault status
17	Module Status	22	Force status
18	Network Status	23	Serial communications status
19	Power status	24	Output status
20	Run status		

(1) For detailed descriptions of the different status LED indicators, see [Troubleshooting on page 227](#).

Micro830 Controllers – Number and Type of Inputs/Outputs

Catalog Number	Inputs		Outputs			PTO Support	HSC Support
	110V AC	24V DC/V AC	Relay	24V Sink	24V Source		
2080-LC30-16QVB		10		6		1	2
2080-LC30-24QBB		14			10	2	4
2080-LC30-24QVB		14		10		2	4
2080-LC30-24QWB		14	10				4
2080-LC30-48AWB	28		20				
2080-LC30-48QBB		28			20	3	6
2080-LC30-48QVB		28		20		3	6
2080-LC30-48QWB		28	20				6

Micro850 Controllers – Number and Types of Inputs and Outputs

Catalog Number	Inputs		Outputs			PTO Support	HSC Support
	120V AC	24V DC/V AC	Relay	24V Sink	24V Source		
2080-LC50-24AWB	14		10				
2080-LC50-24QBB		14			10	2	4
2080-LC50-24QVB		14		10		2	4
2080-LC50-24QWB		14	10				4
2080-LC50-48AWB	28		20				
2080-LC50-48QBB		28			20	3	6
2080-LC50-48QVB		28		20		3	6
2080-LC50-48QWB		28	20				6

Programming Cables

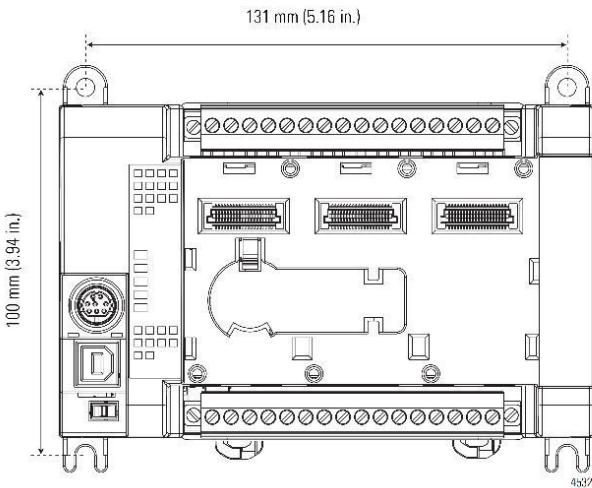
Micro800 controllers have a USB interface, making standard USB cables usable as programming cables.

Use a standard USB A Male to B Male cable for programming the controller.

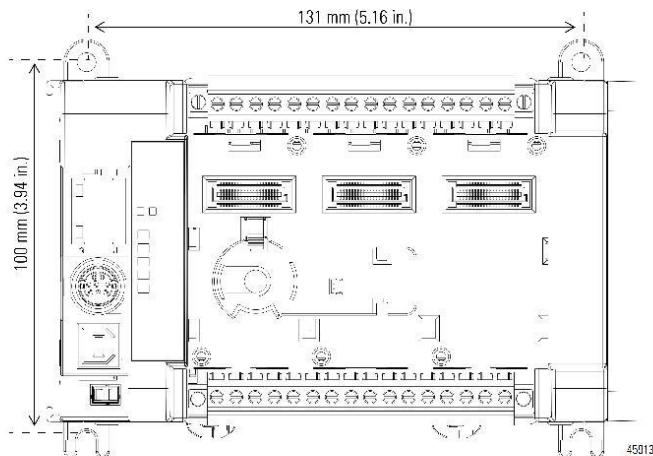


45221

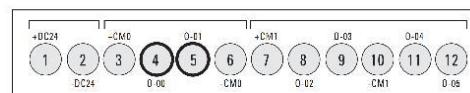
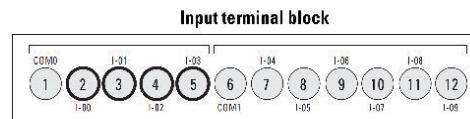
Micro830 24-Point Controllers
2080-LC30-24QWB, 2080-LC30-24QVB, 2080-LC30-24QBB



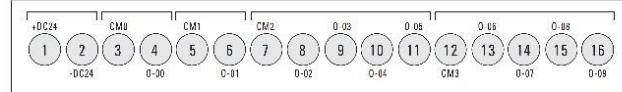
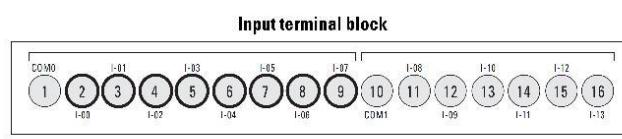
Micro850 24-Point Controllers
2080-LC50-24AWB, 2080-LC50-24QBB, 2080-LC50-24QVB, 2080-LC50-24QWB



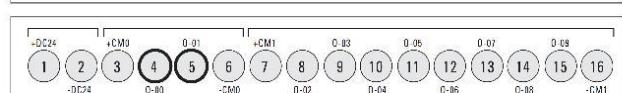
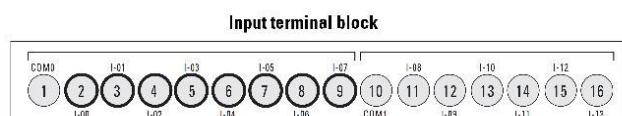
Micro830 48-Point Controllers
2080-LC30-48AWB, 2080-LC30-48QWB, 2080-LC30-48QVB,
2080-LC30-48QBB

2080-LC30-16QVB

450179

2080-LC30-24QWB / 2080-LC50-24AWB / 2080-LC50-24QWB

45019

2080-LC30-24QVB / 2080-LC30-24QBB / 2080-LC50-24QVB / 2080-LC50-24QBB

45020

Input and Output Signals

Multiple input/output control signals are required for each motion axis, as described in the next tables. PTO Pulse and PTO Direction are required for an axis. The rest of the input/outputs can be disabled and re-used as regular I/O.

Fixed PTO Input/Output

Motion Signals	PTO0 (EM_00)		PTO1 (EM_01)		PTO2 (EM_02)	
	Logical Name in Software	Name on Terminal Block	Logical Name in Software	Name on Terminal Block	Logical Name in Software	Name on Terminal Block
PTO pulse	_IO_EM_DO_00	0-00	_IO_EM_DO_01	0-01	_IO_EM_DO_02	0-02
PTO direction	_IO_EM_DO_03	0-03	_IO_EM_DO_04	0-04	_IO_EM_DO_05	0-05
Lower (Negative) Limit switch	_IO_EM_DI_00	I-00	_IO_EM_DI_04	I-04	_IO_EM_DI_08	I-08
Upper (Positive) Limit switch	_IO_EM_DI_01	I-01	_IO_EM_DI_05	I-05	_IO_EM_DI_09	I-09
Absolute Home switch	_IO_EM_DI_02	I-02	_IO_EM_DI_06	I-06	_IO_EM_DI_10	I-10
Touch Probe Input switch	_IO_EM_DI_03	I-03	_IO_EM_DI_07	I-07	_IO_EM_DI_11	I-11

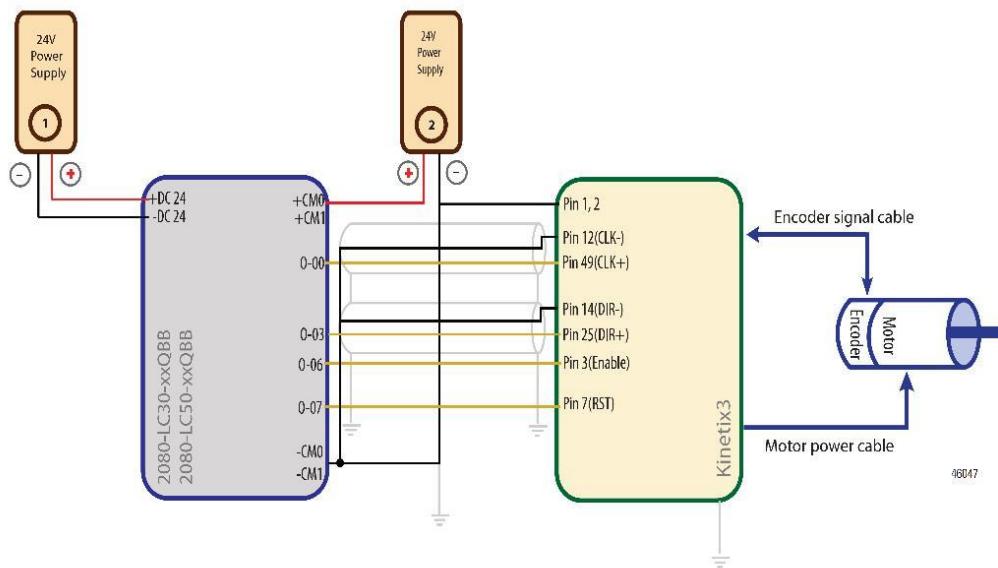
Configurable input/output

Motion Signals	Input/Output	Notes
Servo/Drive On	OUTPUT	Can be configured as any embedded output.
Servo/Drive Ready	INPUT	Can be configured as any embedded input.
In-Position signal (from Servo/motor)	INPUT	Can be configured as any embedded input.
Home Marker	INPUT	Can be configured as any embedded input, from input 0...15.

These I/O can be configured through the axis configuration feature in Connected Components Workbench. Any outputs assigned for motion should not be controlled in the user program.

See [Motion Axis Configuration in Connected Components Workbench on page 89](#).

IMPORTANT	If an output is configured for motion, then that output can no longer be controlled or monitored by the user program and cannot be forced. For example, when a PTO Pulse output is generating pulses, the corresponding logical variable _IO_EM_DO_xx will not toggle its value and will not display the pulses in the Variable Monitor but the physical LED will give an indication. If an input is configured for motion, then forcing the input only affects the user program logic and not motion. For example, if the input Drive Ready is false, then the user cannot force Drive Ready to true by forcing the corresponding logical variable _IO_EM_DI_xx to be true.
------------------	---

Sample Motion Wiring Configuration on 2080-LC30-xxQBB/2080-LC50-xxQBB**Notes:**

- (1) Drive Enable (Pin 3) and Reset Drive (Pin 7) will be operating as sinking inputs when (Pin 1,2) connected to of the Power Supply 2.

To help you configure Kinetix 3 drive parameters so the drive can communicate and be controlled by a Micro830/Micro850 controller, see publication [CC-DS025](#).

Motion Control Function Blocks

Motion control function blocks instruct an axis to a specified position, distance, velocity, and state.

Function Blocks are categorized as Movement (driving motion) and Administrative.

Administrative Function Blocks

Function Block Name	Function Block Name
MC_Power	MC_ReadAxisError
MC_Reset	MC_ReadParameter
MC_TouchProbe	MC_ReadBoolParameter
MC_AbortTrigger	MC_WriteParameter
MC_ReadStatus	MC_WriteBoolParameter
MC_SetPosition	

Movement Function Blocks

Function Block Name	Description	Correct Axis State for issuing Function Block
MC_MoveAbsolute	This function block commands an axis to a specified absolute position.	Standstill, Discrete Motion, Continuous Motion
MC_MoveRelative	This function block commands an axis of a specified distance relative to the actual position at the time of execution.	Standstill, Discrete Motion, Continuous Motion
MC_MoveVelocity	This function block commands a never ending axis move at a specified velocity.	Standstill, Discrete Motion, Continuous Motion
MC_Home	This function block commands the axis to perform the "search home" sequence. The "Position" input is used to set the absolute position when reference signal is detected, and configured Home offset is reached. This function block completes at "StandStill" if the homing sequence is successful.	Standstill
MC_Stop	This function block commands an axis stop and transfers the axis to the state "Stopping". It aborts any ongoing function block execution. While the axis is in state Stopping, no other function block can perform any motion on the same axis. After the axis has reached velocity zero, the Done output is set to TRUE immediately. The axis remains in the state "Stopping" as long as Execute is still TRUE or velocity zero is not yet reached. As soon as "Done" is SET and "Execute" is FALSE the axis goes to state "StandStill".	Standstill, Discrete Motion, Continuous Motion, Homing
MC_Halt	This function block commands an axis to a controlled motion stop. The axis is moved to the state "DiscreteMotion", until the velocity is zero. With the Done output set, the state is transferred to "StandStill".	Standstill, Discrete Motion, Continuous Motion



ATTENTION: Each motion function block has a set of variable inputs and outputs that allows you to control a specific motion instruction. Refer to the Connected Components Workbench Online Help for a description of these variable inputs and outputs.

Micro850 24-Point Controllers

General Specifications – 2080-LC50-24AWB, 2080-LC50-24QWB, 2080-LC50-24QVB, 2080-LC50-24QBB

Attribute	2080-LC50-24AWB	2080-LC50-24QWB	2080-LC50-24QVB	2080-LC50-24QBB
Number of I/O	24 (14 inputs, 10 outputs)			
Dimensions HxWxD	90 x 158 x 80 mm (3.54 x 6.22 x 3.15 in.)			
Shipping weight, approx.	0.423 kg (0.933 lb)			
Wire size	0.2...2.5 mm ² (24...12 AWG) solid copper wire or 0.2...2.5 mm ² (24...12 AWG) stranded copper wire rated @ 90 °C (194 °F) insulation max			
Wiring category ⁽¹⁾	2 – on signal ports 2 – on power ports 2 – on communication ports			
Wire type	Use Copper Conductors only			
Terminal screw torque	0.4...0.5 Nm (3.5...4.4 lb-in.) using a 0.6 x 3.5 mm flat-blade screwdriver. (Note: Use a handheld screwdriver to hold down the screws at the side.)			
Input circuit type	12/24V sink/source (standard) 24V sink/source (high-speed)			
Output circuit type	Relay	24V DC sink (standard and high-speed)	24V DC source (standard and high-speed)	
Power consumption	28 W			
Power supply voltage range	20.4...26.4V DC Class 2			
I/O rating	Input 120V AC 16 mA Output 2 A, 240V AC, 2A, 24V DC	Input 24V, 8.8 mA Output 2 A, 240V AC 2A, 24V DC	Input 24V, 8.8 mA Output 24V DC, Class 2, 1 A per point (Surrounding air temperature 30 °C) 24V DC, Class 2, 0.3 A per point (Surrounding air temperature 65 °C)	
Isolation voltage	250V (continuous), Reinforced Insulation Type, Output to Aux and Network, Inputs to Outputs. Type tested for 60 s @ 3250V DC Output to Aux and Network, Inputs to Outputs 150V (continuous), Reinforced Insulation Type, Input to Aux and Network. Type tested for 60 s @ 1950V DC Input to Aux and Network	250V (continuous), Reinforced Insulation Type, Output to Aux and Network, Inputs to Outputs. Type tested for 60 s @ 3250V DC Output to Aux and Network, Inputs to Outputs. 50V (continuous), Reinforced Insulation Type, Input to Aux and Network Type tested for 60 s @ 720V DC, Input to Aux and Network	50V (continuous), Reinforced Insulation Type, I/O to Aux and Network, Inputs to Outputs. Type tested for 60 s @ 720 V DC, I/O to Aux and Network, Inputs to Outputs.	
Pilot duty rating	C300, R150		–	
Insulation stripping length	7 mm (0.28 in.)			
Enclosure type rating	Meets IP20			
North American temp code	T4			

(1) Use this Conductor Category information for planning conductor routing. Refer to Industrial Automation Wiring and Grounding Guidelines, publication 1770-4.1.

DC Input Specifications – 2080-LC50-24QBB, 2080-LC50-24QVB, 2080-LC50-24QWB

Attribute	High-Speed DC Input (Inputs 0...7)	Standard DC Input (Inputs 8 and higher)
Number of Inputs	8	6
Voltage category	24V sink/source	
Input group to backplane isolation	Verified by one of the following dielectric tests: 720V DC for 2 s 50V DC working voltage (IEC Class 2 reinforced insulation)	
On-state voltage range	16.8...26.4V DC @ 65°C (149°F) 16.8...30.0V DC @ 30°C (86°F)	10...26.4V DC @ 65°C (149°F) 10...30.0V DC @ 30°C (86°F)
Off-state voltage	5V DC, max	
Off-state current	1.5 mA, max	
On-state current	5.0 mA @ 16.8V DC, min 7.6 mA @ 24V DC, nom 12.0 mA @ 30V DC, max	1.8 mA @ 10V DC, min 6.15 mA @ 24V DC, nom 12.0 mA @ 30V DC, max
Nominal impedance	3 kΩ	3.74 kΩ
IEC input compatibility	Type 3	

AC Input Specifications – 2080-LC50-24AWB

Attribute	Value
Number of Inputs	14
On-state voltage	79 V AC, min 132V AC, max
On-state current	5 mA, min 16 mA, max
Input frequency	50/60 Hz, nom 47 Hz, min 63 Hz, max
Off-state voltage	20V AC @ 120V AC, max
Off-state current	2.5 mA @ 120V AC, max
Inrush current	250 mA @ 120V AC, max
Inrush delay time constant max	22 ms
IEC input compatibility	Type 3

Output Specifications

Attribute	2080-LC50-24QWB 2080-LC50-24AWB	2080-LC50-24QVB / 2080-LC50-24QBB	
	Relay Output	Hi-Speed Output (Outputs 0...1)	Standard Output (Outputs 2 and higher)
Number of outputs	10	2	8
Output voltage, min	5V DC, 5V AC	10.8V DC	10V DC
Output voltage, max	125V DC, 265V AC	26.4V DC	26.4V DC
Load current, min	10 mA		

Environmental Specifications

Attribute	Value
ESD immunity	IEC 61000-4-2: 6 kV contact discharges 8 kV air discharges
Radiated RF immunity	IEC 61000-4-3: 10V/m with 1 kHz sine-wave 80% AM from 80...2000 MHz 10V/m with 200 Hz 50% Pulse 100% AM @ 900 MHz 10V/m with 200 Hz 50% Pulse 100% AM @ 1890 MHz 10V/m with 1 kHz sine-wave 80% AM from 2000...2700 MHz
EFT/B immunity	IEC 61000-4-4: ±2 kV @ 5 kHz on power ports ±2 kV @ 5 kHz on signal ports ±1 kV @ 5 kHz on communication ports
Surge transient immunity	IEC 61000-4-5: ±1 kV line-line(DM) and ±2 kV line-earth(CM) on power ports ±1 kV line-line(DM) and ±2 kV line-earth(CM) on signal ports ±1 kV line-earth(CM) on communication ports
Conducted RF immunity	IEC 61000-4-6: 10V rms with 1 kHz sine-wave 80% AM from 150 kHz...80 MHz

**Isolated AC Inputs (2080-LC50-24QWB, 2080-LC50-24QVB, 2080-LC50-24QBB)
(Inputs 0...7)**

Attribute	Value
On-state voltage, nom	12/24V AC @ 50/60 Hz
Off-state voltage, min	4V AC @ 50/60Hz
Operating frequency, nom	50/60 Hz

Micro850 48-Point Controllers**General Specifications – 2080-LC50-48AWB, 2080-LC50-48QWB, 2080-LC50-48QVB, 2080-LC50-48QBB**

Attribute	2080-LC50-48AWB	2080-LC50-48QWB	2080-LC50-48QVB	2080-LC50-48QBB
Number of I/O	48 (28 inputs, 20 outputs)			
Dimensions HxWxD	90 x 238 x 80 mm (3.54 x 9.37 x 3.15 in.)			
Shipping weight, approx.	0.725 kg (1.60 lb)			
Wire size	0.2...2.5 mm ² (24...12 AWG) solid copper wire or 0.2...2.5 mm ² (24...12 AWG) stranded copper wire rated @ 90 °C (194 °F) insulation max			
Wiring category ^[1]	2 – on signal ports 2 – on power ports 2 – on communication ports			
Wire type	Use Copper Conductors only			
Terminal screw torque	0.4...0.5 Nm (3.5...4.4 lb-in.) (using a 0.6 x 3.5 mm flat-blade screwdriver)			
Input circuit type	120V AC	12/24V sink/source (standard) 24V sink/source (high-speed)		
Output circuit type	Relay		24V DC sink (standard and high-speed)	24V DC source (standard and high-speed)

9.2.6 Anexo B.6 PanelView 800 RT-4T

Chapter 1

Overview

Chapter Objectives

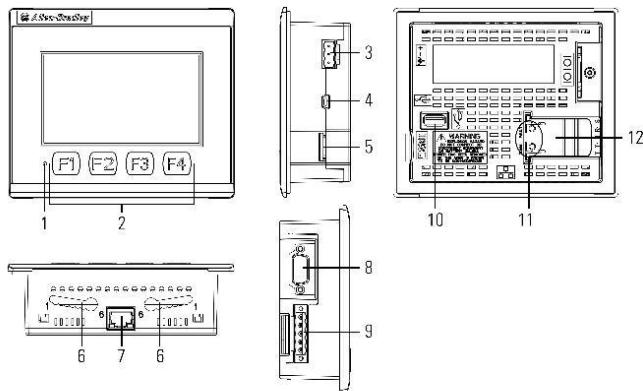
This chapter gives an overview of the PanelView 800 terminals.

- About the terminals
- How to connect browser⁽¹⁾
- PanelView Explorer⁽²⁾
- How to display help
- Peripheral connection
- Catalog number configuration

About the Terminals

PanelView 800 terminals are operator interface devices for monitoring and controlling devices attached to a controller. HMI applications are created using Connected Components Workbench software, then downloaded to the terminal.

PanelView 800 Terminal – 2711R-T4T



(1) The web browser feature is not supported on PanelView 800 terminals from firmware revision 3.011 onwards.

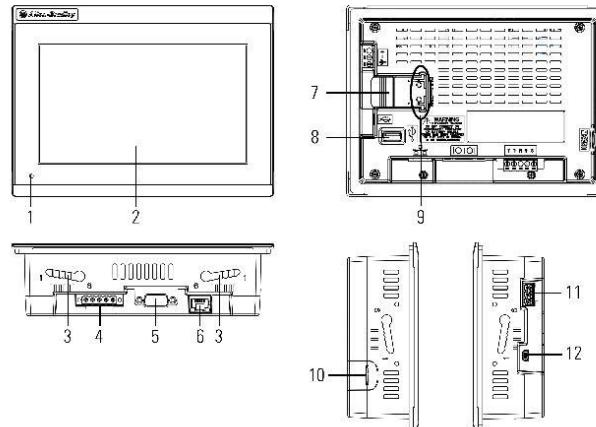
(2) The PanelView Explorer feature is not supported on PanelView 800 terminals from firmware revision 3.011 onwards.

Item	Description	Item	Description
1	Power status LED ⁽¹⁾	7	10/100 Mbit Ethernet port
2	Touch display, function keys	8	RS-232 port
3	24V DC power input	9	RS-422 and RS-485 port
4	USB device port ⁽²⁾	10	USB host port
5	Micro-SD (Secure Digital) card slot	11	Diagnostic status indicator
6	Mounting slots	12	Replaceable real-time clock battery

⁽¹⁾ The Power Status LED is red when in screen saver or dimmer mode and green when in normal (operational) mode.

⁽²⁾ The USB device port is not intended for Customer use.

PanelView 800 Terminals – 2711R-T7T



Item	Description	Item	Description
1	Power status LED ⁽¹⁾	7	Replaceable real-time clock battery
2	Touch display	8	USB host port
3	Mounting slots	9	Diagnostic status indicator
4	RS-422 and RS-485 port	10	Micro-SD (Secure Digital) card slot
5	RS-232 port	11	24V DC power input
6	10/100 Mbit Ethernet port	12	USB device port ⁽²⁾

⁽¹⁾ The Power Status LED is red when in screen saver or dimmer mode and green when in normal (operational) mode.

⁽²⁾ The USB device port is not intended for Customer use.

Micro800 Controller Cable Charts

The chart provides a summary of terminal connections to controllers and network interface modules.

PanelView 800 Terminal Connections to Micro800 Controllers

Protocol	PanelView 800 Port	Micro820	Micro830	Micro850
Modbus	RS-232	[2]	1761-CBL-PM02	1761-CBL-PM02
	RS-485 ⁽¹⁾	[2]	[2]	[2]
	Ethernet	2711P-CBL-EX04 (CAT5 Ethernet)	N/A	2711P-CBL-EX04 (CAT5 Ethernet)
Ethernet (AB CIP)	Ethernet	2711P-CBL-EX04 (CAT5 Ethernet)	N/A	2711P-CBL-EX04 (CAT5 Ethernet)
Serial (AB CIP)	RS-232	[2]	1761-CBL-PM02	1761-CBL-PM02

⁽¹⁾ RS485 is isolated. It is recommended to only connect one device.

[2] Terminal block, wiring required.

CompactLogix 5370 L1 Controller Cable Charts

Support for communication with CompactLogix 5370 L1 controllers has been added from firmware revision 3.011 onwards. This feature also requires Connected Components Workbench Release 9 or later software to be installed.

The chart provides a summary of terminal connections to controllers and network interface modules.

PanelView 800 Terminal Connections to CompactLogix 5370 L1 Controllers

Protocol (CIP)	PanelView 800 Port	CompactLogix 5370 L1
Ethernet (CompactLogix)	2711P-CBL-EX04 (CAT5 Ethernet)	2711P-CBL-EX04 (CAT5 Ethernet)

For more information on adding CompactLogix 5370 L1 controllers to your applications, refer to the PVc DesignStation help in Connected Components Workbench on the following topics.

- Configuring communication settings for L1 controllers.
- Mapping tags from CompactLogix 5370 L1 controllers to PanelView 800 terminals.
- Validating an application that includes a CompactLogix 5370 L1 controller.

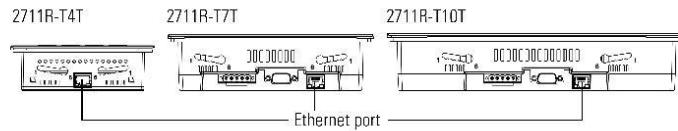
Ethernet Connection

The PanelView 800 terminals have an Ethernet port that supports:

- communication to a controller.
- connection to a computer for accessing the PanelView Explorer Startup window and downloading applications from Connected Components Workbench to the terminal.

Ethernet Connector

The base-configured unit of the terminals has an RJ45, 10/100 Base-T connector for Ethernet network communication.



Ethernet Connector Pinout

Pin	Pin	Pin Name
Looking into RJ45 Connector 1 8	1	TD+
	2	TD-
	3	RD+
	4	NC
	5	NC
	6	RD-
	7	NC
	8	NC
	Shield Connection	Chassis Gnd

Either a standard Ethernet cable or crossover cables such as 2711P-CBL-EX04 can be used when connecting directly to a logic controller or switch.

Cables

The PanelView 800 terminals require category 5 twisted-pair cables. The maximum cable length between the terminal's Ethernet port and a 10/100 Base-T port on an Ethernet hub (without repeaters or fiber) is 100 m (328 ft). In industrial applications, keep the cable length to a minimum.

For additional information, refer to the Ethernet Design Considerations reference manual, publication [ENET-RM002](#).

Specifications

General Specifications

Attribute	2711R-T4T	2711R-T7T	2711R-T10T
Display type	Color transmissive TFT active matrix LCD, widescreen format		
Display size	4 in.	7 in.	10 in.
Display area	95 x 53.9 mm (3.74 x 2.12 in.)	153.6 x 86.6 mm (6.05 x 3.41 in.)	211.2 x 158.4 mm (8.31 x 6.24 in.)
Resolution (pixels)	480 x 272	800 x 480	800 x 600
Backlight lifespan, min	40,000 hours		
Operator input	Analog touch and function keys	Analog touch	
Memory card	USB port and micro-SD (Secure Digital) card – Industrial grade micro-SD cards recommended. Supports SDSC and Class 6 & Class 10 SDHC micro-SD cards, FAT32/16 formats, up to 32 GB maximum size.		
Programming port	Ethernet port		
Battery lifespan, min	5 years @ 25 °C (77 °F)		
Real-time clock	Yes		
Input voltage range	18...32V DC (24V DC nom)		
Power consumption, max	9 W (0.39 A @ 24V DC)	11 W (0.40 A @ 24V DC)	14 W (0.48 A @ 24V DC)
Weight, approx.	0.333 kg (0.73 lb)	0.651 kg (1.44 lb)	1.64 kg (3.62 lb)
Dimensions (HxWxD), approx.	116 x 138 x 43 mm (4.56 x 5.43 x 1.69 in.)	144 x 197 x 54 mm (5.67 x 7.75 x 2.11 in.)	225 x 287 x 55 mm (8.86 x 11.3 x 2.16 in.)
Wire size	Input Power Terminal Block Stranded or solid, Cu 90 °C (194 °F) Single-Wire Gauge: 0.33...2.08 mm ² (22...14 AWG) Dual-wire Gauge: 0.33...1.31 mm ² (22...16 AWG)		
Wire type	Copper		
Wiring category ⁽¹⁾	3 – on power ports 2 – on communication ports		
Enclosure type ratings	Meets NEMA/UL Type 4X (indoor) 12, 13, and IP65		
North American Temp Code	T4A		

⁽¹⁾ Use this Conductor Category information for planning conductor routing. Refer to Industrial Automation Wiring and Grounding Guidelines, publication 1770-4.1.

Environmental

Attribute	Value
Temperature, operating	IEC 60068-2-1 (Test Ad, Operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bd, Operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Nb, Operating Thermal Shock): 0...50 °C (32...122 °F)
Temperature, nonoperating	IEC 60068-2-1 (Test Ab, Unpackaged Nonoperating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bb, Unpackaged Nonoperating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Na, Unpackaged Nonoperating Thermal Shock): -25...70 °C (-13...158 °F)
Temperature, surrounding air, max	50 °C (122 °F)
Heat dissipation 2711R-T4T 2711R-T7T 2711R-T10T	23 BTU/hr 34 BTU/hr 61 BTU/hr
Relative humidity	IEC 60068-2-30 (Test Db, Unpackaged Damp Heat): 5...95% noncondensing
Vibration	IEC 60068-2-6 (Test Fc, Operating): 2 g @ 10...500 Hz
Shock, operating	IEC 60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged Shock): 15 g
Shock, nonoperating	IEC 60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged Shock): 30 g
Emissions	IEC 61000-6-4
ESD Immunity	IEC 61000-4-2: 4 kV contact discharges 8 kV air discharges
Radiated RF Immunity	IEC 61000-4-3: 10V/m with 1 kHz sine-wave 80% AM from 80...2000 MHz 10V/m with 200 Hz 50% Pulse 100% AM @ 900 MHz 10V/m with 200 Hz 50% Pulse 100% AM @ 1890 MHz 10V/m with 1 kHz sine-wave 80% AM from 2000...2700 MHz
EFT/B Immunity	IEC 61000-4-4: ±2 kV @ 5 kHz on power ports ±1 kV @ 5 kHz on communication ports
Surge Transient Immunity	IEC 61000-4-5: ±500V line-line(DM) and ±500V line-earth(CM) on DC power ports ±1 kV line-earth(CM) on communication ports
Conducted RF Immunity	IEC 61000-4-6: 10V rms with 1 kHz sine-wave 80% AM from 150 kHz...80 MHz

9.2.7 Anexo B.7 Cotizaciones de equipos y piezas.



Tel: 2250-8460
Fax: 2259-4367
E-mail: oprecision@yahoo.com
San José, Costa Rica
400m sur, Bomba Morales, Desamparados
Ced Juridica 3-101-378765

Numero 2473

Fecha: 03/10/2016

COTIZACION

CLIENTE:

Contacto:Oscar Acuña

Fecha de entrega :22 dias de recibir la PO

Condiciones de trabajo:

Impuesto

1

TOTAL

\$ 1,350.00



400m Norte de Rapifreno,
La Uruca, San José, Costa Rica
Cedula Jurídica: 3-101-020826
Tel (506) 2242 9900
Fax (506) 2520 0697
www.elvatron.com

Cotización: P03-RE08U4 Versión: 1

26/08/2016

Asunto: corte tubos S&N

Cliente:

Dirección:

Condición de pago: Contado

Válido Hasta: 03/09/2016 12:00:00a.m.

Contacto: Oscar Acuña

Vendedor: Danny Cordero

Teléfono: 88993382

Teléfono: 2242-9939

Celular: ND

E-mail: oscar.acuna@smith-nephew.com

E-mail: danny.cordero@elvatron.com

Fax: 2520-0697

Lin.	Artículo	Descripción	Cant.	T. Entrega	Precio Uni.	Total Linea
1	2080LC5024QBB	Micro 850, 28-24V DC/V AC Input, 14x 24V DC Inputs, 10x 24V DC Source Output Controller	1	2-3 SEMANAS	\$ 459.95	\$ 459.95
2	1783US5T	Stratix 2000 5 port unmanaged switch	1	3 DIAS HABILES	\$ 134.00	\$ 134.00
3	2711RT7T	PanelView 800, 7 in HMI Terminal, Touch Screen TFT, Serial and Ethernet ports	1	2-3 SEMANAS	\$ 788.00	\$ 788.00
4	2090CPWM6DF16AA03	TL-SERIES 3M POWER CABLE	1	2-3 SEMANAS	\$ 74.28	\$ 74.28
5	2090CFBM6DFCBAA03	TL-SERIES 3M FEEDBACK CABLE	1	2-3 SEMANAS	\$ 91.29	\$ 91.29
6	TLYA130PBJ62AA	TL SERIES TLY 240V ROTARY SERVO MOTOR	1	2-3 SEMANAS	\$ 685.29	\$ 685.29
7	2097V32PR0	KINETIX 300 SERVO DRIVE	1	2-3 SEMANAS	\$ 708.50	\$ 708.50
8	2090K2CKD15M	KINETIX 2000 LOW PROFILE CONNECTOR KIT	1	2-3 SEMANAS	\$ 79.73	\$ 79.73
9	2097TB1	KINETIX 300 I/O BREAKOUT BOARD	1	3 DIAS HABILES	\$ 137.91	\$ 137.91
10	2090DABAT2	Battery 3.6V, 17 Bit Serial Encoder.	1	4-5 SEMANAS	\$ 67.22	\$ 67.22

Sub Total:	\$ 3,226.17
Imp. Venta:	\$ 0.00
Total:	\$ 3,226.17

Importante: Nos reservamos el derecho de venta previa. Los precios cotizados son los vigentes a la fecha y están sujetos a cambios sin previo aviso. La oferta se limita a proveer el producto listado, no a los usos que se le da al mismo o beneficios deseados. Todo crédito está sujeto a aceptación expresa de la jefatura del Departamento de Contabilidad de Elvatron S.A. Los precios ofertados son considerados EXW Bodega ELVATRON S.A, 400 Norte de Rapi Freno, en la Uruca, San José, Costa Rica. Las garantías están sujetas a las políticas del fabricante, ver políticas de cambios y devoluciones en www.elvatron.com



Encuentre en Elvatron Gran Variedad en Muñoneras para Entrega Inmediata

• Muñoneras de Bolas Dodge con Prisionero.
 • Muñoneras de Bolas Dodge con Prisionero para Ambientes Lavables

ABB DODGE

Mayor Información:
www.elvatron.com

elvatron

Página 1 de 1

F.R.C.A. CORPORATION

13275 SW 136 STREET UNIT 2
 MIAMI, FL 33186
 T 305-235-6526 F 305-235-6281

Cotizacion

Fecha	Numero
9/2/2016	64112

Compania
AT: ACUNA OSCAR

Enviar A
DHL GLOBAL FORWARDING 1801 NW 82 AVE DORAL, FL 33126 ATTN: ISABEL MEJIA TEL(786)264-3500

Requisicion	Terminos de Pago	Representante	FCA	Informacion		
SOLIC.09-01-16	NET 45	MA	MIAMI			
Item	Descripcion			Cantidad	Precio	Total
E21H4U-05-A32 ENTREGA 6	HK- HYBRID ACTUATORS ENTREGA 6-7 SEMANAS EN MIAMI SUJETO A VENTAS PREVIAS			1	301.74 0.00	301.74 0.00
				Total \$301.74		

PRECIO TOTAL INCLUYE TRANSPORTE Y GASTOS INTERNOS HASTA SU FREIGHT FORWARDER EN MIAMI.
 PRECIOS BASADOS EN ESTAS CANTIDADES SI SE CAMBIA LA CANTIDAD HAY QUE RECOTIZAR

***PARTES ELECTRICAS O ELECTRONICAS UNA VEZ ORDENADAS
 NO PUEDEN SER RETORNADAS NI CANCELADAS SI LA DESCRIPCION E INFORMACION
 DE LA PIEZA ES EXACTA A LO QUE USTED INDICO EN SU REQUISICION.***
 PRECIOS SON VALIDOS POR TRENTA (30) DIAS PREVIA NOTIFICACION

F.R.C.A. CORPORATION

13275 SW 136 STREET UNIT 2
MIAMI, FL 33186
T 305-235-6526 F 305-235-6281

Cotizacion

Fecha	Numero
9/7/2016	64146

Compania

Enviar A

DHL GLOBAL FORWARDING
1801 NW 82 AVE
DORAL, FL 33126
ATTN: ISABEL MEJIA
TEL(786)264-3500

**PRECIO TOTAL INCLUYE TRANSPORTE Y GASTOS INTERNOS HASTA SU FREIGHT FORWARDER EN MIAMI.
PRECIOS BASADOS EN ESTAS CANTIDADES SI SE CAMBIA LA CANTIDAD HAY QUE RECOTIZAR**

PRECIOS BASADOS EN ESTAS CANTIDADES SI SE CAMBIA LA CANTIDAD TIENEN QUE RECOTIZAR
**PARTES ELECTRICAS O ELECTRONICAS UNA VEZ ORDENADAS
NO PUEDEN SER RETORNADAS NI CANCELADAS SI LA DESCRIPCION E INFORMACION
DE LA PIEZA ES EXACTA A LO QUE USTED INDICO EN SU REQUISICION.***
PRECIOS SON VALIDOS POR TREINTA (30) DIAS PREVIA NOTIFICACION

F.R.C.A. CORPORATION

13275 SW 136 STREET UNIT 2
 MIAMI, FL 33186
 T 305-235-6526 F 305-235-6281

Cotizacion

Fecha	Numero
9/12/2016	64230

Compania
AT:OSCAR ACUNA

Enviar A
DHL GLOBAL FORWARDING 1801 NW 82 AVE DORAL, FL 33126 ATTN: ISABEL MEJIA TEL(786)264-3500

Requisicion	Terminos de Pago	Representante	FCA	Informacion		
SOLIC:9/12/16	NET 45	KV	MIAMI			
Item	Descripcion			Cantidad	Precio	Total
NCDY2S15H-0500...	NCDY2S15H-0500-F7PV SMC GUIDED CYLINDER			1	388.86	388.86
ENTREGA 3	ENTREGA 3-5 SEMANAS EN MIAMI SUJETO A VENTAS PREVIAS				0.00	0.00
				Total		\$388.86

PRECIO TOTAL INCLUYE TRANSPORTE Y GASTOS INTERNOS HASTA SU FREIGHT FORWARDER EN MIAMI.
 PRECIOS BASADOS EN ESTAS CANTIDADES SI SE CAMBIA LA CANTIDAD HAY QUE RECOTIZAR

***PARTES ELECTRICAS O ELECTRONICAS UNA VEZ ORDENADAS
 NO PUEDEN SER RETORNADAS NI CANCELADAS SI LA DESCRIPCION E INFORMACION
 DE LA PIEZA ES EXACTA A LO QUE USTED INDICO EN SU REQUISICION.***
 PRECIOS SON VALIDOS POR TRENTA (30) DIAS PREVIA NOTIFICACION