

Tecnológico de Costa Rica  
Carrera de Ingeniería Mecatrónica



**Diseño de la aplicación y acople para el sistema de pruebas de  
Redes de Resistencias de Bourns Costa Rica.**

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

Eduardo Jesús González Vega

Cartago, 22 de noviembre, 2021



# Selected License

Attribution-NonCommercial-  
ShareAlike 4.0 International



---

This is not a Free Culture License.

---



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.

Eduardo Jesús González Vega

Cartago, 22 de noviembre de 2021

Céd: 1-1613-0597

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**  
**PROGRAMA DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA**  
**PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN**  
**ACTA DE APROBACIÓN**

El profesor asesor del presente trabajo final de graduación, indica que el documento presentado por el estudiante cumple con las normas establecidas por el programa de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica para ser defendido ante el jurado evaluador, como requisito final para aprobar el curso Proyecto Final de Graduación y optar así por el título de Ingeniero(a) en Mecatrónica, con el grado académico de Licenciatura.

Estudiante: Eduardo Jesús González Vega

Proyecto: Diseño de la aplicación y acople para el sistema de pruebas de Redes de Resistencias de Bourns Costa Rica.

**PAULA ELENA  
MONGE CHANTO  
(FIRMA)**

Firmado digitalmente por  
PAULA ELENA MONGE  
CHANTO (FIRMA)  
Fecha: 2021.11.13  
16:13:39 -06'00'

---

Ing. Paula Elena Monge Chanto

Asesora

Cartago, 22 de noviembre 2021

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**  
**PROGRAMA DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA**  
**PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN**  
**ACTA DE APROBACIÓN**

Proyecto final de graduación defendido ante el presente jurado evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero(a) en Mecatrónica con el grado académico de Licenciatura, según lo establecido por el programa de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Estudiante: Eduardo Jesús González Vega

Proyecto: Diseño de la aplicación y acople para el sistema de pruebas de Redes de Resistencias de Bourns Costa Rica

Miembros del jurado evaluador

ARYS INDIRA  
CARRASQUILLA BATISTA  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por ARYS  
INDIRA CARRASQUILLA BATISTA  
(FIRMA)  
Fecha: 2021.11.22 14:20:02 -06'00'

Dra. -Ing. Arys Carrasquilla Batista

Jurado

JAIME ALONSO  
MORA MELENDEZ  
(FIRMA)

Digitally signed by JAIME  
ALONSO MORA MELENDEZ  
(FIRMA)  
Date: 2021.11.24 14:14:12 -06'00'

MSc. -Ing. Jaime Mora Meléndez

Jurado

JOHANNA VANESSA  
MUÑOZ PEREZ  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por  
JOHANNA VANESSA MUÑOZ  
PEREZ (FIRMA)  
Fecha: 2021.11.22 13:38:27 -06'00'

MSc. -Ing. Johanna Muñoz Pérez

Jurado

Los miembros de este jurado dan fe de que el presente proyecto final de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por el programa de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica.

Cartago, 22 de noviembre 2021

# Resumen

El siguiente documento describe el diseño del sistema de pruebas para redes de resistencias de la empresa Bourns. El proyecto forma parte de la primera etapa del desarrollo de un nuevo objetivo que viene a solventar una problemática con equipo obsoleto. El sistema debe ser capaz de sustituir al equipo obsoleto, sin tener bajas en cuanto a rendimiento y con viabilidad económica para que la empresa siga cumpliendo con sus estándares.

Si bien es cierto que la problemática cae de manera directa sobre un equipo, la realidad es que la forma de solucionarlo debe ser integral. Este enfoque le ayuda al diseño a puntualizarse en la funcionalidad y en los efectos que puede tener sobre otras áreas de la empresa que engloban esta línea de producción (manufactura, calidad, etc.).

El diseño dentro de este proyecto se divide en dos subsistemas: la aplicación de control y el acople para las pruebas. El diseño de la aplicación se centra en la trazabilidad del código, y el diseño del acople en la manufactura y construcción.

Una vez que se termina la etapa de diseño iterativo, se realizaron pruebas de verificación y se obtuvo la información que permitiría caracterizarlo en esta etapa.

**Palabras clave:** acople, interfaz, resistencia, manipulador de piezas.

# Abstract

The following document describes the design of the testing system for Resistor Networks from Bourns Inc. This project is part of the first stage of a bigger project that comes to solve a problem with obsolete equipment. The system must be able to replace the obsolete equipment, without having a lower performance compared to the current system and being financially viable, so that the company continues to meet its standards.

While it is true that the problem falls directly on an equipment, the reality is that the way to solve it must be holistic. This approach helps the design to focus on functionality and the effects it can have on other areas of the company that are included within this production line (manufacturing, quality, etc.).

The design within this project is divided into two subsystems: the control application and the fixture for testing. The application design focuses on the traceability of the code, and the fixture design in manufacturing and construction.

Once the iterative design stage was completed, tests were carried out to verify it and obtain the information that would allow each design to be characterized at this stage.

**Keywords:** fixture, interface, resistor, handler.

*A mis padres, por su incondicional apoyo a lo largo de mi vida, ayudándome a alcanzar todas mis metas.*

# Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de llegar a este momento.

A la empresa Bourns Inc., y en especial asesor de empresa Ing. Manuel Castro y al departamento de mejoras, que siempre me brindaron su ayuda, y compañía durante este proceso.

Al Tecnológico de Costa Rica y a todos los profesores del Área Académica en Ingeniería Mecatrónica por una gran formación a lo largo de mis años de carrera. A la Ing. Paula Monge, mi profesora asesora, que siempre me brindó una excelente ayuda y guía, manteniéndose siempre atenta a todos los detalles durante el proyecto.

A mis amigos de la carrera, que a pesar de todas las circunstancias siempre me han apoyado y son con quienes he compartido esta gran etapa de mi vida.

Eduardo Jesús González Vega

Cartago, 22 de noviembre de 2021

# Índice general

Índice de figuras	v
Índice de tablas	ix
Lista de símbolos y abreviaciones	xi
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Entorno del proyecto . . . . .	1
1.2 Descripción del problema a resolver . . . . .	2
1.2.1 Síntesis del problema . . . . .	4
1.3 Objetivos del proyecto . . . . .	5
1.3.1 Objetivo General . . . . .	5
1.3.2 Objetivos Específicos . . . . .	5
1.4 Estructura del documento . . . . .	5
<b>2 Marco teórico</b>	<b>6</b>
2.1 Resistencias Fijas . . . . .	6
2.2 Sistema de medición de resistencias fijas . . . . .	7
2.2.1 Medición de resistencias . . . . .	7
2.2.2 Resistencias en paralelo . . . . .	9
2.2.3 Fuentes de error en la medición . . . . .	10
2.2.4 Equipo . . . . .	11
2.3 Sistema de medición de capacitancia . . . . .	12
2.3.1 Medición de capacitancia . . . . .	12
2.3.2 Fuentes de error en la medición . . . . .	13
2.3.3 Equipo . . . . .	14
2.4 Sistema de matriz . . . . .	15
2.4.1 Principios de conmutación . . . . .	16
2.4.2 Tipos de Relé . . . . .	16
2.4.3 Conmutación en resistencias . . . . .	17
2.4.4 Problemática en la conmutación . . . . .	17

2.4.5	Equipos . . . . .	18
2.5	Software de control . . . . .	19
2.6	Handler . . . . .	20
2.7	Estándar a cumplir . . . . .	21
<b>3</b>	<b>Metodología</b>	<b>23</b>
3.1	Desarrollo del concepto . . . . .	23
3.1.1	Identificación de las necesidades del cliente . . . . .	24
3.1.2	Establecimiento de especificaciones objetivo . . . . .	25
3.1.3	Generación de conceptos . . . . .	27
3.1.4	Selección del concepto . . . . .	35
3.1.5	Prueba del concepto . . . . .	43
3.1.6	Establecer especificaciones finales . . . . .	46
3.2	Diseño en el nivel sistema . . . . .	46
3.2.1	Arquitectura del producto . . . . .	46
3.2.2	Descomposición del producto en subsistemas y componentes . . . . .	47
3.2.3	Planes iniciales para producción . . . . .	47
3.2.4	Diseño geométrico del producto . . . . .	47
3.2.5	Especificación funcional de los subsistemas del producto . . . . .	47
3.2.6	Diagrama de flujo preliminar del ensamble . . . . .	48
3.3	Diseño de detalle . . . . .	48
3.3.1	Especificación completa de la geometría y tolerancias . . . . .	48
3.3.2	Identificación de las partes estándar . . . . .	48
3.3.3	La selección de materiales, el costo de producción y el desempeño robusto del producto. . . . .	48
3.4	Pruebas y refinamiento . . . . .	49
3.4.1	Acople mecánico . . . . .	49
3.4.2	Aplicación . . . . .	50
<b>4</b>	<b>Diseño de la aplicación y acople mecánico de pruebas</b>	<b>51</b>
4.1	Diseño en el nivel sistema . . . . .	51
4.1.1	Arquitectura del producto . . . . .	51
4.1.2	Descomposición del producto en subsistemas y componentes . . . . .	59
4.1.3	Planes iniciales para producción . . . . .	62
4.1.4	Diseño geométrico del producto . . . . .	63
4.1.5	Especificación funcional de los subsistemas del producto . . . . .	71
4.1.6	Diagrama de flujo preliminar del ensamble . . . . .	73
4.2	Diseño de detalle . . . . .	76
4.2.1	Especificación completa de la geometría y tolerancias . . . . .	76

---

4.2.2	Identificación de las partes estándar . . . . .	80
4.2.3	La selección de materiales, el costo de producción y el desempeño robusto del producto. . . . .	80
<b>5</b>	<b>Resultados y Análisis</b>	<b>83</b>
5.1	Resultados . . . . .	83
5.1.1	Pruebas de ángulo de inclinación para la guía de manipulación del producto. . . . .	83
5.1.2	Pruebas para el tope del pistón . . . . .	85
5.1.3	Prueba de repetibilidad para la pinza . . . . .	86
5.1.4	Pruebas para el tornillo de ajuste . . . . .	88
5.1.5	Pruebas de medición de los productos de referencia en ambos sistemas	89
5.2	Análisis . . . . .	92
5.2.1	Pruebas de ángulo de inclinación para guía de manipulación del producto . . . . .	92
5.2.2	Pruebas para el tope del pistón . . . . .	93
5.2.3	Pruebas de repetibilidad para la pinza . . . . .	97
5.2.4	Pruebas para el tornillo de ajuste . . . . .	97
5.2.5	Pruebas de medición de los productos de referencia en ambos sistemas	98
5.2.6	Análisis del cumplimiento de las métricas . . . . .	98
5.2.7	Impacto del proyecto en un nivel macro de la empresa . . . . .	99
5.2.8	Análisis financiero . . . . .	100
<b>6</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>104</b>
<b>7</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>105</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>106</b>
<b>A</b>	<b>Cálculos del acople mecánico</b>	<b>109</b>
A.1	Cálculos para las guías de manipulación . . . . .	109
A.2	Cálculos para el soporte del pistón . . . . .	113
A.3	Cálculos del soporte de las guías . . . . .	115
A.4	Cálculos de las columnas de soporte . . . . .	118
<b>B</b>	<b>Pruebas de medición de los productos de referencia</b>	<b>120</b>
<b>C</b>	<b>Manual de usuario para la aplicación de control y adquisición de datos</b>	<b>126</b>
<b>D</b>	<b>Código de la aplicación en LabVIEW</b>	<b>138</b>

---

E Señalización de advertencia de peligros	158
F Hojas de datos de los productos de redes de resistencias de Bourns Costa Rica	160
G Planos constructivos del acople mecánico	175

# Índice de figuras

1.1	Chasis Keithley 707A . . . . .	3
1.2	Matriz 7071 de Keithley . . . . .	3
2.1	Red de resistencias. . . . .	6
2.2	Método de medición de dos hilos. . . . .	8
2.3	Método de medición de cuatro hilos. . . . .	9
2.4	Circuito para medición de la resistencia a 6 hilos . . . . .	10
2.5	SMU 2400 de Keithley . . . . .	11
2.6	Método de puente de balanceo para medición de impedancia . . . . .	12
2.7	Circuito equivalente de producto tipo 601 de 20 terminales . . . . .	13
2.8	Agilent 4284A Precision LCR Meter . . . . .	14
2.9	Configuración de matriz de propósito general 4x64 de polo simple . . . . .	15
2.10	Handlers para las pruebas de redes de resistencias en orden 4100, 4300, 4400 y 4800 . . . . .	20
3.1	Diagrama del sistema de test para Resistor Networks de Bourns . . . . .	29
3.2	Árbol de clasificación para los conceptos de movimiento lineal. . . . .	33
3.3	Diagrama de flujo general de la aplicación. . . . .	34
3.4	Diagrama neumático de la prueba. . . . .	45
3.5	Construcción del mecanismo neumático para las pruebas. . . . .	45
3.6	Prensa de Senos sujetando pieza de prueba. . . . .	50
4.1	Esquema del acople mecánico. . . . .	53
4.2	Agrupación de los elementos del acople. . . . .	54
4.3	Disposición geométrica del acople mecánico. . . . .	55
4.4	Relaciones incidentales del acople mecánico. . . . .	55
4.5	Esquema de la aplicación. . . . .	56
4.6	Agrupación de los elementos de la aplicación. . . . .	58
4.7	Relaciones incidentales de la aplicación de control. . . . .	58
4.8	Diagrama de subsistemas del acople mecánico. . . . .	60
4.9	Diagrama de subsistemas de la aplicación. . . . .	61

4.10	Plan de producción en línea temporal aproximada. . . . .	62
4.11	Subsistema eléctrico del acople mecánico. . . . .	64
4.12	Subsistema neumático del acople mecánico. . . . .	65
4.13	Guía de manipulación del producto de la serie 4800 . . . . .	65
4.14	Variantes para la guía de manipulación del producto. . . . .	66
4.15	Base principal del acople mecánico. . . . .	67
4.16	Ajuste variable para el posicionamiento de la pinza. . . . .	68
4.17	Soporte estructural de las guías de manipulación. . . . .	69
4.18	Cobertor de seguridad. . . . .	70
4.19	Diagrama de flujo preliminar del ensamble del acople mecánico. . . . .	74
4.20	Ensamble completo del acople mecánico. . . . .	75
4.21	Diagrama de flujo preliminar del ensamble de la aplicación de control. . . . .	75
4.22	Formato de código del producto. . . . .	77
4.23	Desarrollo de la lógica de la aplicación . . . . .	79
4.24	Plan de costos para la fabricación y ensamble del acople mecánico. . . . .	82
4.25	Plan de costos de implementación de la aplicación de control. . . . .	82
5.1	Juego de piezas para las pruebas de tope . . . . .	85
5.2	Comparador de alturas con pieza para las pruebas de tornillo de ajuste. . . . .	88
5.3	Interfaz de la aplicación actual con los indicadores de “Testing” y “Waiting”. . . . .	90
5.4	Estimación de la inversión total del proyecto añadiéndole su etapa de implementación . . . . .	101
5.5	Cálculo del VAN para el análisis financiero . . . . .	103
A.1	Diagrama de cuerpo libre de la guía. . . . .	110
A.2	Diagramas de cortante y momento de la guía. . . . .	111
A.3	Deflexión de las guías. . . . .	112
A.4	Diagramas de cortante y momento de la guía. . . . .	113
A.5	Diagramas de cortante y momento del soporte del pistón. . . . .	114
A.6	Deflexión del soporte del pistón. . . . .	115
A.7	Diagramas de cuerpo libre del soporte de la guía. . . . .	116
A.8	Diagramas de cortante y momento del soporte de la guía. . . . .	117
A.9	Deflexión del soporte de la guía. . . . .	118
D.1	Flujo de la aplicación completo con VIs personalizados. . . . .	138
D.2	Bloques para la configuración predeterminada de los equipos. . . . .	139
D.3	Bloques para la configuración según código de los equipos. . . . .	139
D.4	Lógica de código de resistencia a valor real. . . . .	140
D.5	Código de tolerancia a rango de valores. . . . .	140

D.6	Número de pines a generación de instrucciones. . . . .	141
D.7	Número de pines a receta para producto tipo 1. . . . .	141
D.8	Número de pines a receta para producto tipo 2. . . . .	141
D.9	Número de pines a receta para producto tipo 3. . . . .	142
D.10	Número de pines a receta para producto tipo 4. . . . .	142
D.11	Número de pines a receta para producto tipo 101. . . . .	142
D.12	Rutina de pruebas para producto tipo 1. . . . .	143
D.13	Rutina de pruebas para producto tipo 2. . . . .	144
D.14	Rutina de pruebas para producto tipo 3. . . . .	145
D.15	Rutina de pruebas para producto tipo 4. . . . .	146
D.16	Rutina de pruebas para producto tipo 101. . . . .	147
D.17	Rutina de pruebas para producto tipo 102. . . . .	148
D.18	Rutina de pruebas para producto tipo 104. . . . .	149
D.19	Rutina de pruebas para producto tipo CM4. . . . .	150
D.20	Rutina de pruebas para producto tipo R2R. . . . .	151
D.21	Rutina de pruebas para producto tipo S26 . . . . .	152
D.22	Ejecución de las pruebas para producto tipo 1. . . . .	152
D.23	Ejecución de las pruebas para producto tipo 2. . . . .	153
D.24	Ejecución de las pruebas para producto tipo 3. . . . .	153
D.25	Ejecución de las pruebas para producto tipo 4. . . . .	153
D.26	Ejecución de las pruebas para producto tipo 101. . . . .	153
D.27	Rutina del tipo de producto a arreglo de resultados. . . . .	154
D.28	Rutina del tipo de producto para pruebas de aislamiento a arreglo de re- sultados. . . . .	154
D.29	Secuencia de las pruebas . . . . .	155
D.30	Comparación de resultados con tolerancia. . . . .	155
D.31	Generación de la matriz de resultados del producto bajo la prueba . . . . .	156
D.32	Interfaz principal de la aplicación. . . . .	157
D.33	Ventana de configuración de la interfaz de usuario. . . . .	157
E.1	Mensaje de advertencia . . . . .	158
E.2	Señal de peligro de aplastamiento. . . . .	159
F.1	Hoja de datos del 4100R página 1. . . . .	161
F.2	Hoja de datos del 4100R página 2. . . . .	162
F.3	Hoja de datos del 4100R página 3. . . . .	163
F.4	Hoja de datos del 4300R página 1. . . . .	164
F.5	Hoja de datos del 4300R página 2. . . . .	165
F.6	Hoja de datos del 4300R página 3. . . . .	166

---

F.7	Hoja de datos del 4400P página 1. . . . .	167
F.8	Hoja de datos del 4400P página 2. . . . .	168
F.9	Hoja de datos del 4400P página 3. . . . .	169
F.10	Hoja de datos del 4400P página 4. . . . .	170
F.11	Hoja de datos del 4800P página 1. . . . .	171
F.12	Hoja de datos del 4800R página 2. . . . .	172
F.13	Hoja de datos del 4800P página 3. . . . .	173
F.14	Hoja de datos del 4800P página 4. . . . .	174

# Índice de tablas

3.1	Tabla de necesidades del cliente con importancia relativa. . . . .	25
3.2	Tabla de valores meta y valores marginales para cada métrica. . . . .	27
3.3	Tabla de candidatos para la sustitución del Chasis 707A de Keithley. . . .	30
3.4	Necesidades para la nueva matriz. . . . .	31
3.5	Tabla de candidatos para la sustitución del la matriz 7071 de Keithley. . .	32
3.6	Búsqueda de conceptos para el acople mecánico. . . . .	33
3.7	Soporte de Software según Proveedor de Equipo para la Sustitución. . . . .	34
3.8	Tabla del primer filtro de selección para la sustitución de equipo. . . . .	36
3.9	Tabla de calificación para matrices del proveedor Keithley y el equipo de referencia. . . . .	37
3.10	Tabla de calificación para matrices del proveedor Keysight para chasis 34980A. . . . .	38
3.11	Tabla de calificación para matrices del proveedor Keysight para chasis tipo PXI. . . . .	38
3.12	Tabla de calificación para matrices del proveedor National Instruments para chasis tipo PXI. . . . .	39
3.13	Tabla de calificación para chasis. . . . .	40
3.14	Tabla de calificación para chasis. Continuación . . . . .	40
3.15	Tabla de candidatos finales para la selección. . . . .	41
3.16	Matriz de puntuación para conceptos del acople mecánico. . . . .	42
3.17	Segunda matriz de calificación para conceptos del acople mecánico. . . . .	43
4.1	Tabla de componentes para los subsistemas del acople mecánico. . . . .	60
4.2	Tabla de componentes para los subsistemas de la aplicación. . . . .	61
4.3	Tabla de tareas del plan de producción para ambos sistemas. . . . .	63
4.4	Funciones para las secciones de la estructura mecánica . . . . .	67
4.5	Especificación funcional de los subsistemas del acople mecánico. . . . .	71
4.6	Especificación funcional de los subsistemas de la aplicación de control. . . .	72
4.7	Lista de materiales recomendados por la empresa. . . . .	81

---

5.1	Resultados de la prueba de inclinación de la pieza de simulación de la guía.	84
5.2	Resultados de las pruebas de tope para el pistón lineal . . . . .	86
5.3	Resultados de las pruebas de repetibilidad para la pinza . . . . .	87
5.4	Resultados de las pruebas para el tornillo de ajuste. . . . .	89
5.5	Resultados de las pruebas de medición de los productos de referencia. . . .	91
5.6	Resultados de la energía cinética del producto según ángulo de inclinación.	94
5.7	Resultados de la energía cinética del producto según ángulo de inclinación. Continuación . . . . .	95
5.8	Resultados de la energía cinética del producto según ángulo de inclinación. Continuación . . . . .	96
5.9	Resumen de resultados de las métricas objetivo . . . . .	99
5.10	Tabla de costos de manufactura para productos de la serie 400 . . . . .	102
A.1	Aceros recomendados por la empresa . . . . .	110
B.1	Resultados de la prueba de medición del producto 4120-1-471 . . . . .	121
B.2	Resultados de la prueba de medición del producto 4116-1-104 . . . . .	122
B.3	Resultados de la prueba de medición del producto 4116-2-122 . . . . .	123
B.4	Resultados de la prueba de medición del producto 4116-2-474 . . . . .	124
B.5	Resultados de la prueba de medición del producto 4116-3-221/331 . . . . .	125

# Lista de símbolos y abreviaciones

## Abreviaciones

DIP	Dual Inline Package
DMM	Digital Multimeter
DUT	Device Under Test
GDT	Gas Discharge Tube
LCR	Inductance Capacitance and Resistance measurment instrument
PLC	Programmable Logic Controller
SIP	Single Inline Package
SMU	Source Measurement Unit

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1 Entorno del proyecto

El proyecto fue desarrollado en la empresa Bourns Costa Rica, la cual se encuentra ubicada San Antonio de Belén en la provincia de Heredia, Costa Rica. Esta empresa se extiende a nivel mundial y tiene su sede central en California, Estados Unidos. En Costa Rica, las operaciones iniciaron en 1979, con la misión de ser la planta de manufactura más eficiente y rentable para Bourns y un ejemplo para el resto del mundo.

A nivel mundial se dedican a la producción de componentes eléctricos y electrónicos como por ejemplo: sensores, codificadores, diodos, resistencias y protecciones. Se desempeñan en los mercados de: industria automotriz, de pruebas y medición, médica, de automatización y conversión de potencia. Además, se han empezado a expandir en el mercado de computadores y electrónicos portátiles, dado el crecimiento en la cantidad de equipos electrónicos para consumo, y también, en las tecnologías automotrices con el auge de automóviles eléctricos.

A nivel nacional e internacional, cumplen con los estándares más altos de calidad como certificados ISO 9001, IATF 16949 e ISO 14001 [20]. Adicionalmente, han sido otorgados premios como el de excelencia del proceso, bandera azul y responsabilidad social en acción[20].

La sede costarricense se dedica principalmente a 3 tipos de productos: GDTs o tubos de descarga de gas, resistencias fijas (redes de resistencias y resistencias de potencia) y potenciómetros de recorte; pero también empiezan a producir una cantidad más amplia de productos Bourns como IsoMOV, un producto de protección híbrida de larga vida útil para ambientes hostiles. Esta sede tiene más de 1500 trabajadores en áreas de: producción, mantenimiento, investigación y desarrollo, calidad y manufactura.

## 1.2 Descripción del problema a resolver

En la producción de resistencias fijas de Bourns, específicamente en la producción de redes de resistencias, se necesita un sistema capaz de realizar las pruebas de dicho producto. Debido a la complejidad que pueden presentar las pruebas, en cuanto a valores de resistencia o configuraciones de medición, este se realiza de manera automatizada. Este sistema está compuesto, a grandes rasgos, por una matriz como elemento encargado de realizar las diferentes combinaciones de las conexiones con el producto, un SMU, Source Measurement Unit por sus siglas en inglés o unidad de medida de fuente, un sistema de acople para las pruebas, al que se le llama Handler internamente, y en algunos casos un LCR de existir capacitancias en el producto.

Actualmente, se está utilizando un chasis Keithley 707, mostrado en la Figura 1.1, el cual tiene seis ranuras para tarjetas modulares y dos de estas se utilizan para tarjetas de matriz.

Estas matrices están compuestas por relés electromecánicos que tienen un remojo de mercurio, el cual reduce la resistencia de contacto y por consiguiente la caída de tensión, eliminando también el efecto de rebote en operaciones de alta velocidad. Un ejemplo de estas matrices se puede ver en la Figura 1.2.

Estos relés cumplen con las expectativas en línea de producción, sin embargo tienen una vida útil aproximada de  $10^8$  ciclos máxima [2], según el proveedor KEITHLEY, luego de esto su resistencia de contacto aumenta en más de 1 ohm [2], lo que resulta en una medición errónea para los productos de resistencias en el rango de los 10 ohm según los requerimientos de calidad de  $\pm 1\%$ . Esto significa es que el relé inducirá un error en la

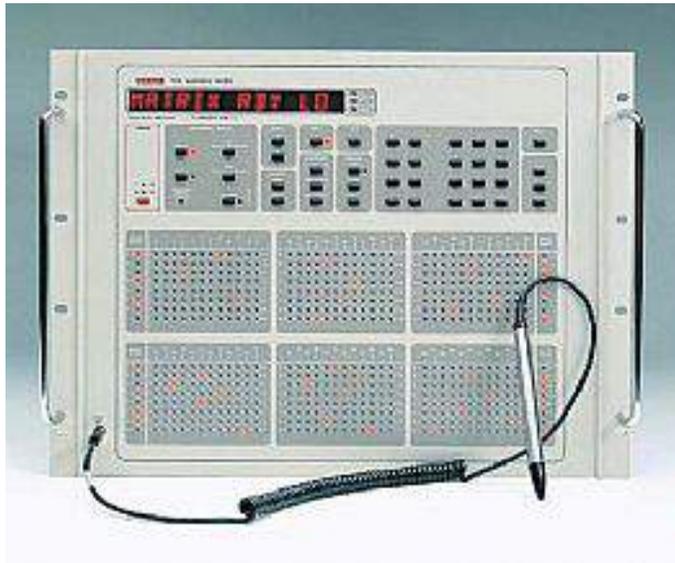


Figura 1.1: Chasis Keithley 707A. Fuente [7]

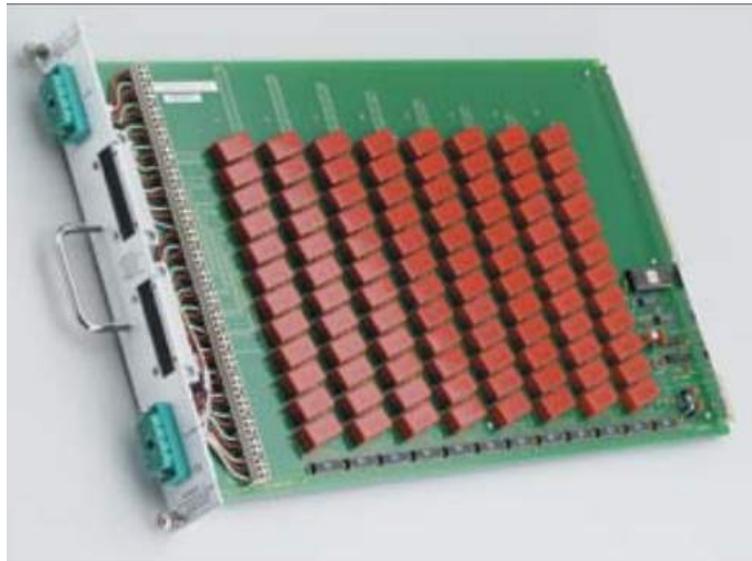


Figura 1.2: Matriz 7071 de Keithley. Fuente [2]

medición con el cual se podría calificar incorrectamente como bueno un producto con una resistencia menor a la deseada (10 ohmios nominal), o como malo un producto que si cumple con la especificación.

Además, este tipo de relés han dejado de ser utilizados debido a las consideraciones ambientales que conlleva el uso y disposición del mercurio, ya que es una sustancia tóxica [21]. En la empresa, se empieza a generar la necesidad de realizar el cambio de estas matrices y desde el 2018 se inició la búsqueda de una nueva solución para esta etapa de

la producción.

Las soluciones propuestas por diferentes proveedores como el mismo Keithley, Keysight y National Instruments, varían tanto en precio como en la puntualidad para resolver el problema. Cualquier selección que se realice para sustituir el equipo tiene consecuencias a nivel de cambios para el resto del sistema, como por ejemplo nuevas interfaces de conexión, surgimiento de nuevas limitantes debido al resto de equipos, y especialmente la funcionalidad de la aplicación actual, la cual es y sería responsable de la integración de los equipos sin importar el proveedor.

En el sistema actual, esta integración se realiza mediante una computadora comercial utilizando el software LabVIEW o CVI, tanto para el control de equipo como para la obtención de datos. La necesidad que tiene la empresa, en esta línea de producto, es en el área de calidad, donde el método utilizado en las muestras tomadas para esta área consiste en dos posibles opciones: hay una prueba manual de los productos, que se complica para los encapsulados de las series 4400 y 4800 al ser de tipo SMD (Surface Mount Device por sus siglas en inglés), o utilizar un equipo de producción cuando se prestan las condiciones de disponibilidad o exigencia de tiempos. Este método es vulnerable a errores humanos en el caso manual o poco confiable en el uso del equipo automático, ya que al utilizar el mismo equipo de producción no se estaría evaluando el correcto funcionamiento del equipo y además no se puede justificar que los valores de la medición sean correctos. En vista de lo anterior, se podría mejorar la eficiencia de las pruebas de calidad utilizando un equipo destinado solo para esta área de la producción, y a la vez, funciona para la etapa de pruebas previas a la implementación del equipo de medición nuevo, sin deshabilitar uno o varios sistemas activos en producción.

### 1.2.1 Síntesis del problema

Se debe sustituir el equipo de matricería para las pruebas de los productos de la línea de redes de resistencias y se necesita un acople capaz de comprobar su funcionamiento en una primera etapa de desarrollo.

## 1.3 Objetivos del proyecto

### 1.3.1 Objetivo General

Diseñar la aplicación de control y adquisición de datos del sistema de pruebas de los componentes de la serie 4000 de la empresa Bourns.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Definir un candidato para la sustitución del equipo Chasis 707 y Matriz 7071 de Keithley.
- Diseñar una nueva aplicación de control y adquisición de datos que se ajuste al sistema con las modificaciones para el nuevo equipo.
- Diseñar el acople para productos de la serie 4000.
- Verificar el funcionamiento de la aplicación y del acople.

## 1.4 Estructura del documento

El documento se encuentra separado en capítulos. En el primer capítulo se incluyó la introducción, descripción del problema y objetivos. El segundo capítulo se enfoca en el marco teórico relacionado con el proyecto. En el tercer capítulo se expone la metodología utilizada a lo largo del proyecto enfocándose en la toma de decisiones. El cuarto capítulo se compone de la propuesta de diseño así como el correcto seguimiento del capítulo anterior. El quinto capítulo consta de los resultados obtenidos del diseño y el sexto capítulo de las conclusiones y recomendaciones para la mejora y el continuo desarrollo del proyecto en el ámbito de la empresa.

# Capítulo 2

## Marco teórico

### 2.1 Resistencias Fijas

Red de resistencias (Resistor Network): Una red de resistencias es un conjunto de resistencias que está agrupada con cierta configuración, normalmente un patrón. Un ejemplo de una red de resistencias se puede observar en la Figura 2.1.

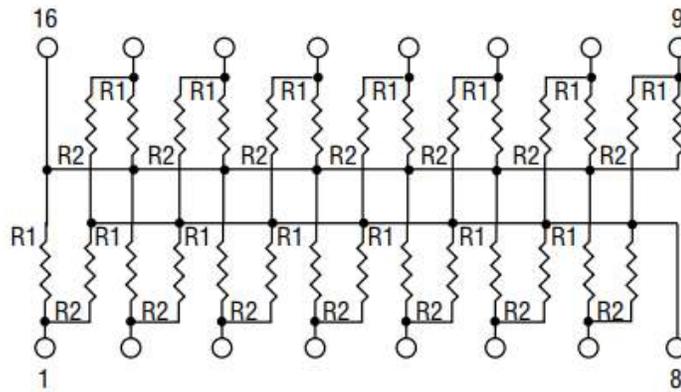


Figura 2.1: Red de resistencias. Fuente [13]

Las redes de resistencias se utilizan en los productos de la serie 4000 de Bourns. Normalmente las redes tienen el fin de reducir el uso de espacio físico en circuitos impresos densos o facilitan la agrupación de resistencias de valores en repetición para un diseño de un circuito. La desventaja que tienen las redes de resistencias es que, si su configuración es compleja (no existen terminales directas donde se aísla cada resistencia), resultan más

complejas sus pruebas y genera dependencia entre resistencias. Esta dependencia puede perjudicar principalmente en dos formas:

1. La variación sumada de las resistencias dependientes, con respecto al valor nominal, genere un circuito distinto al deseado.
2. El daño de una resistencia causa que se pierda uno o más circuitos a lo interno del integrado.

Estas configuraciones suelen ser las más críticas para la pruebas, ya que normalmente se utilizan para simplificar circuitos en paralelo o serie y por lo tanto el pruebas también se encarga de probar si la aritmética entre resistencias cumple con las especificaciones o expectativas del cliente.

## 2.2 Sistema de medición de resistencias fijas

### 2.2.1 Medición de resistencias

La medición de resistencias se realiza mediante el uso de un ohmetro o de un multímetro digital/SMU en la función de ohmetro. La medición de resistencias normalmente varía según los valores del componente. Las mediciones de resistencias bajas normalmente son inferiores a los 100 ohm, las medias son entre 100 ohm y 100 Mohm y las altas son mayores a 100 Mohm. Dependiendo de las características de la resistencias se varía el método utilizado para la medición.

#### 1. Método de dos hilos (2-wire):

El instrumento de medición inyecta corriente a la resistencia por medio de dos puntas o conductores de prueba. Luego, mediante el mismo juego de conductores, mide la tensión en la resistencia. A este método se le llama el método de los dos hilos (two-wire method) [5]. Normalmente, los conductores utilizados en pruebas tienen una resistencia parásita entre  $10\text{m}\Omega$  y  $1\Omega$  debido a la corriente que se inyecta por ellos [5]. Lo anterior evidencia que este método no es útil para mediciones

de alta precisión para componentes de baja resistencia (menores a  $100\Omega$ ). Esto es especialmente grave en el área de redes de resistencias de Bourns ya que el estándar de precisión va de 0.5% a 2% y la menor de las resistencias es de  $10\Omega$ , alcanzando un error del 10% en el peor de los casos para un conductor. En la Figura 2.2 se muestra un diagrama de la conexión para el método de dos hilos.

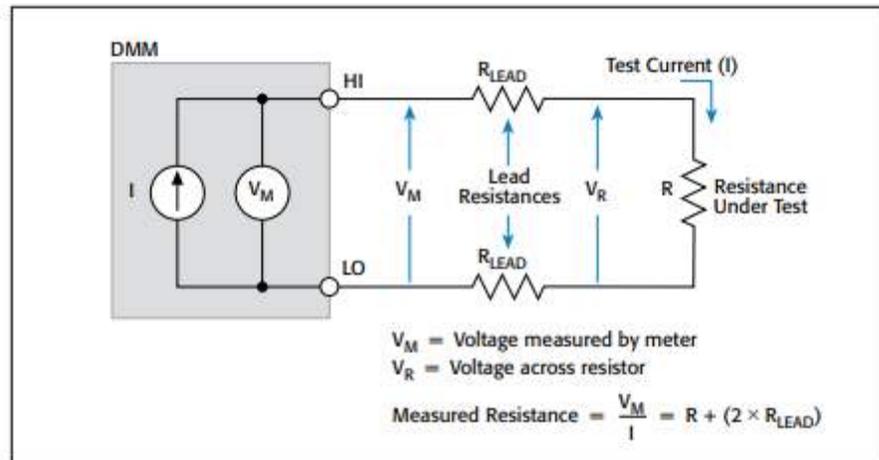


Figura 2.2: Método de medición de dos hilos. Fuente [1]

## 2. Método de cuatro hilos (4-wire):

Para este método se puede utilizar un DMM o un SMU o una fuente de corriente y un voltímetro separados, y consta de inyectar corriente por medio de un par de conductores distintos a los que miden tensión. De esta manera se resuelve el inconveniente del método de dos hilos porque la corriente no pasa por el sensor y por lo tanto no se agrega a la medición el valor de error inducido por el conductor. Como se menciona en [6] una corriente normalmente menor a los 100 pA puede pasar por el sensor, pero para efectos prácticos no afecta en la medición. Esto resulta en que el cableado para la medición pueda extenderse sin la preocupación de aumentar el error en la medición. El cableado correcto para este método se muestra en la Figura 2.3.

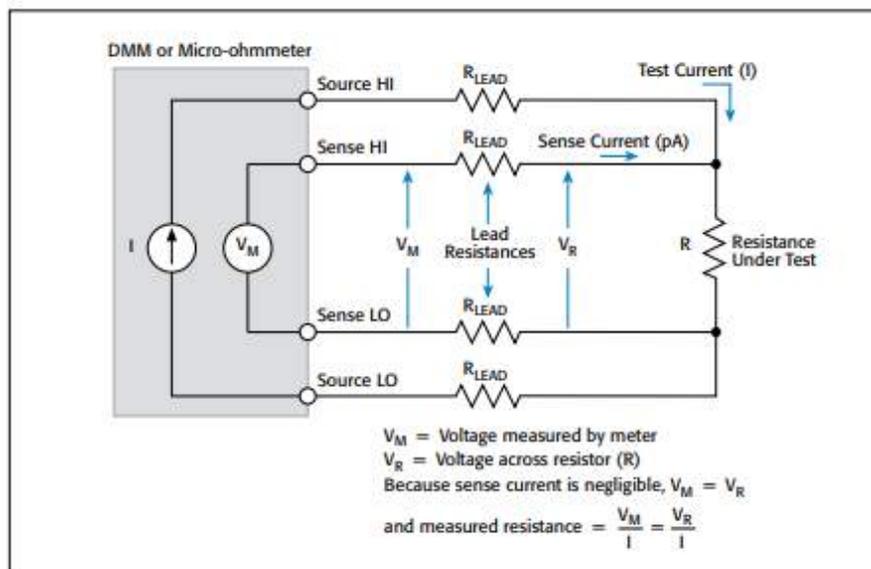


Figura 2.3: Método de medición de cuatro hilos. Fuente [1]

## 2.2.2 Resistencias en paralelo

En un circuito con resistencias en paralelo la medición puede ser poco exacta, ya que la corriente inyectada por alguno de los métodos de medición se distribuye por las distintas mallas del circuito. Para una correcta medición de una resistencia, esta siempre debe ser aislada del circuito; sin embargo, en el caso de las redes de resistencias, se necesita otro método, ya que en algunos casos no se puede aislar la resistencia por completo.

### 1. Método de 6 hilos:

El método de 6 hilos consta en agregar una protección de baja impedancia al método común de 4 hilos. Este toma la ventaja de una técnica de amplificador operacional de ganancia unitaria y aísla la resistencia a medir, al inyectar corriente por un circuito en paralelo, el cual se puede presentar comúnmente por dos circunstancias: contaminación en el encapsulado, que genera otro camino para la corriente, o elementos resistivos adyacentes en una red de resistencias.

Normalmente se utiliza en configuraciones donde no se pueden aislar individualmente las resistencias y existe un circuito donde se pueden balancear las corrientes de la resistencia a medir y un componente en paralelo. En la Figura 2.4 se puede observar un circuito equivalente de este método.

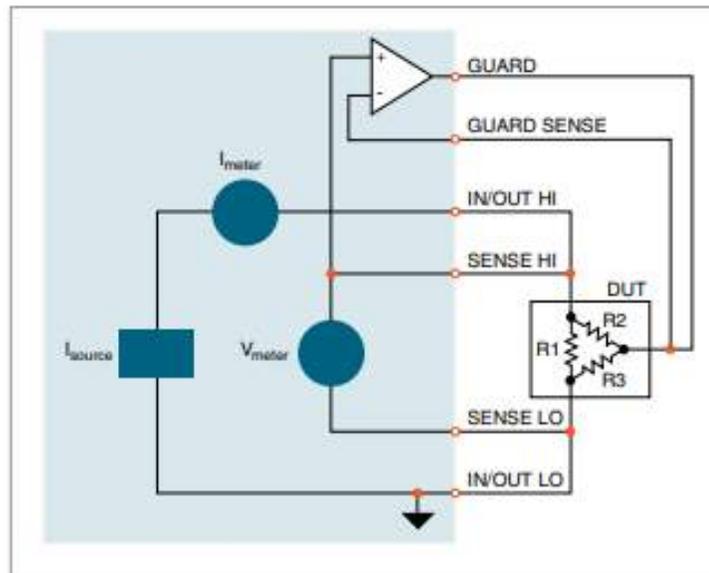


Figura 2.4: Circuito para medición de la resistencia a 6 hilos. Fuente [6]

Al conectar el equivalente de amplificador operacional al circuito paralelo se elimina efectivamente la resistencia R2 (aproximadamente 0V entre sus terminales) aislando R1 para su correcta medición.

### 2.2.3 Fuentes de error en la medición

Los errores en la medición de resistencias son la mayor preocupación para el sistema de pruebas. Estos son los causantes de falsos positivos o verdaderos negativos en el sistema de paso-falla del producto. Según [12] los errores en la medición de resistencia pueden variar entre los siguientes:

1. **Disipación de la potencia:** Ocurre cuando el multímetro disipa potencia por medio del DUT. El DUT hace referencia al dispositivo al que se le realizan las pruebas de rendimiento. La disipación de potencia generalmente ocurre en resistencias para medición de temperatura u otros tipos de dispositivos con altos coeficientes de temperatura.
2. **Tiempo de asentamiento:** Capacitancias de cableado y dispositivos no ideales pueden aumentar los tiempos de asentamiento esperado por las constantes RC del circuito. Para esto se debe ajustar el sistema de pruebas para utilizar retrasos.

3. **Medición de resistencias de alto valor:** La contaminación en el sistema y el dispositivo, las condiciones ambientales como la humedad y materiales de aislamiento utilizados en acoples pueden provocar errores en la medición de resistencias mayores a 1 Mohm.

## 2.2.4 Equipo

### Keithley's Series 2400 Source Measure Unit (SMU)

El SMU 2400 de Keithley tiene la particularidad de ser el equipo que cuenta con la capacidad de realizar la medición a 6 hilos y se utiliza como referencia para comparar al nuevo equipo, en caso de que este sea un sistema de módulos donde se pueda sustituir la función de multímetro. El instrumento para medición de resistencias tiene las siguientes especificaciones:

- Potencia de salida: 20 W.
- Precisión de medición de 0.04% a 0.07% para ohms con un rango de 0.2 ohm a 200 Mohm.
- Capacidad de 6 hilos.
- Interfaces GPIB y RS-232.

En la Figura 2.5 se muestra una imagen de este equipo.



Figura 2.5: SMU 2400 de Keithley. Fuente [3]

Este es el equipo utilizado actualmente y es importante porque bajo sus especificaciones abarca toda la gama de productos de redes de resistencias como por ejemplo: fuentes de tensión y de corriente independientes, corriente de 50mA en las terminales tipo "Guard", y soporte de distintos software de control.

## 2.3 Sistema de medición de capacitancia

En la vida real no existen componentes resistivos, capacitivos o inductivos puros; todos los componentes tienen algún tipo de característica parásita y esto se debe a los diferentes materiales y las diferentes tecnologías que se utilizan para la manufactura de los componentes.

### 2.3.1 Medición de capacitancia

La medición de capacitancia se puede realizar de muchas maneras, todos los métodos tienen sus ventajas y desventajas y se debe utilizar el método que más corresponda.

Se va a enfocar en el método de puente auto-balanceado, el cual se muestra en la Figura 2.6 y según [11] su funcionamiento es el siguiente:

“La corriente  $I_x$  actual se equilibra con la corriente  $I_r$  actual que fluye a través del rango resistencia ( $R_r$ ), por funcionamiento del convertidor I-V. El potencial en el punto bajo se mantiene a cero voltios (así llamado una tierra virtual.) La impedancia de el DUT se calcula utilizando el voltaje medido en el terminal alto ( $V_x$ ) y a través de  $R_r$  ( $V_r$ ).” [11]

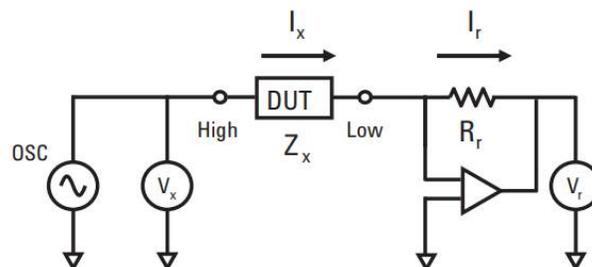


Figura 2.6: Método de puente de balanceo para medición de impedancia. Fuente [11]

En uno de los tipos de producto de redes de resistencias, enumerado 601, se encuentran capacitancias que se deben probar al igual que las resistencias. Una representación del circuito se muestra en la Figura 2.7. Se puede observar que una terminal de cada capacitor está conectada en serie con una resistencia.

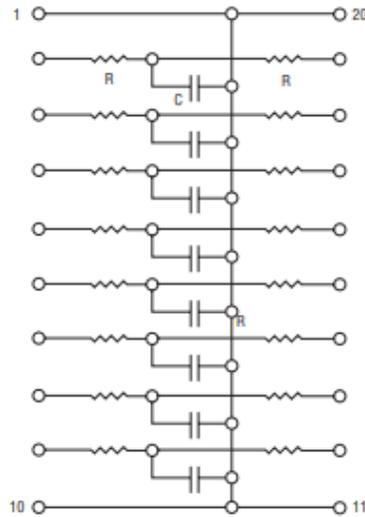


Figura 2.7: Circuito equivalente de producto tipo 601 de 20 terminales. Fuente [18]

### 2.3.2 Fuentes de error en la medición

Algunos tipos de error en la medición de capacitancia, y en general de inductancias son:

- Inexactitudes del instrumento
- Impurezas en el acople y cableado de prueba
- Ruido

Como se vió anteriormente en el circuito del producto 601, se tienen resistencias en serie con los capacitores y por lo tanto se deben considerar los efectos de la resistencia en la impedancia medida. Además, la configuración del equipo para estas pruebas debe ser congruente con la medición de un circuito RC. Adicionalmente, se deben utilizar puntas o conectores de baja impedancia, en el caso actual se utilizan conectores BNC coaxiales con cable tipo RG-316.

### 2.3.3 Equipo

#### Agilent 4284A Precision LCR Meter

El LCR de Agilent tiene la capacidad de medir utilizando puntas Kelvin (utilizan el método de 4 hilos), esto con el fin de eliminar la impedancia parásita en el cableado hasta el dispositivo. Este instrumento, que se muestra en la Figura 2.8, se encarga de suministrar una señal de 50V por una duración de 100ms para tomar la medición.

El instrumento tiene las siguientes especificaciones:

- Frecuencia de prueba: 20Hz a 1Mhz.
- Rango de medición de capacitancia de 1 fF a 9.9999 F.
- Tensión de prueba de 5 mVrms a 2 Vrms.
- Corriente de prueba de 50  $\mu$ Arms a 20 mArms.



Figura 2.8: Agilent 4284A Precision LCR Meter. Fuente [8]

Este instrumento es compatible con el resto del sistema tanto en requisitos de medición, como en interfaz de programación y al poder utilizar el método de 4 hilos se puede obtener un resultado preciso para la aplicación de filtro RC que tiene el producto.

## 2.4 Sistema de matriz

Los sistemas de matricería se encargan de conectar los DUT con los equipos respectivos para las pruebas. Los equipos pueden variar entre relés de propósito general o para aplicaciones específicas como de RF variando su configuración interna. Un ejemplo de la configuración en una de estos sistemas se puede observar en la Figura 2.9 donde se muestra una matriz de propósito general 4x64 que utiliza relés de un solo polo. Para modificar la configuración se podría cambiar el tipo de relés o el cableado interno, que normalmente está impreso en la tarjeta y no es modificable. Una excepción a lo dicho anteriormente son los bloques terminales o de configuración para tarjetas de matriz, estos se encargan de reacomodar las filas y columnas para alcanzar capacidades distintas.

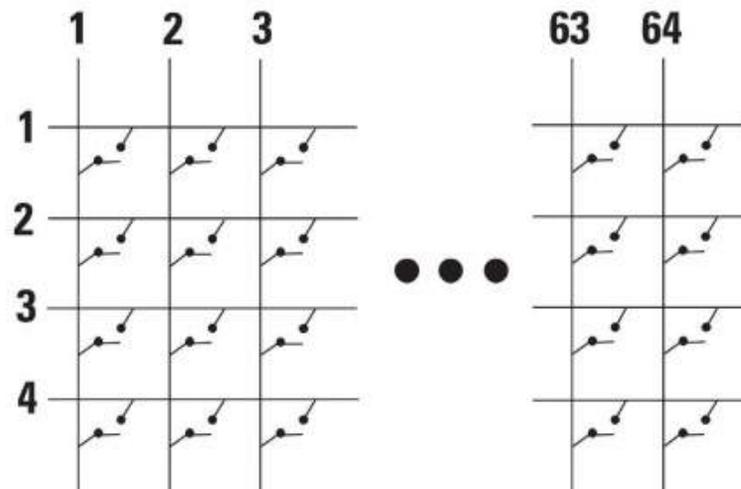


Figura 2.9: Configuración de matriz de propósito general 4x64 de polo simple. Fuente [17]

Por convención, las filas de la matriz se utilizan para conectar los equipos y las columnas para conectar el DUT, de esta manera se puede tener una estructura dinámica de conexión. La matriz forma parte del cableado de la prueba, y como se mencionó en las secciones anteriores referentes a los errores en la medición, convirtiéndose en una de los factores de error en la medición y por lo tanto se desea que tanto el cableado de la matriz como sus interruptores le agreguen la mínima cantidad de impedancia al sistema.

### 2.4.1 Principios de conmutación

Los interruptor se utilizan normalmente con el propósito de deshabilitar una conexión o elegir entre dos o más conexiones. Cuando se desea utilizar alguna de estas funciones se espera que el interruptor sea lo más parecido a un cable ideal, con el fin de no formar parte en los factores que afectan al resto de los circuitos que comunica. Por lo tanto, cualquier elemento de conmutación debe acercarse a 5 ideales de un interruptor establecidos en [9]:

- Cero resistencia en estado cerrado.
- Resistencia infinita en estado abierto.
- Aislamiento completo a otros interruptores del sistema.
- Aislamiento del interruptor con respecto al sistema de control.
- La conmutación es inmediato/no toma tiempo hacer el cambio de estado.

Estos ideales se desean alcanzar con el fin de mejorar la eficiencia y precisión del sistema, ya que un interruptor que cambie de estado de manera prácticamente inmediata resultaría en menos retrasos a nivel de tiempo para realizar la medición. Se debe tener presente que el aislamiento y la cercanía a resistencia cero en estado cerrado del interruptor son dos características importantes que permiten asegurar la precisión de las mediciones.

### 2.4.2 Tipos de Relé

Los diferentes tipos de relé varían en velocidad y especificaciones eléctricas. Por lo tanto, dependiendo del tipo cambia su eficiencia dependiendo de la aplicación. Los tipos de relé en los que se enfoca este proyecto son:

1. **Relés electromecánicos (armature relays):** Contiene un electromagneto que al energizarse la bobina atrae una de las terminales de la armadura realizando el contacto.
2. **Relés de lengüeta (reed relays):** Los contactos de la bobina se encuentran dentro de la bobina y al energizarse se realiza el contacto.

3. **Relés de estado sólido (SSR):** Cuentan con un opto-aislamiento en la entrada que activa algún sistema de triac, FET o SCR.

Al sistema en cuestión le interesa tener relés de larga vida útil, con tiempos de conmutación cercanos a cero y que le permita medir capacitancias y un rango de resistencias desde los  $10\Omega$  hasta  $1M\Omega$ . La particularidad de la medición de capacitancias obliga a que los relés de estado sólido sean descartados como una de las opciones ya que al ser fundamentalmente transistores solo cuentan con la capacidad de llevar corriente en un sentido.

### 2.4.3 Conmutación en resistencias

Las resistencias en el rango de medición medio (100 ohm - 100 Mohm) se pueden medir utilizando los métodos de terminal simple o el método diferencial, que constan de tener un común conectado a la resistencia en todo momento y solo activar un interruptor en una de las terminales o activar los interruptores en ambas terminales respectivamente.

Las resistencias en el rango de medición bajo (menores a 100 ohm) se miden utilizando el método de los 4 hilos para eliminar tanto las resistencias de contacto de los interruptores y de los conductores.

### 2.4.4 Problemática en la conmutación

Normalmente las configuraciones de interruptores tienen limitaciones cuando se utilizan en diseño y desarrollo de sistemas. Normalmente las configuraciones no están diseñadas para una función puntual; por lo tanto, normalmente no clasifican o están sobrecalificadas para la tarea. Algunas de estas limitaciones son las siguientes:

- Configuraciones de cableado.
- Velocidades.
- Especificaciones eléctricas.
- Costo.

Un ejemplo simple de una limitación es no tener suficientes conexiones para el dispositivo a conectar. Los productos de la serie 4000 van de un mínimo de 4 terminales a un máximo de 20 terminales, lo que implica que se necesitan al menos 40 conexiones en las columnas de la matriz (siguiendo la convención) al seguir los métodos de 4 hilos. En el caso actual no se cuenta con 40 salidas para el DUT por lo que se necesita utilizar una segunda matriz aumentando el costo y aumentando los tiempos de prueba al tener que controlar más de una matriz de manera simultanea y coordinada.

### 2.4.5 Equipos

Las Figuras 1.1 y 1.2 corresponden a los equipos que forman el subsistema de matriz. Estos son los equipos críticos para la sustitución, especialmente la tarjeta de matriz, ya que sus relés contienen mercurio.

#### Keithley Switching Matrix Mainframe 707A

El instrumento tiene las siguientes especificaciones:

- Chasis de 6 slots.
- Interfaces: GPIB, Trigger externo, E/S digitales.

#### Keithley General Purpose Matrix Card 7071

El instrumento tiene las siguientes especificaciones:

- Configuración 8x12 a 3 Polos tipo A.
- Interfaces: Conector 7078 Keithley para Matriz 7071.
- Nivel de señal máximo: 200V a 0.5A con interruptores cerrados.
- Vida útil:  $10^5$  ciclos a señal máxima y  $10^8$  ciclos vida mecánica.
- Tiempo de asentamiento: menor a 3ms.

Como se mencionó anteriormente, una única matriz no puede abarcar toda la gama de productos dada su configuración y por lo tanto se utilizan dos adyacentes con las implicaciones que esto tiene para la eficiencia del sistema. Otro dato importante es la vida útil de la matriz, ya que es lo que fundamentalmente genera el problema que presenta la empresa, que al no tener mantenimiento ni monitoreo, surgen las problemáticas de paro en producción. El tiempo de asentamiento es el parámetro principal de referencia para el nuevo candidato ya que no se debe comprometer la velocidad de medición.

## 2.5 Software de control

### LabVIEW

Según [4] LabVIEW es un software de ingeniería de sistemas para aplicaciones que requieren pruebas, medidas y control con acceso rápido a hardware e información de datos.

Es una solución acorde a los requerimientos de un sistema de pruebas ya que cuenta con una integración rápida debido a su programación gráfica que permite configurar el hardware y depurar la lógica. Adicionalmente, cuenta con la opción de integrar una interfaz de usuario para el uso de operadores en una línea de producción.

Los sistemas actuales no tienen un solo software, sino que tienen una aplicación dedicada para cada serie de producto. El software en que se desarrolla cada aplicación varía entre CVI y LabVIEW y esto genera diferencias en la línea de producción, como por ejemplo en desempeño, mantenimiento, dificultad de uso, etc. El proyecto se enfoca en unificar el uso del software de control con tal de minimizar estas diferencias.

### Otras opciones

Otras alternativas para el control de equipos de pruebas varia entre CVI (LabWindows), MATLAB, Python, C++, entre otras.

## 2.6 Handler

El Handler es el equipo encargado de manejo del producto durante la etapa de pruebas, y en algunos casos del empaque del mismo. Con un flujo constante de alimentación del producto, el Handler se encarga del traslado de piezas hasta la prueba, la selección paso falla según los resultados de la prueba y empaque para distribución o para futuras pruebas de calidad. En Bourns se utiliza un tipo de Handler para cada serie de producto y con algunas modificaciones dependiendo de la capacidad y tipo de empaque. En la Figura 2.10 se muestran diferentes tipos de Handler para cada una de las series de los productos 4000 de Bourns.

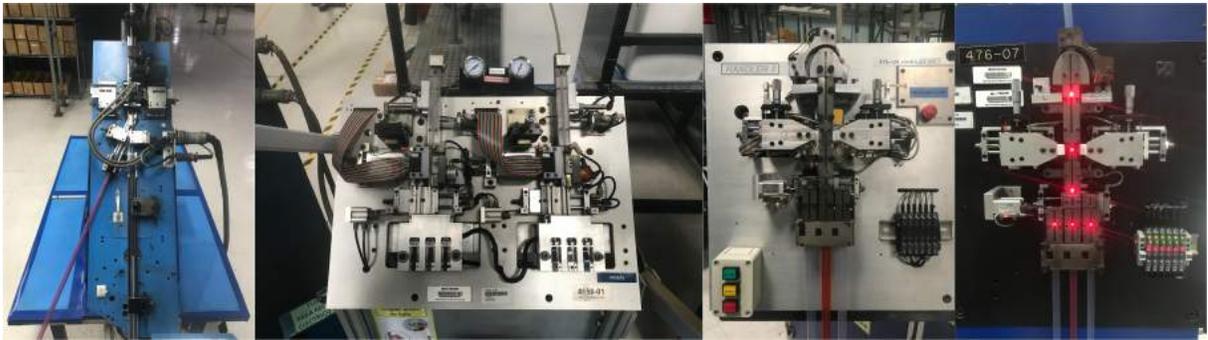


Figura 2.10: Handlers para las pruebas de redes de resistencias en orden 4100, 4300, 4400 y 4800.

Los sensores y actuadores del Handler son controlados por un PLC, que comunica con la PC por medio de la interfaz GPIB con el chasis 707A y traduciendo la lógica en entradas y salidas digitales por medio del chasis igualmente. La implicación que esto tiene para el sistema de medición es que el Handler debe enviar una señal de gatillo que le indica al sistema que el producto se encuentra listo para ser medido. Adicionalmente, durante la medición el sistema le envía una señal al Handler para evitar cualquier actuación durante la medición y posteriormente le indica si el producto cumple o no con las especificaciones de manera que el Handler lo pueda ubicar en el lugar indicado.

### PLC

El PLC que controla el Handler tiene distintos módulos, entre ellos:

- Fuente de poder

- E/S digitales
- Opto-acopladores
- Fusibles
- ENTRELEC (Bloques Terminales)

El PLC es el encargado de controlar la manipulación del producto de durante todo el proceso de pruebas y hasta el empaque del mismo. El PLC en conjunto con el Handler le proporcionan al sistema una alta repetibilidad al sistema de manera que las pruebas siempre ocurran bajo las mismas circunstancias y así obtener los resultados de medición esperados para toda la gama de productos.

## 2.7 Estándar a cumplir

Para cumplir con las expectativas de calidad, Bourns trabaja bajo una lista de especificaciones que genera de su producto o que el cliente le solicita. Con esto en mente, la empresa tiene dos formas de asegurar la calidad de sus productos: Calibración de equipos y monitoreo de producción.

Para calibración de equipos tiene un periodo establecido de seis meses para equipos de medición, en el caso del sistema de fixed resistors para el SMU 2400 y el LCR 4284A. En caso de alguna falla, se realiza la calibración de inmediato y se agenda una calibración a tres meses después del incidente. Esta calibración consiste en configurar al equipo de manera que siga las especificaciones del proveedor de un equipo con una vida de un año. En caso de que la configuración anterior no sea alcanzable, el equipo se considera como dañado.

El monitoreo sirve como una medida correctiva para los equipos y para asegurar la calidad del producto. Dado un fallo en producción (la línea de producción empieza a clasificar todas o un alto porcentaje de las piezas como malas), se procede a buscar la raíz del problema y de estar relacionado con los instrumentos de medición se procede a llevar al proceso de calibración mencionado anteriormente. Adicionalmente, todos los productos anteriores al fallo, durante esa semana y una semana atrás, se clasifican como cuestionables

y se vuelven a pasar por las pruebas. Esto implica que existe un retraso de tiempo entre una y dos semanas en la producción, ya que por turno se esperan entre quince mil y veinte mil productos buenos y listos para la exportación. A nivel de calidad, esta prueba se debe comparar con la anterior de manera que los productos estén cumpliendo con lo necesario y así se puede identificar a partir de que lote se empieza a dar el fallo, con el fin de diagnosticar cuales productos pueden ser enviados a empacar y cuales no.

# Capítulo 3

## Metodología

Utilizando la metodología descrita en el libro de Ulrich y Eppinger [22] en este capítulo se describirán las etapas para el diseño que se siguieron para llegar al resultado final obtenido en este trabajo.

### 3.1 Desarrollo del concepto

En esta etapa se obtiene la información necesaria para atacar el problema de manera puntual y se inicia la generación de soluciones, que resultan en una lista de especificaciones para el diseño. Se puede subdividir en las siguientes fases:

1. Identificar las necesidades del cliente
2. Establecer especificaciones objetivo
3. Generación de conceptos
4. Selección del concepto
5. Prueba del concepto
6. Establecer especificaciones finales

### 3.1.1 Identificación de las necesidades del cliente

La identificación de las necesidades tiene como objetivo averiguar las necesidades explícitas u ocultas del cliente, ser una base para la justificación de las especificaciones del producto y asegurar una solución completa. Estos objetivos se alcanzan utilizando los siguientes pasos:

1. Recopilar datos sin procesar de los clientes.
2. Interpretar los datos sin procesar en términos de las necesidades de clientes.
3. Organizar las necesidades en una jerarquía de necesidades primarias, secundarias y, de ser necesario, terciarias.
4. Establecer la importancia relativa de las necesidades.

En esta primera fase se obtienen las necesidades generales del sistema. Con estas necesidades claras, se procede a subdividir las necesidades en el subsistema correspondiente, ya sea, selección del nuevo equipo, diseño de la aplicación o diseño del acople. Esto se debe a que cada subsistema cuenta con especificaciones objetivo distintas y criterios de selección y evaluación no relacionados.

Las necesidades se obtuvieron por medio de una conversación con el asesor de empresa, que como encargado del proyecto, conoce las particularidades y necesidades del sistema. De la conversación se extrajo la siguiente información sin filtrar:

- El sistema debe tener capacidad para todos los modelos de la serie 4000.
- El sistema debe ser capaz de guardar los datos, al menos de forma local.
- El mecanismo de acople debe ser seguro para operarios.
- El sistema es de fácil uso.
- El mecanismo de acople se puede utilizar en un espacio definido.
- La conexión de los equipos debe ser de sencilla conexión/desconexión.

- El mecanismo de acople es duradero.
- El instrumento de medición se puede interconectar con una matriz.
- Debe existir una interfaz digital para comunicarse con un PLC.
- Debe existir una interfaz de usuario para control y visualización de los datos.

Con esta información disponible, se procede a generar la Tabla 3.1 la cual contiene las necesidades con su respectiva importancia. La importancia se mide con un valor de 1 a 5, 1 siendo la menor importancia y 5 la mayor.

**Tabla 3.1:** Tabla de necesidades del cliente con importancia relativa.

Número	Necesidad	Importancia relativa
1	El sistema manipula y se conecta con los productos de la serie 4000.	3
2	El sistema almacena los valores de los productos durante las pruebas.	4
3	El acople debe ser seguro.	5
4	El sistema puede ser utilizado por un operario de la línea de producción.	3
5	El acople debe ser compacto.	1
6	El sistema tiene una interfaz de conexión eléctrica definida.	2
7	Los materiales del acople tienen una larga vida útil.	1
8	Existe una interfaz definida entre instrumento de medición y matriz.	4
9	El sistema tiene una interfaz de E/S digital.	4
10	La aplicación cuenta con una interfaz gráfica.	3

Como se puede observar en la tabla anterior, la seguridad laboral es el rubro de mayor importancia para la empresa. A partir de esto la importancia empieza a disminuir la importancia a características necesarias para que el sistema funcione, como el almacenamiento de datos; características que ya el sistema posee, como la interfaz gráfica y luego características deseables en las que el sistema podría mejorar.

### 3.1.2 Establecimiento de especificaciones objetivo

Para el establecimiento inicial de las especificaciones se realizan las siguientes tareas:

1. Elaborar la lista de métricas.
2. Recabar información para la comparación.
3. Establecer valores meta ideales y marginalmente aceptables.

A continuación se presenta la lista de métricas iniciales:

- Distancia entre conectores de prueba.
- Dimensión de la geometría de la guía.
- Rango de medición de resistencias.
- Rango de medición de capacitancias.
- Archivo con datos almacenados.
- Distancia entre operario y la fuente de peligro.
- Señales y avisos de peligro visibles.
- Facilidad de interacción entre interfaz y usuario.
- Dimensiones totales del acople.
- Alimentación principal y tipos de interfaz.
- Ciclos de funcionamiento antes de la falla.

La información que se utilizó para la comparación es aquella que se encuentra en la hoja de datos de los productos, ya que los objetivos que tiene el sistema es lograr cumplir con las especificaciones que se le ofrecen al cliente. La información de las hojas de datos se encuentra en el Apéndice A.

Una vez que se tiene esta información, se generan los valores meta ideales y los marginales, teniendo en cuenta que estos pueden variar en el momento que se determinen las especificaciones finales. En la Tabla 3.2, se observan los valores definidos. Para esta definición se utilizaron otras variables o características de la empresa, como por ejemplo

**Tabla 3.2:** Tabla de valores meta y valores marginales para cada métrica.

Métricas	Valores ideales	Valores marginalmente aceptables
Distancia entre conectores de prueba	2.54mm y 1.27mm	2.54 ( $\pm 0.07$ ) mm y 1.27 ( $\pm 0.07$ ) mm
Dimensión de la geometría de la guía	9.14mm X 8.40mm, 2.26mm X 4.95mm, 10.59mm X 2.65mm, 7.87mm X 2.15mm	9.14mm X 8.40mm, 2.26mm X 4.95mm, 10.59mm X 2.65mm, 7.87mm X 2.15mm
Rango de medición de resistencias	0 $\Omega$ – 100 M $\Omega$	10 $\Omega$ – 1M $\Omega$
Rango de medición de capacitancias	0pF – 1000pF	50 – 200pF
Archivo con datos almacenados	Un solo archivo, monitoreo de todas las variables.	Un solo archivo, datos de la medición del equipo con referencia temporal.
Distancia entre operario y la fuente de peligro	200mm	25mm
Señales y avisos de peligro visibles	Existe	Existe
Facilidad de interacción entre interfaz y usuario	Cualquier usuario puede operar.	Operarios con entrenamiento pueden operar
Dimensiones totales del acople	400mm X 400mm X 400mm	600mm X 600mm X 800mm
Alimentación principal y tipos de interfaz	120V AC 60HZ, interfaz de comunicación ethernet, cableado con el producto estandarizado.	120V AC 60Hz, interfaz de comunicación serial
Ciclos de funcionamiento antes de la falla	Vida infinita	10 <sup>5</sup> ciclos

la disponibilidad de mesa de trabajo para las dimensiones, disponibilidad eléctrica en la planta y otros factores deseables con respecto a las características de los productos.

Al obtener los valores meta se puede avanzar al desarrollo de los conceptos de solución. Se debe tener en cuenta que estas primeras métricas y valores son de las necesidades generales, sin embargo se debe establecer una lista final de especificaciones para cada subsistema.

### 3.1.3 Generación de conceptos

En esta subetapa se realizó la recolección de información para poder resolver el problema de manera puntual y buscar los conceptos que pueden satisfacer las especificaciones. En

términos generales, esta subetapa se puede dividir en las siguientes tareas.

- Aclarar el problema.
- Buscar externamente.
- Buscar internamente.
- Explorar sistemáticamente.

Para aclarar el problema se necesita realizar el estudio del sistema actual con profundidad y extraer aquellos factores que pueden afectar al diseño. Se deben detallar aquellos equipos potenciales dentro de la sustitución, ya que en la actualidad existen sistemas que integran varios de los equipos actuales en un solo chasis. Posteriormente, se inicia la búsqueda de conceptos investigando soluciones que ya existen en el mercado y haciendo la búsqueda internamente en la empresa, ya que este tipo de problema puede haber sido solucionado anteriormente o se busca utilizar la experiencia del equipo de trabajo. Por último, se explora sistemáticamente el problema con el fin de ubicar conceptos que ya hayan quedado por fuera.

A partir de esta sección se hizo la división de los 3 subsistemas que abarca el proyecto: equipo para la sustitución de la matriz, aplicación de control y acople para los productos. Primero, se va a realizar una breve explicación del sistema en conjunto, de manera que se puedan comprender las dependencias entre subsistemas. Un diagrama del sistema se puede apreciar en la Figura 3.1 explicando cómo los subsistemas se relacionan entre ellos. Los equipos que se deben detallar son aquellos que tienen un potencial para ser sustituidos por las nuevas opciones de equipo. Con esto se puede obtener una lista de las condiciones actuales del sistema con las cuales se puede generar una base para el diseño.

### **Equipo para la sustitución**

Recordando la explicación en el Capítulo 1, la matriz 7071 con el chasis 707A de Keithley deben ser reemplazados debido a que están obsoletos. Se necesita conocer el funcionamiento y capacidades de este equipo, de manera que se puedan encontrar los candidatos

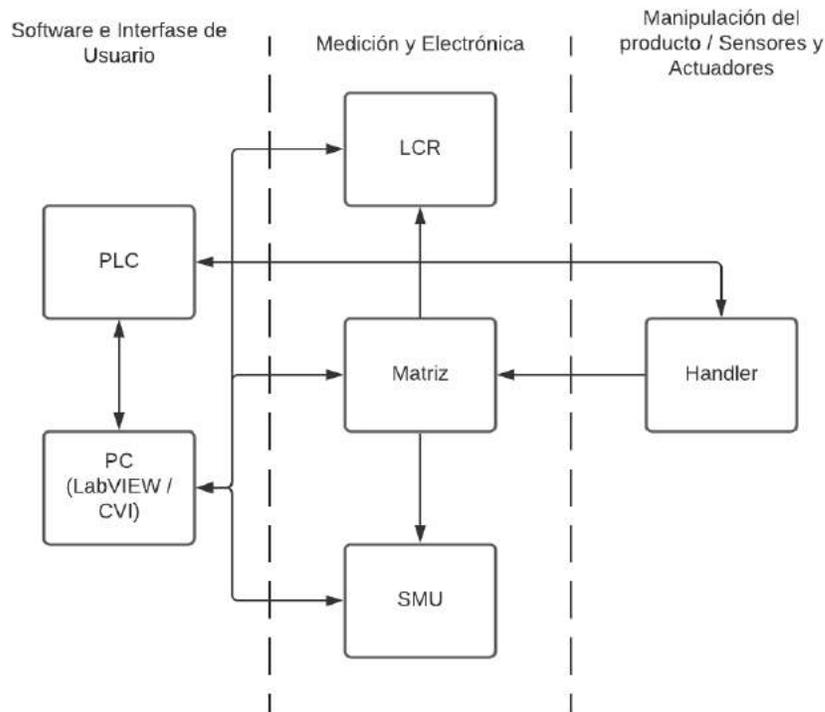


Figura 3.1: Diagrama del sistema de test para Resistor Networks de Bourns.

que satisfagan las necesidades del sistema. Las características de este equipo se encuentran en el Capítulo 2, sin embargo existen consideraciones adicionales que engloban el funcionamiento.

La matriz 7071 se conecta con productos de 6 a 20 terminales, cada una de estas debe ser conectada con uno de los hilos de medición según corresponda. Siguiendo las conexiones de las Figuras 2.3 y 2.4, se necesitan al menos dos caminos por cada terminal. En esta matriz se tiene una ventaja y una desventaja con respecto a la conexión con las terminales del producto, la ventaja es que hacer de 3 polos se puede simplificar el control de cierre pero tiene la desventaja de desperdiciar uno de sus polos. Conociendo el estado de conexión se puede deducir que se necesita más de una matriz para realizar una conexión para un producto de más de 12 terminales. Adicionalmente, una de las interfaces de la matriz está hecha para comunicarse con los instrumentos de medición.

El chasis 707A tiene la función de comunicarse con la matriz, con el PLC por medio de E/S digitales y con la PC, recibiendo los comandos, por medio de un protocolo GPIB. Se necesita un equipo que tenga la capacidad de cumplir con estas conexiones entre equipos,

independientemente del protocolo.

Para este subsistema, la búsqueda de candidatos se enfoca en el exterior, por medio de proveedores, ya que se busca una solución rápida y eficiente, en comparación con el desarrollo de una solución personalizada.

Los proveedores consultados son Keithley, Keysight y National Instruments. No solo estos proveedores poseen soluciones para este tipo de sistemas, sino que ya existe algún tipo de contacto con la empresa y por lo tanto se facilita la obtención de sus productos y servicios.

Se inicia con la búsqueda de un chasis, ya que su selección puede tener una implicación en cuanto a la sustitución de los instrumentos de medición ya que puede ser un sistema de adquisición de datos (DAQ) que tenga integrado su DMM u otros instrumentos y módulos. Los candidatos para el chasis que se pueden configurar con una matriz de propósito general se pueden observar en la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3:** Tabla de candidatos para la sustitución del Chasis 707A de Keithley.

Keithley	Keysight	National Instruments
DAQ6510 Data Acquisition and Logging, Multimeter System	34980A Multifunction Switch/ Measure Mainframe	PXIe-1092
Keithley 2700 Multimeter/ Data Acquisition/ Switch Systems	M9005A PXIe Chassis	PXIe-1088
Keithley Series 3700A Systems Switch/ Multimeter	M9010A PXIe Chassis	PXIe-1086
Keithley 700 Series Semiconductor Switching Systems	M9018B PXIe Chassis	PXIe-1085
	M9019A PXIe Chassis	PXIe-1084
		PXIe-1082

En el caso de los equipos de Keithley se tienen varias complicaciones (con la excepción de la variante 06-S del 3700 de Keithley):

- Cuentan con un DMM integrado que no tiene capacidad de medición a 6 hilos.
- Las matrices que soportan no tienen capacidad para todas las conexiones con el

producto.

- Los tipos de matriz que maneja tienen una funcionalidad específica, y por la diversidad de productos se desean de propósito general.

En los demás casos la opción de utilizar un DMM o SMU es opcional, ya que funciona como un módulo adicional. Los módulos de DMM o SMU para estos chasis no cuentan con la capacidad de medición en 6 hilos y por lo tanto no se toman en cuenta a partir de este punto.

Para las variantes de chasis restantes, se buscan las tarjetas o módulos de matriz que cumplan con ciertas necesidades según la referencia, que es el equipo 7071 de Keithley. Estas necesidades y justificaciones se pueden observar en la Tabla 3.4.

**Tabla 3.4:** Necesidades para la nueva matriz.

Característica del Sistema	Necesidad de la nueva Matriz
Abarca productos de 4 a 20 pines.	Se necesitan al menos 20 columnas a polo simple o 10 a polo doble.
Mide con 2 instrumentos, uno de 4 terminales y otro de 6 terminales.	Se necesitan al menos 10 filas a polo simple o 5 filas a polo doble.
Tiene relés electromecánicos remojados en mercurio.	Se debe elegir una opción sin mercurio.
Vida útil de $10^5$ ciclos.	Vida útil de relés mayor a $10^5$ .
Producto con aislamiento mayor a $10M\Omega$ .	Aislamiento mayor a $10M\Omega$ .
Continuidad en algunas terminales del producto.	Resistencia de continuidad menor o igual a $1\Omega$ .
Medición de capacitancia	Interruptores para ambos sentidos de corriente

Utilizando estas necesidades y la selección de chasis anterior, se realiza una búsqueda con la cual se obtiene una lista de posibles candidatos para la matriz 7071 de Keithley que se muestra en la Tabla 3.5. Existen otras características que se desean filtrar, sin embargo, estas se van a utilizar en la etapa de selección cuando se involucren las características propias de cada candidato.

**Tabla 3.5:** Tabla de candidatos para la sustitución de la matriz 7071 de Keithley.

Keithley	Keysight	National Instruments
3730	34931A	PXIe-2529
3731	34932A	PXIe-2532B
3732	34933A	PXIe-2738
	34934A	PXIe-2739
	M9120A	
	M9121A	
	M9122A	

### Acople mecánico

El acople mecánico es la estructura que tiene el propósito de ser una base funcional para las pruebas del nuevo equipo y asistir al área de control de calidad en funcionar como una estación independiente donde se pueda probar cualquier serie del producto. El nuevo equipo necesita de esta nueva estructura, ya que la interfaz (puertos de conexión) están destinados a cambiar debido a la sustitución de la matriz. Este acople debe satisfacer ciertas necesidades fundamentales:

- Debe tener algún tipo de conexión eléctrica con el producto, que no sea permanente ni destructiva.
- Debe manipular o guiar a la pieza, a pesar de ser colocada manualmente.
- Debe ser seguro para el operario.
- Debe ajustarse a los valores dimensionales en la Tabla 3.1.

Cada una de estas necesidades se explora por separado para obtener conceptos independientes de manera que se utilicen los mejores para cada necesidad. No cabe duda que, algunos de los conceptos, a pesar de ser los más apropiados, pueden no combinarse en una solución final o pueden resultar poco prácticos para el proceso. En la Tabla 3.6 se muestran los resultados de la búsqueda tanto externa como interna para estas necesidades, tomando en cuenta que existen otros conceptos pero ya han sido eliminados al no cumplir alguna de las necesidades.

La búsqueda sistemática de un concepto adicional se puede generalizar con el diagrama en la Figura 3.2, la cual muestra un árbol de clasificación para las diferentes opciones de actuación necesaria para el acople para cualquier opción diferente a la manual.

**Tabla 3.6:** Búsqueda de conceptos para el acople mecánico.

	Búsqueda Interna	Búsqueda Externa
Conexión Eléctrica	Sonda de Prueba de Resorte	Placa Impresa Encaje
Manipulación del Producto	Guías Mecánicas	Encaje Actuadores Neumáticos Actuadores Eléctricos Robot
Seguridad del Operador	Cortina de Seguridad	Botón de Emergencia Sensores Magnéticos Sensores de Láser Finales de Carrera
Tamaño	Mesas de trabajo Estante para equipo	Mesas Industriales Personalizadas

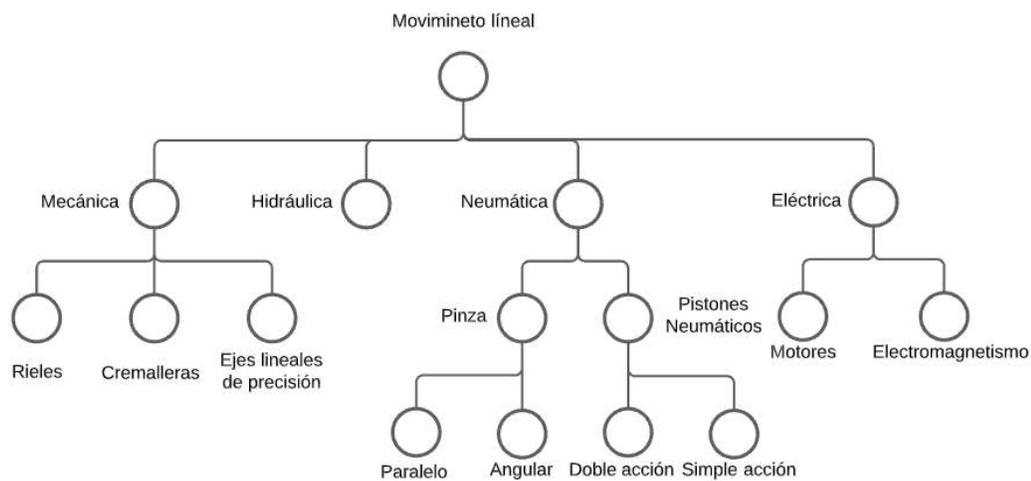


Figura 3.2: Árbol de clasificación para los conceptos de movimiento lineal.

### Aplicación de control

La aplicación de control se encarga de configurar y accionar los equipos, además de recolectar los datos de las mediciones y comunicarse con el PLC debido a que estos trabajan en paralelo. En la Figura 3.3 se muestra un diagrama de flujo general de la aplicación de como la PC se comunica con el exterior y flujo de información.

La búsqueda interna se realizó ubicando aquellos programas de vigencia actual, sin embargo son aplicaciones que fueron desarrolladas al momento del desarrollo del sistema. No se cuenta con la capacidad de acceder al código fuente, solo hacer modificaciones superficiales, como por ejemplo agregar un nuevo número de parte y subrutina de configuración. Los programas actuales están divididos por número de serie del producto. En el caso de

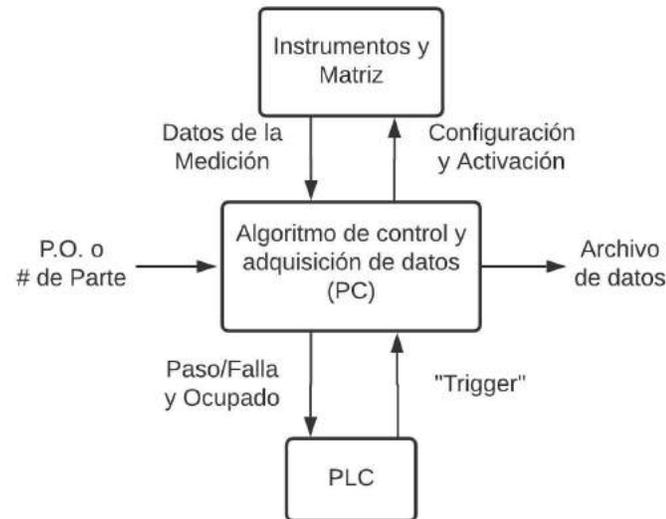


Figura 3.3: Diagrama de flujo general de la aplicación.

las series 4100, 4400 y 4800, los programas son distintos para cada serie y desarrollados en el software de desarrollo CVI. En el caso de la serie 4300, existe una versión del programa en LabVIEW, la cual está desactualizada y no es compilable. Sin embargo, se puede extraer alguna información con respecto a la comunicación con los equipos. El protocolo utilizado es el IEEE–488 o GPIB y se realiza la comunicación escribiendo directamente en el puerto con los comandos encontrados en el manual del instrumento [10].

Los proveedores de los equipos para la sustitución soportan distintos software de desarrollo. En la Tabla 3.7 se especifica cuales software son soportados, según los candidatos preliminares de chasis y matriz.

**Tabla 3.7:** Soporte de Software según Proveedor de Equipo para la Sustitución.

	Keithley	Keysight	National Instruments
CVI	Sí	Sí	No
LabVIEW	Si	Sí	Sí
MATLAB	No	Sí	No
Python	No	No	Sí
Ambientes en C/C++	Sí	Sí	Sí

Realizando la búsqueda externa, se encontró que los proveedores normalmente trabajan con “toolbox” o bibliotecas para la comunicación y configuración de equipos. Estas bi-

bibliotecas normalmente utilizan VISA (Virtual Instrument Software Application), un API (Application Programming Interface), ya que es aplicable a los tipos de interfase entre PC e instrumento más comunes; como por ejemplo: GPIB, TCP-IP; VXI, PXI, Serial, entre otras. Esto le permite a las bibliotecas mantenerse actualizadas a pesar de cambios físicos en la conexión. CVI, LabVIEW y MATLAB son software de desarrollo que tienen integrado la interfaz VISA.

### 3.1.4 Selección del concepto

La selección del concepto varía para cada subsistema. En el caso del equipo de sustitución la selección se da para el chasis, la matriz y todo aquel adicional necesario para la integración al sistema. Para el acople mecánico se seleccionarán aquellos conceptos que al unirse proporcionen la mejor alternativa según las necesidades mencionadas anteriormente. Por último se selecciona el software de desarrollo para la aplicación.

Los pasos para la correcta selección de los conceptos son los siguientes:

- Elaborar la matriz de selección.
- Calificar los conceptos.
- Combinar y mejorar los conceptos.
- Seleccionar uno o más conceptos.

### Equipo para la sustitución

Los equipos pasan por 2 filtros, uno inicial que asigna una puntuación a las opciones con base en las características del sistema actual y otro filtro de selección bajo los criterios de: puntualidad de la solución, flexibilidad, justificación del costo. La puntuación se realiza de la siguiente manera: en la Tabla 3.8 se muestra una primera matriz de calificación con la cual se realiza el primer filtro que busca encontrar el equipo con las mejores características teóricas a partir de los equipos actuales mencionados en el Capítulo 2.

Este se califica de la siguiente manera: al ser sumamente inferior que la referencia se le aplica un multiplicador de 0.25, al ser solo inferior un 0.5, al ser igual o muy similar al

**Tabla 3.8:** Tabla del primer filtro de selección para la sustitución de equipo.

Tabla de criterios de selección		
Característica		Importancia (1-5)
Protocolos de Comunicación	GPIB	3
	E/S Digitales	3
	LAN/ LXI/ Ethernet	4
	USB	2
	RS232	1
	"Trigger"/ "Watchdog"	2
	Otros	2
Abrir/Cerrar Relé		5
Medición de Capacitancia		5
Dimensiones Físicas		3
Aislamiento		3
Sustitución del 2400		5
Sustitución del LCR		5
Corriente Máxima		2
Cantidad de canales en matriz		4
Cantidad de polos del Relé		3
Cantidad de Ranuras		3
Soporte de Software		4
Vida útil		4
Escalabilidad		4
Cantidad de E/S Digitales		3
Precio		5

equipo de referencia se le asigna un multiplicador de 1. En el caso de que el equipo sea mejor o sumamente mejor que la referencia se le asigna un multiplicador de 1.5 o 2 respectivamente. En algunos casos, no se puede realizar la comparación directa entre equipos, debido a que no todos poseen todas las características. En estos casos las características adicionales o faltantes, con respecto a la referencia, serán evaluados como características adicionales que generan una adición o sustracción de puntos según aplique.

La calificación inicia con la matriz, debido que es el elemento funcional de mayor importancia. A esta calificación se le aplican aquellas características que son propias de la matriz. Las características comparativas y la puntuación se puede observar en las Tablas 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12. Para la casilla de precio, al no tener un precio fijo para la matriz 7071 que se utiliza de referencia, se utiliza un valor promedio del precio de las matrices que cumplen con las necesidades, indistintamente de la cantidad necesaria para cumplir las mismas.

**Tabla 3.9:** Tabla de calificación para matrices del proveedor Keithley y el equipo de referencia.

	3730	3731	3732	7071
Abrir/Cerrar Relé	0.5 (4ms)	2 (0.5ms)	2 (0.6ms)	1 (3ms)
Medición de Capacitancia	1	1	1	1
Corriente Máxima/ Voltaje Máximo	1.5 (300V 1A)	1 (200V 1A)	1 (200V 0.75A)	1 (200V 0.5A)
Aislamiento	1 ( $10^4$ Ohm)	1 ( $3 \times 10^9$ Ohm)	1 ( $2 \times 10^9$ Ohm)	1 ( $10^4$ Ohm)
Cantidad de canales en matriz	1 (6x16)	1 (6x16)	1 (8 x 28)	1 (8x12)
Cantidad de polos	1 (2 polos)	1 (2 polos)	1 (2 polos)	1 (3 polos)
Vida útil	1 ( $10^5$ - $10^8$ ciclos)	1.5 ( $10^6$ - $10^9$ ciclos)	2 ( $8 \times 10^6$ - $10^9$ ciclos)	1 ( $10^5$ - $10^8$ ciclos)
Precio	1.5 (2 x \$2,230)	1 (2x \$3050)	0.5 (2x \$7,720)	1 (\$7300)
Características de interés	50-Pin Tipo D	50-Pin Tipo D	78-Pin Tipo D	7078 Conector
Puntaje total con peso aplicado	32	38	37.5	31

En la Tabla 3.9 se puede observar la referencia utilizada con un puntaje de 31 puntos y un claro candidato ganador dentro de esta comparación que sería la matriz 3731, que se caracteriza por tener alta velocidad y un precio balanceado al comparar con la referencia. También se puede ver en la casilla de precio que existe un multiplicador de dos, ya que son necesarias dos matrices para abarcar todo el producto, y como se mencionó anteriormente es una característica indeseable.

En la Tabla 3.10, existe un claro candidato ganador para la comparación de matrices de Keysight, siendo la matriz 34934A que sobresale por la velocidad de conmutación de sus interruptores y la capacidad de soportar cualquiera de los productos del área de redes de resistencias.

En la Tabla 3.11 se califican las matrices para chasis PXI de Keysight, entre estas destaca la matriz M9121A; sin embargo, su puntuación es muy cercana a la de referencia con la desventaja de tener un precio mayor y no poder utilizar todos los instrumentos de manera simultánea (solo 4 filas). Con lo anterior en mente, se utiliza la matriz M9120A como candidato ganador en esta tabla con el fin de comparar con los candidatos preliminares.

**Tabla 3.10:** Tabla de calificación para matrices del proveedor Keysight para chasis 34980A.

	34931A	34932A	34933A	34934A
Abrir/Cerrar Relé	0.5 (4ms)	0.5 (4ms)	2(0.5ms)	2(0.35ms)
Medición de Capacitancia	1	1	1	1
Corriente Máxima/ Voltaje Máximo	2 (300V/1A)	2 (300V/1A)	0.5 (150V/0.5A)	0.5 (100V/0.5A)
Aislamiento	1 ( $10^9$ Ohm)	1 ( $10^9$ Ohm)	1 ( $10^9$ Ohm)	1 ( $10^9$ Ohm)
Cantidad de canales en matriz	0.5 (8x8)	1 (8x16)	0.5 (8x8)	2 (Dual 8x32)
Cantidad de polos	1 (2 polos)	1 (2 polos)	1 (2 polos)	1 (2 polos)
Vida útil	0.5 ( $10^4$ - $10^7$ ciclos)	0.5 ( $10^4$ - $10^7$ ciclos)	1 ( $10^4$ - $10^8$ ciclos)	2 ( $10^8$ ciclos)
Precio	1.5 (3x\$1655)	1.5 (2x\$2565)	1.5 (3x\$1845)	1 (\$8595)
Características de interés	50-Pin Tipo D	50-Pin Tipo D	78-Pin Tipo D	78-Pin Tipo D
Puntaje total con peso aplicado	29	31	35.5	43

**Tabla 3.11:** Tabla de calificación para matrices del proveedor Keysight para chasis tipo PXI.

	M9120A	M9121A	M9122A
Abrir/Cerrar Relé	1(3ms)	1.5(1ms)	1(3ms)
Medición de Capacitancia	1	1	1
Corriente Máxima/ Voltaje Máximo	1 (100V/2A)	0.5 (100V/0.5A)	1.5 (100V/2A)
Aislamiento	1 ( $10^10$ ohm)	1 ( $10^10$ ohm)	1 ( $10^10$ ohm)
Cantidad de canales en matriz	0.5 (4x32)	1 (4x64)	0.5 (8x32)
Cantidad de polos	1 (2 polos)	1 (2 polos)	0.5 (1 polo)
Vida útil	1 ( $10^5$ - $10^8$ )	1.5 ( $10^6$ - $10^9$ )	1 ( $10^5$ - $10^8$ )
Precio	1.5 (\$4360)	0.5 (\$10985)	1 (\$5720)
Características de interés	50-Pin Tipo D	200-Pin LHF	50-Pin Tipo D
Puntaje total con peso aplicado	31.5	32	28.5

Por último, en la Tabla 3.12, para los candidatos del proveedor National Instruments sobresalen las matrices 2532B y 2738. Ambas tienen la característica de poder conectar con todas las terminales del producto y realizar la conexión con todos los equipos de medición. La puntuación más alta (39 puntos) la recibe la matriz PXIe-2738, la cual va

**Tabla 3.12:** Tabla de calificación para matrices del proveedor National Instruments para chasis tipo PXI.

	PXIe-2529	PXIe-2532B	PXIe-2738	PXIe-2739
Abrir/Cerrar Relé	0.5 (4ms)	2(0.25ms)	1.5(1ms)	1.5(1ms)
Medición de Capacitancia	1	1	1	1
Corriente Máxima/ Voltaje Máximo	1.5 (150V/1A)	0.5 (100V/0.5A)	1.5 (100V/2A)	1.5 (100V/2A)
Aislamiento	1 (10 <sup>^</sup> 10ohm)	1 (10 <sup>^</sup> 10ohm)	1 (10 <sup>^</sup> 10ohm)	1 (10 <sup>^</sup> 10ohm)
Cantidad de canales en matriz	1 (8x16)	1.5 (8x32)	1.5 (8x32)	1 (16x16)
Cantidad de polos	1 (2 polos)	1 (2 polos)	1 (2 polos)	1 (2 polos)
Vida útil	1 (10 <sup>^</sup> 5-5x10 <sup>^</sup> 7 ciclos)	1.5 (5x10 <sup>^</sup> 5-10 <sup>^</sup> 9 ciclos)	1 (10 <sup>^</sup> 5-10 <sup>^</sup> 8 ciclos)	1 (10 <sup>^</sup> 5-10 <sup>^</sup> 8 ciclos)
Precio	1 (2x \$3550)	0.5 (\$9370)	1.5 (\$4385)	0.5 (2x \$4385)
Características de interés	100-Pin HDI	150-pin Tipo D	160 DIN 41612	160 DIN 41612
Puntaje total con peso aplicado	29.5	36.5	39	32

en comparación con los puntajes de los candidatos ganadores de los otros proveedores (43 y 38 puntos).

Para la selección del chasis se califica bajo los mismos criterios anteriormente expuestos en la Tabla 3.8. En este caso existen características que son binarias y por lo tanto el multiplicador es 1 o 0. La calificación de estos equipos se puede ver en la Tabla 3.13 y se observa que los candidatos con mayor puntaje son aquellos que cuentan con los protocolos deseados, reducen significativamente el espacio requerido por el equipo y cuentan con escalabilidad. Esto nos delimita al 3700A de Keithley, el 34980A y el M9005A de Keysight.

En la continuación de la tabla de calificación, la Tabla 3.14, se encuentran los candidatos de National Instruments, que puntúan levemente por encima de la referencia (0.5 - 3 puntos más) o inclusive hasta debajo de la referencia (30.25 - 34). Esto se debe principalmente a la necesidad de estos chasis tipo PXI de utilizar un controlador embebido, el cual es un componente costoso y sin embargo necesario. El candidato seleccionado de esta tabla es el PXIe-1082 con el puntaje de 38 puntos, que sigue estando bajo en comparación

con los candidatos de Keysight y Keithley (mayor a 45 puntos).

**Tabla 3.13:** Tabla de calificación para chasis.

Compañía	Keithley		Keysight				
	707A	3700A	34980A	M9005A	M9010A	M9018B	M9019A
Chasis	1	1	1	1	1	1	1
GPIB	1	1	1	1	1	1	1
Digital I/O	1	0	0	0	0	0	0
LAN/ LXI/ Ethernet	0	1	1	1	1	1	1
USB	0	1	1	1	1	1	1
RS232	1	0	0	0	0	0	0
Trigger/ Watchdog	1	0	1	1	1	1	1
Otros	0	1	0	1	1	1	1
Dimensiones Físicas (ancho x alto x largo)	432 mm x 356 mm x 612 mm	482.6 mm x 88.9 mm x 457.2mm	426 mm x 133 mm x 341 mm	257.1 mm x 189.7 mm x 212.8 mm	322.5mm x 194.8mm x 552.5mm	444.4 mm x 194.8 mm x 466 mm	444.4 mm x 194.8 mm x 466 mm
Sustitución del 2400	1	1	1	1	1	1	1
Sustitución del LCR	1	1	1	1	1	1	1
Cantidad de Slots	6	6	8	5	10	18	18
Soporte de Software	1	1	1	1	1	1	1
Escalabilidad	0	1	1	0	1	1	1
Precio	\$8,822	\$2,610 - \$3,790	\$4,755	\$2,525	\$8,099	\$14,370	\$16,605
Puntaje Subtotal	35	45.5	45.5	46	45	44	44

**Tabla 3.14:** Tabla de calificación para chasis. Continuación

Compañía	National Instruments					
	PXIe 1092	PXIe 1088	PXIe 1086	PXIe 1085	PXIe 1084	PXIe 1082
Chasis	1	1	1	1	1	1
GPIB	0	0	0	0	0	0
Digital I/O	0	0	0	0	0	0
LAN/ LXI/ Ethernet	0	0	0	0	0	0
USB	0	0	0	0	0	0
RS232	0	0	0	0	0	0
Trigger/ Watchdog	0	0	0	0	0	0
Otros	1	1	1	1	1	1
Dimensiones Físicas (ancho x alto x largo)	303.3 mm x 177.2 mm x 463.6 mm	355.6 mm x 177.2 mm x 214.2 mm	467.1 mm x 268.7 mm x 476.5 mm	464.8 mm x 177.1 mm x 492.3 mm	445.5 mm x 177.1 mm x 463.6 mm	271.4 mm x 177.1 mm x 396.5 mm
Sustitución del 2400	1	1	1	1	1	1
Sustitución del LCR	1	1	1	1	1	1
Cantidad de Slots	10	9	18	18	18	8
Soporte de Software	1	1	1	1	1	1
Escalabilidad	1	1	1	1	1	1
Precio	\$7,125	\$3,510	\$17,160	\$14,300 - \$15,400	\$7,100	\$5,435
Puntaje Subtotal	34	36.5	30.25	33	35.5	38

Una vez obtenida la calificación se hace el primer filtro, donde se busca que siempre exista al menos un candidato por proveedor. En la Tabla 3.15 se muestra la lista de candidatos

restantes con algunas características de interés para el sistema y además, se puede observar la combinación entre tarjetas y matrices y el costo para la implementación.

**Tabla 3.15:** Tabla de candidatos finales para la selección.

	Keithley	Keysight		NI	
Chasis	3706A-S	34980A	M9005A	PXIe 1088	
Descripción	Chasis de 6 Slot	Chasis de 8 Slot	Chasis de 5 Slot	Chasis de 9 Slot (8 Híbridos)	
Matriz	3731	34934A	M9120A	2532B	2738
Descripción	6x16 2 polos (0.5ms)	8x32 2 polos (0.35 ms)	4x32 2 polos (3ms)	8x32 2 polos (0.25ms)	8x32 2 wire (1ms)
Conector	2x 50-Pin Tipo D	78-Pin Tipo D	78-Pin Tipo D	150-pin Tipo D	160 DIN 41612
Controlador/Remoto	N/A (PC externo)	N/A (PC externo)	M9024A (Conectado a PC)	PXIe-8381 (Conectado a PC)	PXIe-8381 (Conectado a PC)
Descripción	N/A (PC externo)	N/A (PC externo)	PXIe System Module	Velocidad 3.2GB/s	Velocidad 3.2GB/s
Interfaces (Chasis y/o controlador/remoto)	LXI/Ethernet, GPIB, USB, D I/O	USB, GPIB, Ethernet, Trigger	PCIe, USB, Ethernet, GPIB	PCIe	PCIe
Costo	\$8,710- \$9,890	\$15,585	\$10,355	\$16,155	\$11,170

Para el segundo y último filtro de selección existen varias consideraciones:

1. El costo debe tener una justificación de peso y se deben valorar otros costos para el desarrollo y no únicamente el valor de los equipos, ya que el proyecto cumple con una primera etapa que tiene un presupuesto limitado.
2. La flexibilidad que puedan tener los equipos tiene una relación directa con la capacidad del equipo de ser utilizado para su función designada u otras en la empresa.
3. La puntualidad de la solución aplica para aquellos equipos que cumplen con las necesidades del sistema con el menor número de implicaciones que se puedan adherir, como por ejemplo la necesidad de múltiples matrices para un solo producto.

Con estas consideraciones en mente, se selecciona el equipo de Matriz 34934A y el Chasis 34980A de Keysight por las siguientes razones:

1. La matriz seleccionada cumple puntualmente las necesidades, e inclusive es la que tiene mayor escalabilidad al poder soportar más de un producto de manera simultánea, de ser necesario.

2. Se adapta perfectamente a los demás equipos del sistema (PC, SMU, LCR y "Handler") sin cambios importantes.
3. El equipo es utilizado en otra área de la empresa, y por lo tanto, se cuenta con la infraestructura para su implementación y soporte.
4. El valor de \$15,585 se ajusta al plan de costos que tiene la empresa para esta etapa.

### Acople Mecánico

En el caso de los conceptos para el acople mecánico se utilizan los valores meta para realizar la selección. Los valores que influyen al acople mecánico son: La distancia entre conectores, las dimensiones totales del acople, distancia entre operario y fuente de peligro y por último la vida útil.

Con las métricas antes mencionadas se crea la matriz de selección para estos conceptos la cual se muestra en la Tabla 3.16. La puntuación rige de la manera siguiente: 1 si es una solución deficiente, 2 si es un solución que cumple con lo necesario y 3 si es una solución que destaca en cuanto a la necesidad.

Como un segundo indicador, se utiliza otra matriz la cual califica bajo los siguientes aspectos: disponibilidad en el mercado, costo y capacidad de la empresa de implementarlo. La puntuación es la misma a la matriz anterior de 1 a 3 puntos. La segunda matriz de calificación se observa en la Tabla 3.17

**Tabla 3.16:** Matriz de puntuación para conceptos del acople mecánico.

	Candidato	Dimensiones totales	Dimensiones de peligros	Distancia entre conectores	Vida útil	Repetibilidad	Total
Conexión eléctrica	Sonda	N/A	N/A	2	2	2	6
	Placa Impresa	N/A	N/A	2	1	1	4
	Encaje	N/A	N/A	2	2	2	6
Manipulación	Ejes lineales	2	2	N/A	3	2	9
	Rieles	2	2	N/A	3	2	9
	Encaje	3	3	N/A	3	3	12
	Pistón	3	2	N/A	3	3	11
	Pinza	3	2	N/A	3	3	11
	Motor	1	1	N/A	2	3	7
	Electroimán	3	2	N/A	2	2	9
Seguridad	Cortina	1	N/A	N/A	3	3	7
	Botón de emergencia	3	N/A	N/A	3	3	9
	Sensores	3	N/A	N/A	3	3	9
	Finales de carrera	3	N/A	N/A	3	3	9

En la primera puntuación la sonda y el encaje tienen alta repetibilidad y vida útil en comparación con la placa impresa, la cual puede perder su conductor debido a el impacto y la fricción al ser un proceso repetitivo. En el caso de la manipulación el encaje y los dos actuadores neumáticos sobresalen en la puntuación por su repetibilidad en un espacio reducido. A nivel de seguridad todos los candidatos son utilizables.

**Tabla 3.17:** Segunda matriz de calificación para conceptos del acople mecánico.

	Candidato	Disponibilidad en el mercado	Capacidad de implementación	Costo	Total	Repetibilidad	Total
Conexión eléctrica	Sonda	2	3	2	7	2	6
	Placa Impresa	1	2	2	5	1	4
	Encaje	1	3	1	5	2	6
Manipulación	Ejes lineales	2	2	2	6	2	9
	Rieles	2	2	1	5	2	9
	Encaje	1	3	1	6	3	11
	Pistón	2	2	2	6	3	11
	Pinza	2	2	2	6	3	11
	Motor	2	1	1	4	3	7
	Electroimán	2	2	3	7	2	9
Seguridad	Cortina	2	2	1	5	3	7
	Botón de emergencia	2	2	3	7	3	9
	Sensores	2	2	2	6	3	9
	Finales de carrera	2	2	3	7	3	9

En el caso de la segunda matriz de calificación sobresalen los mismos candidatos, pero esta vez sucede que el encaje a pesar de teóricamente ser la mejor solución no existen en el mercado todos los posibles tipos que contemplen toda la serie 4000 de productos, específicamente la 4800. Esta razón elimina este candidato.

Con ambas puntuaciones se elige el uso de las sondas de prueba para la conexión eléctrica, un conjunto de la pinza y el pistón para la manipulación, y por último los finales de carrera, ya que pueden ser integrados de manera neumática junto a los otros actuadores, simplificando la construcción y eliminando los componentes eléctricos en el acople. Cabe mencionar que estos finales de carrera serán utilizados en conjunto con un cobertor que asegure la distancia establecida en las necesidades.

### 3.1.5 Prueba del concepto

La prueba de concepto para este proceso de diseño consta de probar algunos de los conceptos o candidatos seleccionados para verificar que cumple con lo esperado. Los pasos a seguir para este proceso son los siguientes:

- Definir el propósito de la prueba de concepto.
- Realizar la pruebas de concepto.
- Interpretar los resultados.

La prueba de concepto se le aplica a los conceptos seleccionados del acople mecánico, en este caso la selección del pistón y la pieza neumática. La prueba consiste en verificar la medida y tolerancia de estos actuadores y para el caso de la pinza, que tenga la capacidad de generar una fuerza que comprima los pines de prueba.

Para realizar la prueba se construye un pequeño circuito neumático con el que se puede realizar la prueba de manera que el usuario no intervenga con los resultados. El circuito consiste en utilizar la toma de aire comprimido del taller de mejoras de la empresa, que tiene una presión de 110 psi, utilizando un interruptor principal y válvulas 5/2 para la conexión con los actuadores. Este circuito se puede observar en la Figura 3.4 y en la Figura 3.5 se observa el circuito construido.

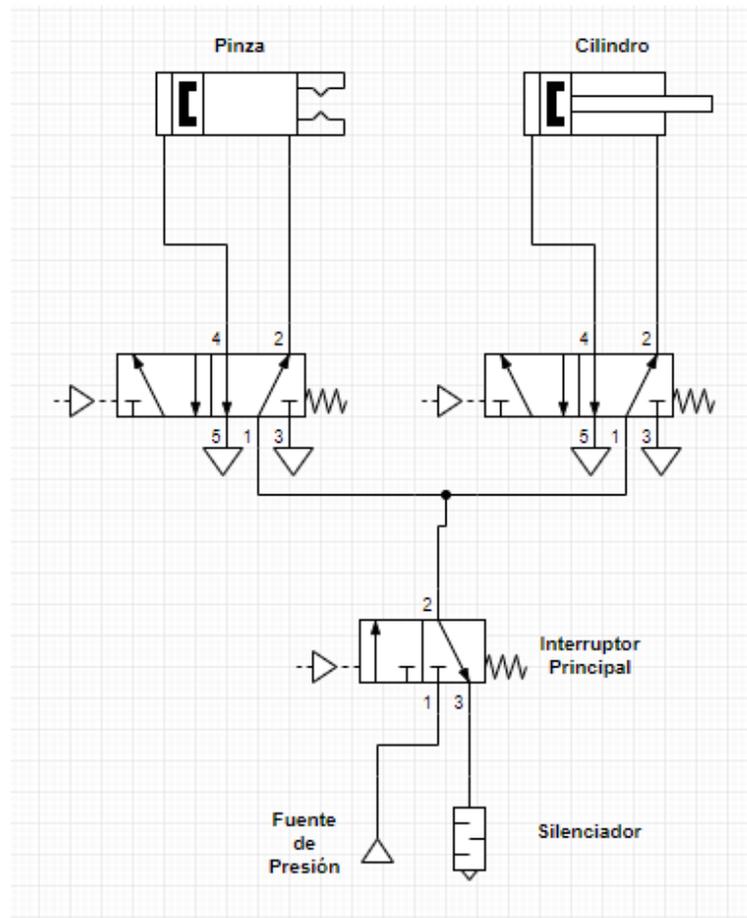


Figura 3.4: Diagrama neumático de la prueba.

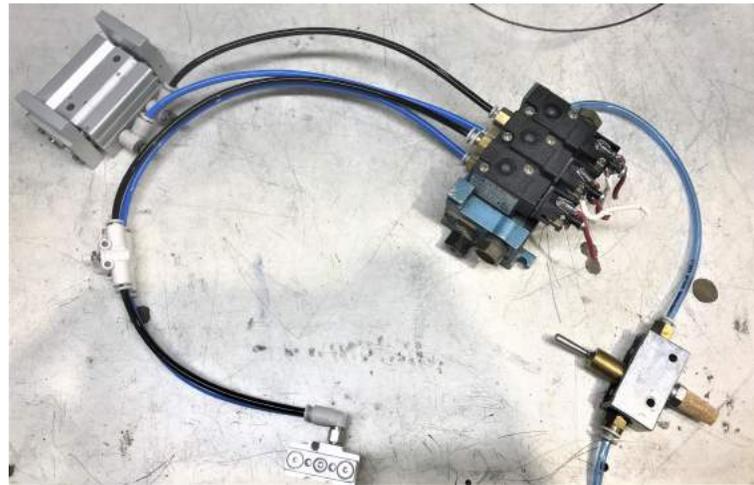


Figura 3.5: Construcción del mecanismo neumático para las pruebas.

Los valores bajo las pruebas son: la distancia de carrera para ambos actuadores y la fuerza de cierre de la pinza. Tanto la pinza como el pistón deben tener una carrera de 10 mm con una tolerancia de +1mm, en el caso de la pinza se mide la distancia total y por lo tanto se espera un valor de 20 mm con una tolerancia +2 mm. Las mediciones anteriores

se toman con un calibrador digital “Absolute Digimatic” con una calibración aprobada y vigente por la empresa a la fecha de la medición. Para la prueba de fuerza se coloca un dinamómetro entre una de las pinzas y el cuerpo de la pinza con la pinza en modo abierto y se activa la señal de cierre y se toma la medida. El dinamómetro utilizado es de la marca UNITEK MIYACHI con una escala de 20 LB en 100 divisiones y tiene una calibración aprobada y vigente por la empresa a la fecha de la medición.

### 3.1.6 Establecer especificaciones finales

- Desarrollar modelos técnicos del producto.
- Desarrollar un modelo de costo del producto.
- Refinar las especificaciones, haciendo concesiones donde sea necesario.
- Bajar de nivel las especificaciones según sea necesario.

## 3.2 Diseño en el nivel sistema

Con el fin de separar la selección de candidatos y el resto del proceso de diseño, el desarrollo de esta y las siguientes secciones se muestra en los capítulos posteriores.

Al obtener las especificaciones finales, se pueden generar los distintos diseños necesarios para el cumplimiento de los objetivos. En esta fase se desea obtener una generalización de la arquitectura del producto, dividirla en subsistemas con funciones bien definidas y un diagrama de flujo del ensamble o de interconexión de los subsistemas.

### 3.2.1 Arquitectura del producto

En esta primera sección del diseño se desea crear esquemas o diagramas, de manera que se puedan comprender las diferentes partes del diseño y como interactúan. Para esto se sigue la siguiente lista de pasos:

- Crear un esquema del producto.

- Agrupar los elementos del esquema.
- Crear una disposición geométrica aproximada.
- Identificar las interacciones fundamentales e incidentales.

### **3.2.2 Descomposición del producto en subsistemas y componentes**

En esta sección se divide cada diseño en subsistemas y se especifican los componentes de cada uno. En el caso de la aplicación se explican entradas y salidas y módulos internos, en caso de que existan para ese subsistema.

### **3.2.3 Planes iniciales para producción**

Para los planes de producción se realizó una definición del espacio temporal dividido por semana. Se crea una lista de tareas la cual se asignan en la misma división de semanas. Se realizan trabajos en paralelo, ya que el equipo destinado a la manufactura y depuración del acople es distinto al equipo que implementa la aplicación.

### **3.2.4 Diseño geométrico del producto**

Posterior a los planes, se genera un diseño geométrico del producto, representado como un modelo CAD 3D en SolidWorks para el subsistema del acople. En esta etapa no existe un diseño geométrico de la aplicación.

### **3.2.5 Especificación funcional de los subsistemas del producto**

Como se mencionó al inicio de la sección, se necesita como resultado la especificación de la función de los subsistemas. Por lo tanto, se generó una tabla de especificación funcional con métricas según corresponde o aplica. La especificación funcional se enfoca en este caso en enlazar los diferentes subsistemas según su tarea.

### **3.2.6 Diagrama de flujo preliminar del ensamble**

En la última etapa de esta sección se realizó el diagrama de flujo del ensamble o interconexión de subsistemas.

## **3.3 Diseño de detalle**

En esta fase se generan la documentación de control de los diseños, en este caso los planos geométricos para el acople y los archivos de los subsistemas de la aplicación. Adicionalmente, se hace un plan para la fabricación y ensamble o en el caso de la aplicación, la unión de los subsistemas.

### **3.3.1 Especificación completa de la geometría y tolerancias**

En esta sección tiene como fin delimitar la geometría del diseño, mediante los planos constructivos acople. Generación de los planos constructivos del diseño del acople.

### **3.3.2 Identificación de las partes estándar**

De manera adicional, se le agrega una tabla partes estándar y no estándar a los planos constructivos.

### **3.3.3 La selección de materiales, el costo de producción y el desempeño robusto del producto.**

En esta última etapa se seleccionan los materiales al realizar los cálculos mecánicos del diseño, se concreta el costo de la fabricación y se considera el desempeño del resultado del diseño. Una línea de pasos seguida para alcanzar lo anterior es la siguiente:

- Calcular esfuerzos en el diseño.
- Seleccionar materiales.

- Crear una tabla de costos de fabricación y ensamble.
- Definir que tan robusto es el diseño.

## 3.4 Pruebas y refinamiento

Esta sección comprende la construcción y evaluación de versiones múltiples de preproducción del producto. Para este proyecto, al ser un proyecto de diseño, las pruebas se hicieron en versiones alfa de la aplicación y en piezas independientes para el acople mecánico.

### 3.4.1 Acople mecánico

Para el acople mecánico se realizaron cuatro pruebas: Pruebas para verificar el funcionamiento de la guía con respecto a la geometría dada, pruebas de tope para el pistón lineal, pruebas para la repetibilidad de la pinza y pruebas para el tornillo de ajuste.

La primera prueba, dada una pieza con la geometría del riel, consta de medir la inclinación en grados con el fin de que el producto recorra el riel. La pieza que simula el riel se sujeta con una prensa de senos como se muestra en la Figura 3.6, donde adicionalmente se puede medir el ángulo. Para asegurar la perpendicularidad de la pieza con respecto a la prensa se utilizan paralelas para prensa. Con esto se verifica el valor correcto del ángulo de inclinación para el acople, se realiza el refinamiento de ser necesario y se valida el objetivo de manipular la pieza.

La segunda prueba consiste en utilizar un tope del material seleccionado para el pistón lineal, de manera que se reduzca el desplazamiento y se encuentre un valor nominal con su tolerancia para refinar el diseño a nivel dimensional.

La tercera prueba consiste en medir la repetibilidad real del pistón en comparación con la precisión que indica el fabricante, esto con el fin de ajustar el diseño del acople si es necesario.

La última prueba para el acople mecánico tiene como objetivo verificar que la pinza se ajuste a la estructura que sostiene la pista. Las diferencias dimensionales que se generen a partir de la precisión dada en la manufactura se pueden ajustar utilizando el conjunto



Figura 3.6: Prensa de Senos sujetando pieza de prueba.

de piezas para esta función. Este conjunto con el tornillo de ajuste debe ser capaz de realizar un ajuste igual o menor a la mitad de la distancia crítica en el producto. Para cualquiera de los productos la distancia crítica resulta ser 1.27 mm como se indicó en las métricas de la Tabla 3.2, por lo que el valor de ajuste mencionado anteriormente debe ser de mínimo 0.635 mm.

### 3.4.2 Aplicación

En el caso de la aplicación se realizaron las pruebas de velocidad de la medición de productos significativos. La particularidad de estas pruebas es que se debe realizar la comparación con el equipo en producción de línea el cual funciona como una referencia para indicar si la aplicación se encuentra en un estado similar en cuanto a producción. Cabe mencionar que esta prueba es únicamente realizable si toda la lógica de la aplicación funciona una vez unido los subsistemas y por lo tanto se establece que las entradas y salidas generales del sistema ya han sido alcanzadas.

# Capítulo 4

## Diseño de la aplicación y acople mecánico de pruebas

En este capítulo se plantean y describen los diseños tanto para el acople mecánico como para la aplicación. Cabe mencionar, que las decisiones tomadas en este capítulo van de la mano con las necesidades de la empresa y las especificaciones obtenidas en el Capítulo 3.

### 4.1 Diseño en el nivel sistema

Para iniciar con el proceso de diseño, se necesita generar un modelo que tome los candidatos ya seleccionados y genere una primera estructura para dar avance a la toma de decisiones. Para esto se inicia generando la arquitectura del producto.

#### 4.1.1 Arquitectura del producto

El primer paso para definir una arquitectura de producto es generar un esquema de los sistemas. El esquema facilita la comprensión de los elementos que integran el sistema. Posterior a esto, se deben agrupar dichos elementos para comprender las relaciones entre ellos o saber a qué estructura pertenecen.

En el caso del acople se crea la disposición geométrica con el fin de visualizar el acomodo

de los grupos, formados durante la agrupación de los elementos, y generar una idea del volumen espacial que cada uno necesita.

Por último se identifican las interacciones fundamentales e incidentales de los grupos del sistema, esto con el propósito de que los diferentes equipos destinados al desarrollo de estos sistemas tengan claro que características del sistema se afectan de manera directa o indirectamente.

### **Acople Mecánico**

Para la generación de la arquitectura del acople mecánico se necesita definir de manera general los elementos que lo constituyen. Estos elementos surgen por medio de las necesidades que tiene el sistema y las métricas anteriormente definidas. Los elementos físicos del acople son aquellas características de las cuales se parte para determinar la arquitectura del acople y en general para el proceso de diseño. En el Capítulo 3 se demarcan las necesidades del sistema, las cuales se utilizan para definir los elementos del acople. Estas necesidades se pueden resumir en la siguiente lista:

- Debe ser seguro para el usuario.
- Debe tener capacidad para todos los productos de la serie 4000.
- Debe ser sencillo de utilizar.
- Debe tener una larga vida útil.
- No debe exceder dimensiones de 60 cm X 60 cm X 80 cm.

La capacidad de manipular todas las series del producto y la larga vida útil son aquellas necesidades directas con respecto a la arquitectura del acople. Sin embargo, las otras tres necesidades afectan directamente como se traducen hacia los elementos del sistema. Posteriormente, se detallan los elementos del sistema de manera general, de manera que se determine un primer esquema del acople enfocado en la interacción entre usuario y acople, utilizando los candidatos ya seleccionados y cumpliendo sus funciones. Los elementos del sistema son:

- Entrada física del producto por medio del usuario.

- Estación para la conexión eléctrica del producto.
- Conexión eléctrica del producto.
- Salida para la recolección del producto por parte del usuario.
- Soporte estructural
- Control manual de los actuadores neumáticos.
- Suministro de aire comprimido para los actuadores.

Esta lista de elementos delimita de manera general como se desea estructurar el diseño del acople mecánico. Como se mencionó en el Capítulo 3, los candidatos seleccionados para el acople mecánico son las sondas de prueba y para los mecanismos se utilizan los actuadores neumáticos, por lo que el control del acople sería mediante la manipulación por parte del usuario. En la Figura 4.1 se muestra el esquema del acople mecánico y los flujos entre elementos.

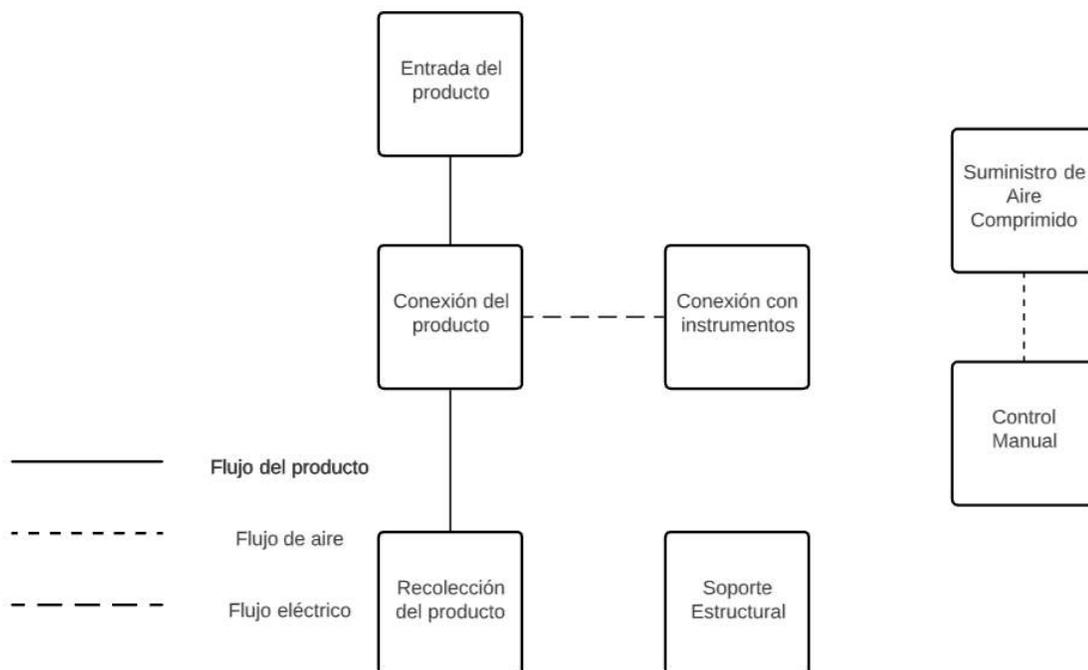


Figura 4.1: Esquema del acople mecánico.

El esquema ayuda a visualizar aquellos elementos que deben ser parte de un mismo grupo con el fin de iniciar a considerar las implicaciones que tiene la unión de los elementos varios.

En la Figura 4.2 se observan las agrupaciones de los elementos del sistema. El sistema se termina dividiendo en cuatro grupos: la interfaz eléctrica, el sistema de actuación neumática, los elementos que intervienen en la manipulación del producto y por último la base mecánica que funciona como un soporte y posicionamiento estructural.

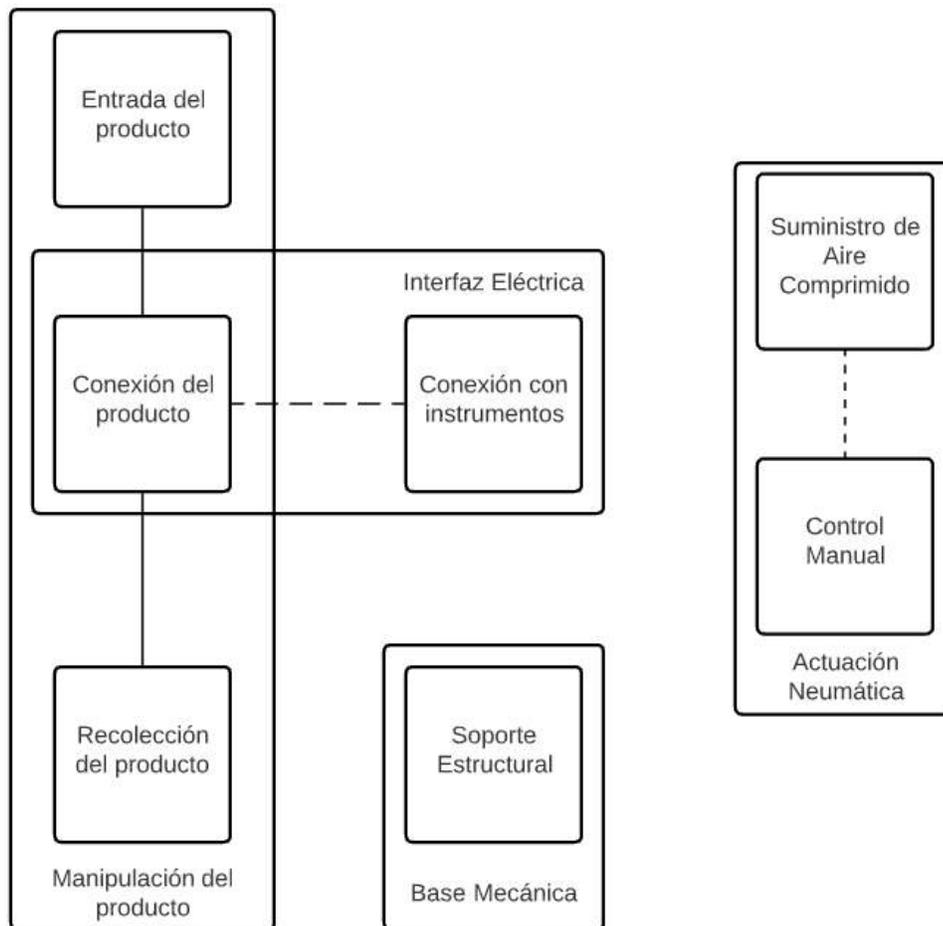


Figura 4.2: Agrupación de los elementos del acople.

Para definir una primera estructura del acople mecánico se genera la disposición geométrica aproximada con el fin de observar como se ubican los distintos grupos de elementos. La disposición geométrica se muestra en la Figura 4.3 y tiene el siguiente código de color:

- Verde: Base mecánica.
- Amarillo: Interfaz eléctrica.
- Gris: Manipulación del producto.
- Azul: Sistema neumático.

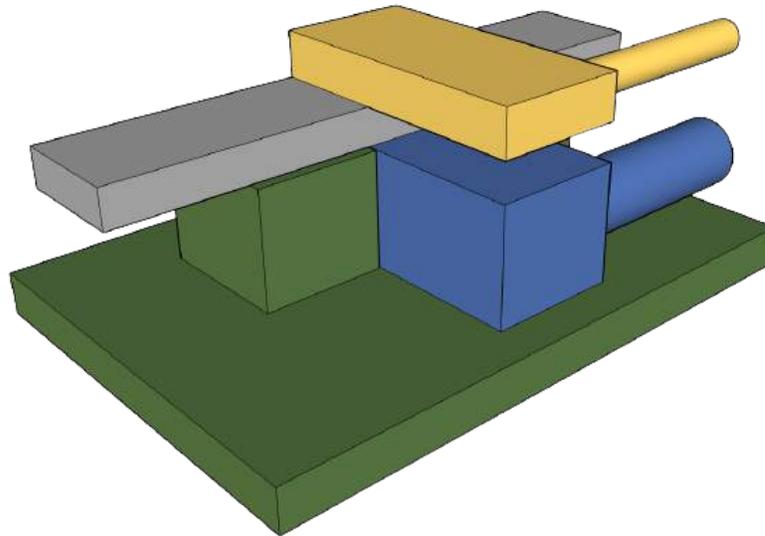


Figura 4.3: Disposición geométrica del acople mecánico.

A pesar de tener claras las relaciones directas entre elementos debido a la agrupación de los mismos, existen relaciones incidentales que surgen a raíz de unir estructuralmente los grupos. Las relaciones incidentales vienen a indicar las posibles circunstancias que se pueden presentar y que afectan el funcionamiento individual de un grupo de elementos. Por ejemplo, los materiales y la geometría de las piezas puede afectar la medición del producto generando ruido en estas, afectando la calidad de la prueba. En la Figura 4.4 se muestran las relaciones incidentales entre grupos.

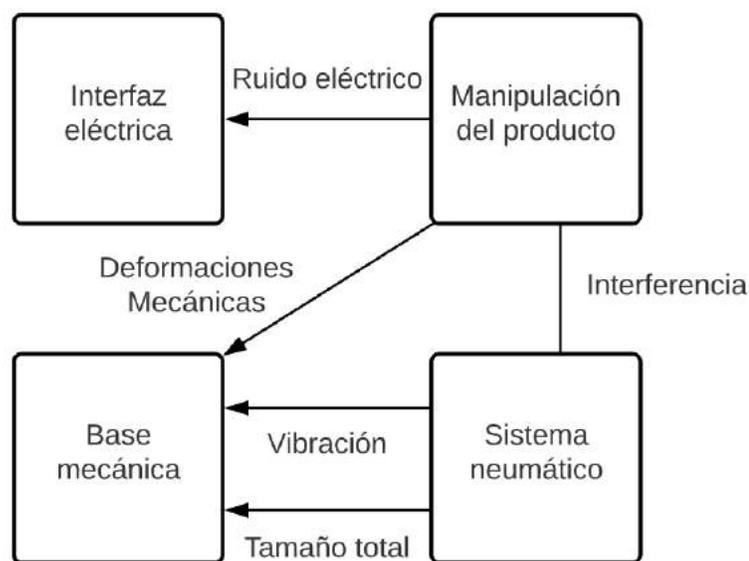


Figura 4.4: Relaciones incidentales del acople mecánico.

## Aplicación de control

Como se mostró en la Figura 3.3, la aplicación debe recibir un código por parte del usuario y de salida se espera un archivo con la información referente a las pruebas de los productos. La aplicación también tiene la necesidad de funcionar para las series de producto 4000, y a diferencia del acople mecánico que se debe adaptar a la geometría de las series, esta se debe adaptar a los distintos tipos. Los tipos hacen referencia al circuito eléctrico que cada producto contiene a lo interno de su encapsulado. En el Apéndice F se pueden observar los cuatro tipos estándar de producto para todas las series, sin embargo, existe otra amplia gama de tipos llamados los “TNAs” que son configuraciones distintas que se han solicitado por medio de los clientes.

La aplicación entonces necesita el ingreso del código, configurar una subrutina con respecto al tipo del producto, configurar los equipos de manera que puedan realizar las pruebas, tomar las lecturas y por último respaldar los datos de las pruebas. Bajo este funcionamiento, se determinan los elementos del sistema, los cuales se muestran en la Figura 4.5, con el flujo de datos y el flujo de control.

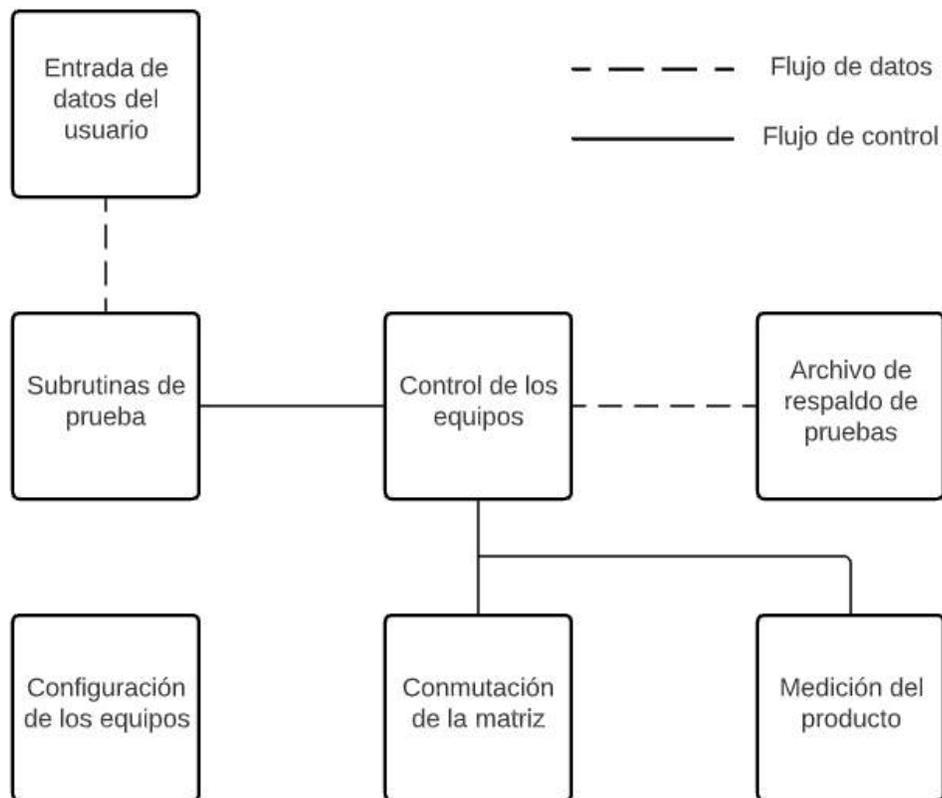


Figura 4.5: Esquema de la aplicación.

Nuevamente se agrupan los elementos del sistema en cuatro partes: la configuración personalizada, la configuración predeterminada para los equipos (la cual sigue la teoría de medición idónea para los instrumentos como se menciona en el Capítulo 2), la secuencia de pruebas para cada producto y la adquisición de los datos. Los grupos configuración personalizada y configuración se dividen debido a varias razones:

- La configuración personalizada va de la mano con el código ingresado por el usuario, mientras que la configuración predeterminada está asociada a la metodología de las pruebas e interfaces eléctricas.
- Con respecto a los equipos, especialmente el DMM 2400 de Keithley, se debe establecer todos los parámetros de configuración generales del equipo antes de configurar el tipo de medición.

En la Figura 4.6 se muestra la agrupación de los elementos en el esquema y se puede observar que los grupos se encuentran asociados al flujo de datos que manejan o la función que realizan.

Con estos grupos, se pueden deducir las relaciones incidentales entre secciones de la lógica de la aplicación. En este caso las consecuencias ocasionadas debido a la unión entre grupos se pueden dar, por ejemplo, entre la configuración predeterminada y la configuración personalizada, ya que la configuración personalizada puede afectar los parámetros que siguen la metodología preestablecida al necesitar otro tipo de medición. Esta y las demás relaciones se muestran en la Figura 4.7 y representan aquellas situaciones que se pueden presentar de manera indirecta que no se podría detectar en un diagrama de flujo de la aplicación.

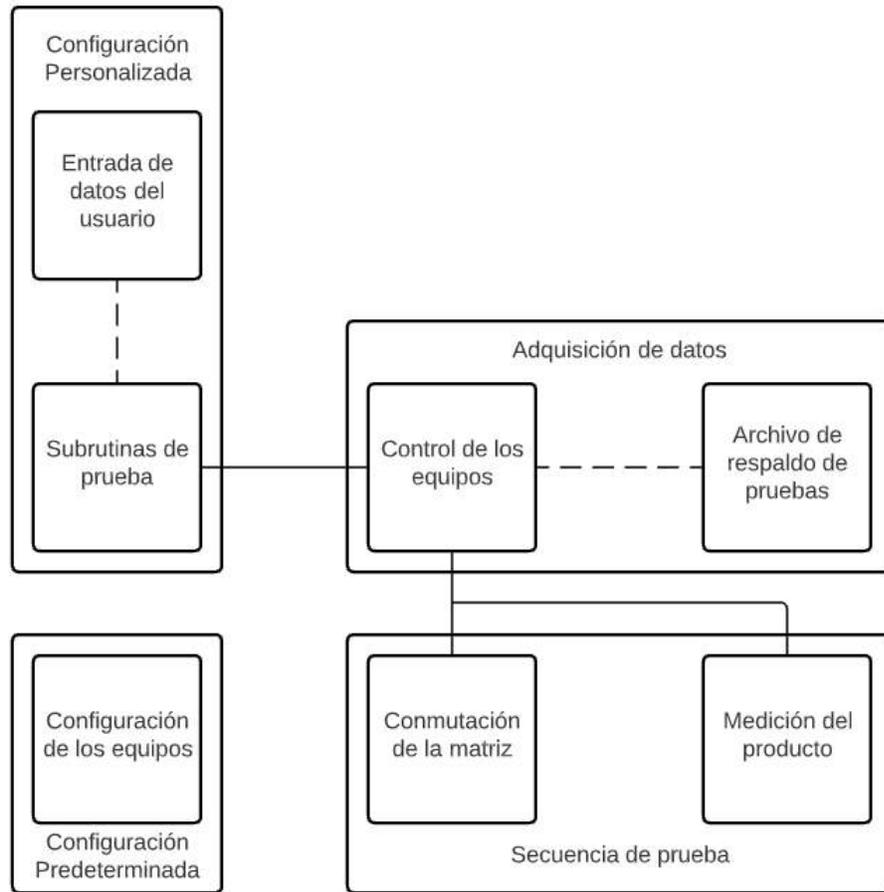


Figura 4.6: Agrupación de los elementos de la aplicación.

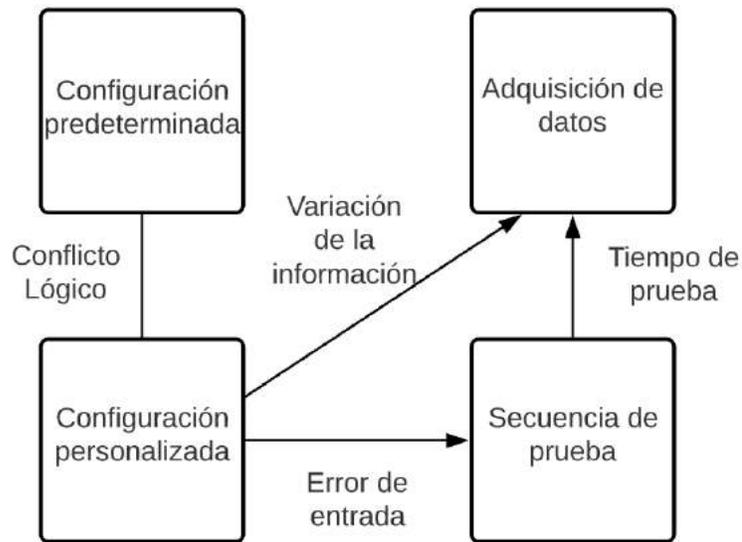


Figura 4.7: Relaciones incidentales de la aplicación de control.

## 4.1.2 Descomposición del producto en subsistemas y componentes

La segmentación de los sistemas en subsistemas viene a facilitar el desarrollo de estos, ya que, existe una designación más puntual de lo que se debe desarrollar y de los resultados esperados o funciones a cumplir.

### Acople mecánico

En el caso del acople mecánico, este necesita realizar las siguientes funciones:

- Realizar la conexión eléctrica utilizando las sondas de pruebas
- Tener un mecanismo de paro del producto en la posición adecuada para la conexión eléctrica
- Tener un soporte estructural que sea seguro y que posicione correctamente los componentes del acople.
- Utilizar las guías como mecanismo de traslado del producto.

En la Figura 4.8 se muestra un diagrama que representa los subsistemas del acople mecánico y como estos se relacionan unos con otros para realizar las funciones mencionadas.

Adicionalmente, se le agrega una lista de componentes a cada subsistema con el fin de contextualizar el contenido, en este caso físico. Esta lista de componentes los subsistemas se puede observar en la Tabla 4.1.

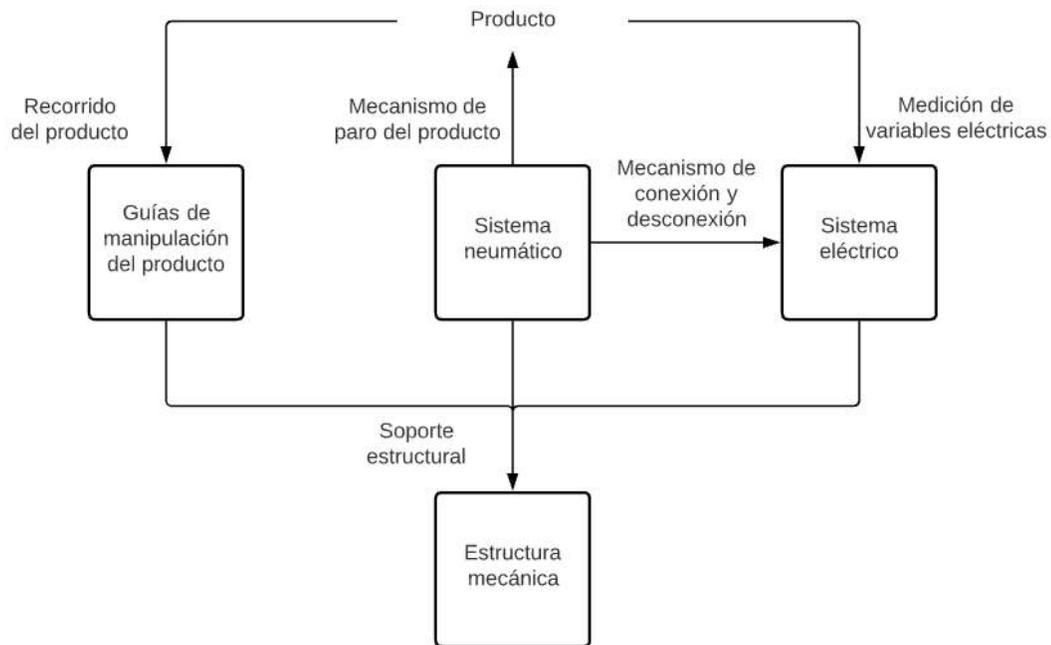


Figura 4.8: Diagrama de subsistemas del acople mecánico.

**Tabla 4.1:** Tabla de componentes para los subsistemas del acople mecánico.

		Subsistema			
		Estructura Mecánica	Sistema neumático	Sistema de medición	Guías de manipulación del producto
Componentes	Base para uso en mesa		Final de carrera	Conector militar	Pieza de entrada del producto
	Soporte de actuadores		Pinza neumática	Sonda de prueba	Pieza de recolección del producto
	Soporte de la guía		Pistón neumático	Cables de conexión	Guías para productos de la serie 4000
	Acople de válvulas		Montaje		
	Acople del conector		Tubería para aire comprimido		
	Acople de las sondas		Regulador		
	Cobertor de seguridad		Válvula		

### Aplicación de control

Para la aplicación de control se dividió en cuatro subsistemas: la comunicación con los equipos (ya sea de configuración o de control), el manejo de entradas y salidas digitales,

la interfaz de usuario y la adquisición de los datos. Estos subsistemas provienen del funcionamiento derivado del diagrama de flujo de la Figura 3.3, donde se pueden extraer las necesidades de temporización de la rutina de pruebas mediante el manejo de las entradas y salidas del PLC, además de la funcionalidad mencionada al agrupar los elementos de la aplicación. A pesar de que este primer diagrama no hable de una interfaz de usuario es indispensable para poder permitir el control de los sistemas y de los equipos. Un diagrama con las relaciones entre estos subsistemas se puede ver en la Figura 4.9.

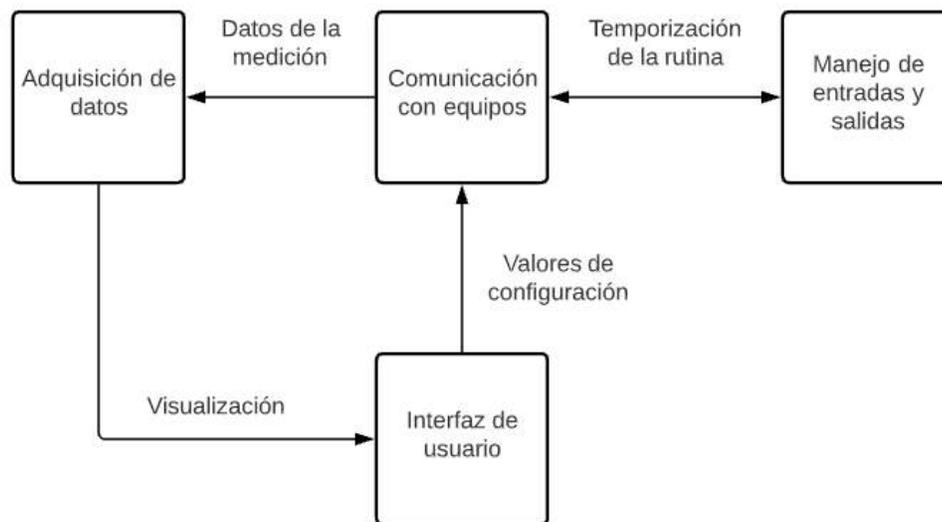


Figura 4.9: Diagrama de subsistemas de la aplicación.

Al igual que para el acople mecánico, se genera una lista de componentes para cada subsistema. En este caso, los componentes son de tipo lógico, es decir, realizan una función que le permite al subsistema cumplir su objetivo y se muestran en la Tabla 4.2.

**Tabla 4.2:** Tabla de componentes para los subsistemas de la aplicación.

		Subsistema			
		Comunicación con equipos	Adquisición de datos	Manejo de entradas y salidas	Interfaz de usuario
Componentes	Direccionamiento		Lectura de equipo	Entrada del gatillo	Entrada de valores
	Configuración		Organización de los datos	Señal de ocupado	Visualización de la medición
	Control		Respaldo de los datos		Botones para control
					Valores de configuración de equipo

### 4.1.3 Planes iniciales para producción

Según la metodología seguida, se debe realizar un plan inicial de producción donde se busca la venta o comercialización como etapa final del plan. En este caso, al encontrarse en una etapa de desarrollo y al ser los productos bienes activos que empezará a utilizar la empresa y no a vender como tal, el plan se genera desde el desarrollo de estos sistemas hasta la implementación en la línea de producción. En la Figura 4.10 se muestra el plan inicial de desarrollo de los sistemas, separado en tareas. Cabe mencionar que, el desarrollo completo de estos sistemas sobrepasa el alcance del proyecto, sin embargo, se genera un plan completo con el fin de prever futuras etapas.

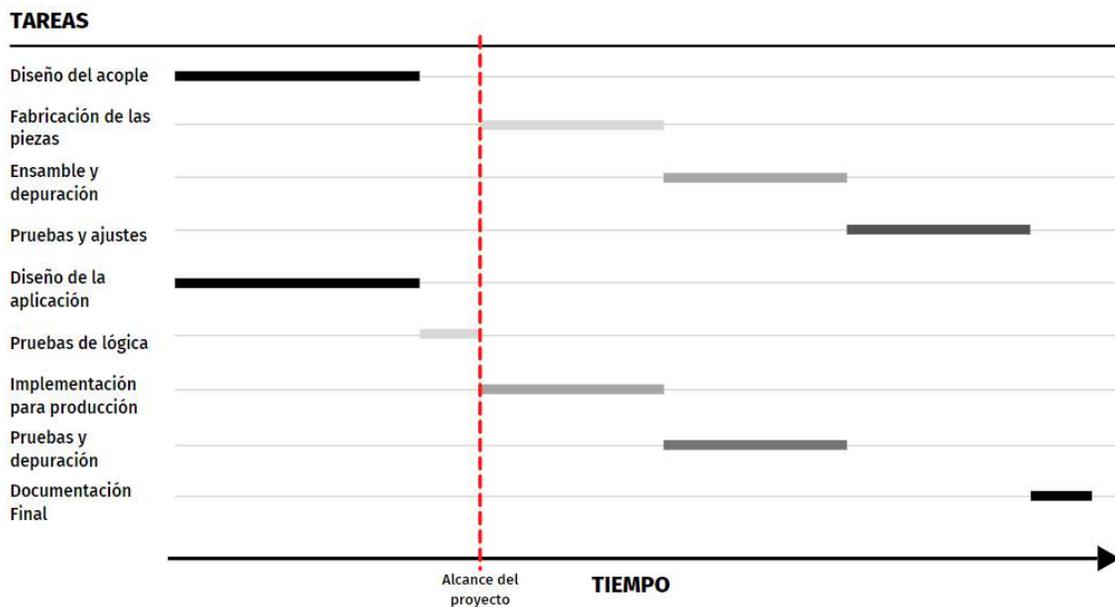


Figura 4.10: Plan de producción en línea temporal aproximada.

Adicionalmente, se genera una lista de tareas con los requisitos para ponerse en marcha y la duración estimada en semanas de su desarrollo. Esta lista se observa en la Tabla 4.3 donde se puede notar, que al igual que en el diagrama del plan, las tareas asociadas a un solo sistema son secuenciales y por lo tanto las salidas de una tarea son el requisito para continuar con el desarrollo. No obstante, al ser un proceso de diseño, las tareas tienen una naturaleza iterativa; como por ejemplo, cuando en la etapa de pruebas se encuentra un error proveniente de una etapa anterior, se debe volver a la tarea indicada y volver a realizar el proceso secuencial.

**Tabla 4.3:** Tabla de tareas del plan de producción para ambos sistemas.

Tarea	Requisitos de la tarea	Salidas de la tarea	Duración en semanas
Diseño del acople	Especificaciones	Planos constructivos	4
Fabricación de las piezas	Material y planos constructivos	Piezas con las dimensiones dadas en los planos	3
Ensamble y depuración	Piezas listas para ensamble	Ensamble listo para pruebas	3
Pruebas y ajustes	Ensamble listo para pruebas	Acople listo para producción	2
Diseño de la aplicación	Especificaciones	Archivo de código fuente	4
Pruebas de lógica	Diseño completo	Aplicación lista para pruebas con equipos	1
Implementación para producción	Equipos y conectores	Aplicación configurada con los nuevos equipos	2
Pruebas y depuración	Implementación lista	Aplicación lista para producción	3
Documentación Final	Sistemas listos para producción	Documentos de especificación de los sistemas	1

#### 4.1.4 Diseño geométrico del producto

Los subsistemas se pueden dividir en las partes que los conforman. Para visualizar lo anterior, se genera un modelo CAD 3D de cada uno de los subsistemas. Estos subsistemas están demarcados por los componentes mencionados en la sección anterior y el modelo CAD 3D describe tanto su geometría preliminar como su posición, siguiendo la disposición geométrica de la Figura 4.3.

##### Sistema eléctrico

El sistema eléctrico se muestra en la Figura 4.11, y se compone de las sondas de pruebas y aquellas partes mecánicas que tienen una finalidad eléctrica. Estas partes se encargan de sujetar las sondas y también de proporcionar una sección de guía que permanezca aislada eléctricamente del producto en el momento de la medición.

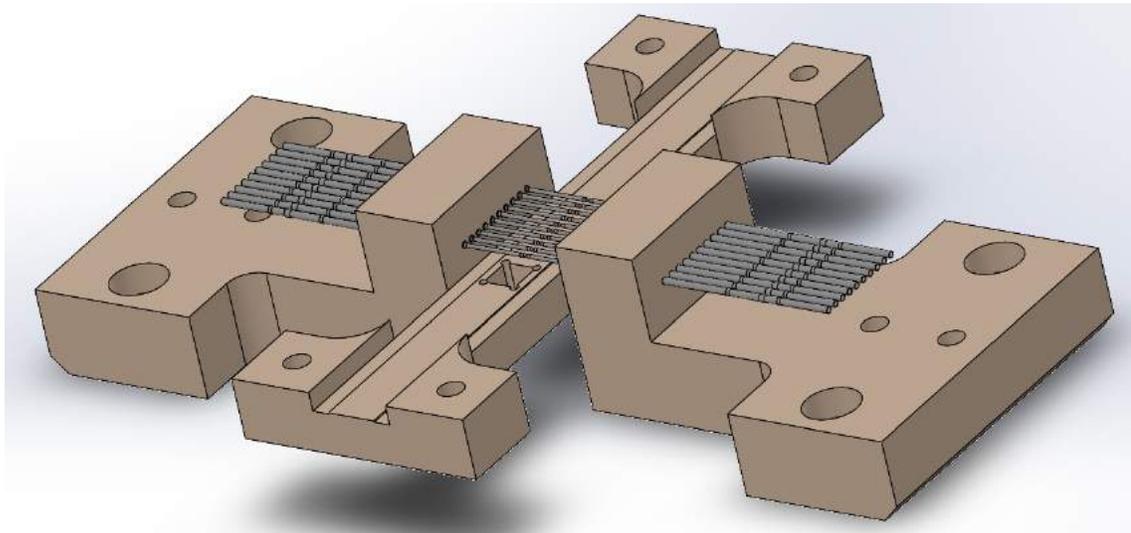


Figura 4.11: Subsistema eléctrico del acople mecánico.

### Sistema neumático

El sistema neumático debe contar con un regulador de presión, un botón de emergencia, el pistón, la pinza, el final de carrera y sus válvulas de control. A estas partes se le agrega un conector con el fin de tener una entrada de tamaño fijo y darle sujeción con el resto del acople. Las partes de este subsistema se pueden observar en la Figura 4.12, en el cual se elige un botón como mecanismo actuador de control del pistón y un interruptor para el control de la pinza. El botón le facilita al usuario mantener activo el tope mientras el botón no sea accionado y solo se desactiva cuando se desea dejar la pieza continuar hasta el punto de recolección. El interruptor le permite al usuario estar libre mientras la pinza realiza la conexión con el producto, ya que la válvula mantiene su estado sin tener que mantenerla accionada, como es en el caso del botón.

### Guías de manipulación del producto

Las guías de manipulación del producto tienen la finalidad de asistir al usuario en la ubicación correcta para las pruebas. Estas guías se pueden dividir en tres partes: la entrada, la guía del recorrido, y la sección de recolección. En la Figura 4.13 se puede ver la guía de manipulación del producto para la serie 4800, y esta cuenta con un techo de confinamiento para la pieza con un espacio libre que le permite al usuario retirar la pieza dado el caso de un atoramiento.

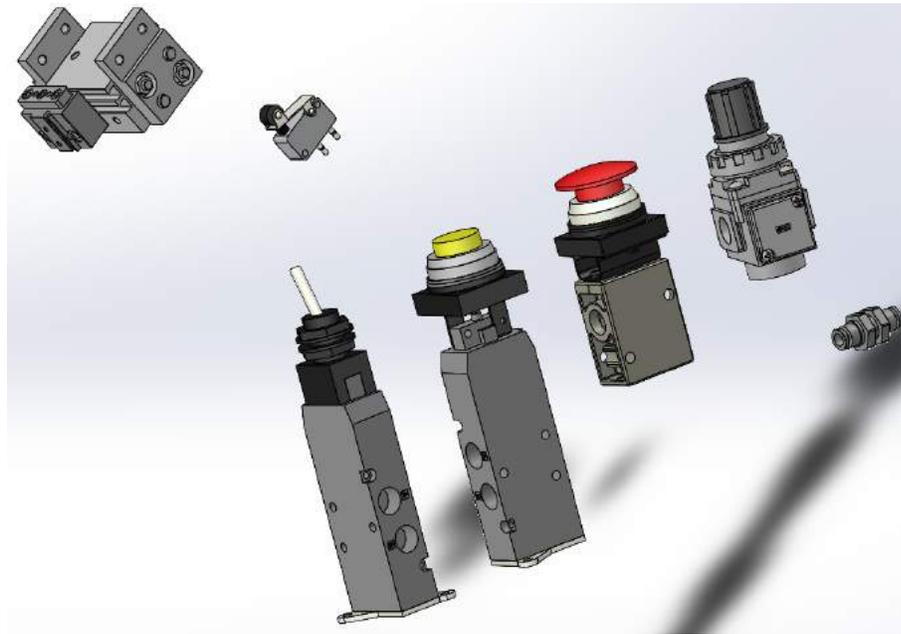


Figura 4.12: Subsistema neumático del acople mecánico.

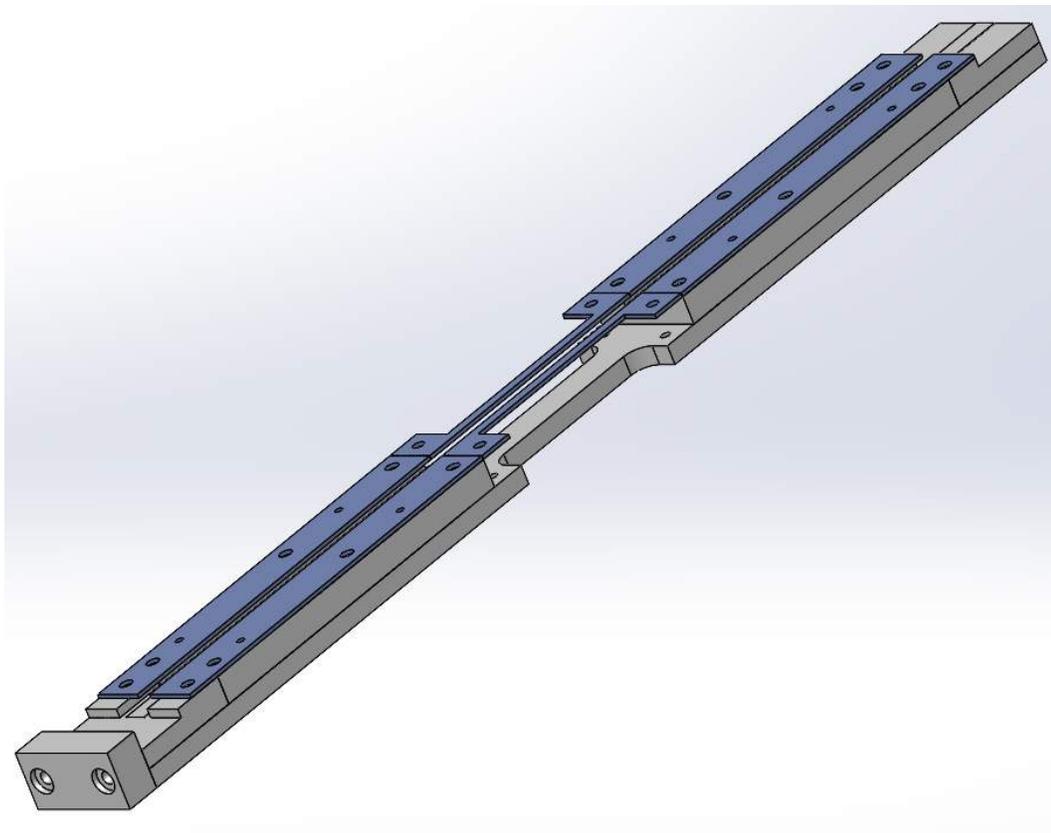


Figura 4.13: Guía de manipulación del producto de la serie 4800

Estas guías son modulares con el fin de darle acceso al usuario a toda la serie 4000, sin la necesidad de fabricar y ensamblar múltiples acoples mecánicos. Las diferencias entre estas

guías son las dimensiones para cada producto que varían en los parámetros de distancia entre pines y ancho, largo y alto del encapsulado. En el caso de la serie 4300 cambia significativamente al ser de tipo SIP y no tipo DIP como el resto de los productos. Estas variaciones modulares se muestran en la Figura 4.14.

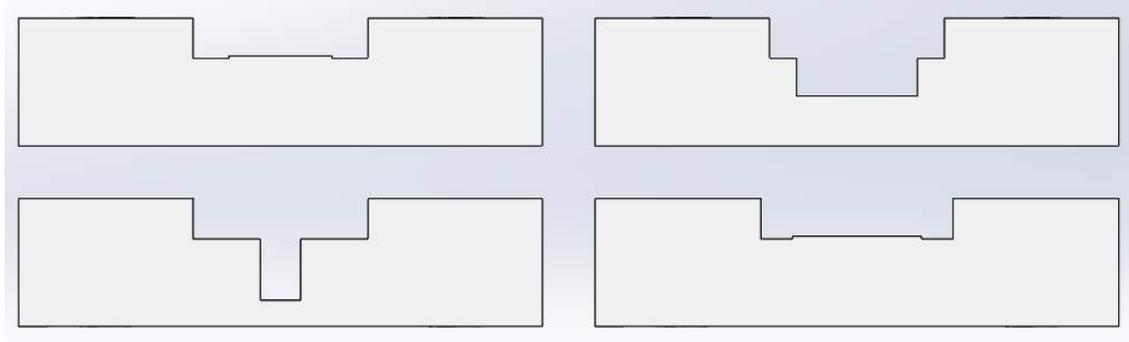


Figura 4.14: Variantes para la guía de manipulación del producto.

### Estructura mecánica

La estructura mecánica es aquella que le proporciona posicionamiento y soporte estructural a los demás subsistemas del acople mecánico. En el ámbito de partes que la conforman es la más compleja, ya que es la que tiene un mayor número de partes de diversas funciones. Con el fin de simplificar esta estructura, esta se va a dividir en las siguientes secciones:

- Base principal.
- Soporte estructural de las guías de manipulación.
- Ajuste variable para posicionamiento de la pinza.
- Chasis para el sistema neumático.
- Cobertor de seguridad.

Con estas secciones definidas se procede a mencionar la función para cada una de ellas. Este funcionamiento se detalla en la Tabla 4.4.

Estas distintas secciones se muestran como un modelo CAD 3D por separado con el fin de mejorar la visibilidad de las partes de cada una. En la Figura 4.15 se presenta la base

principal la cual consta de dos placas unidas por perfiles tipo T de 20 mm dándole a la placa pequeña un ángulo de inclinación para el resto de los componentes.

**Tabla 4.4:** Funciones para las secciones de la estructura mecánica

Sección	Funciones de la sección
Base principal	-Brindar soporte estructural. -Definir dimensionalmente la posición de las partes del acople.
Soporte estructural de las guías de manipulación	-Dar soporte estructural a las guías de manipulación. -Definir una misma altura para todas las variantes. -Definir el mecanismo de sujeción no permanente de las guías.
Ajuste variable para el posicionamiento de la pinza	-Brindar ajuste con tres grados de libertad al mecanismo de conexión eléctrica con el producto.
Chasis para el sistema neumático.	-Acoplar las partes de control del sistema neumático.
Cobertor de seguridad.	-Proteger el usuario de los componentes peligrosos.

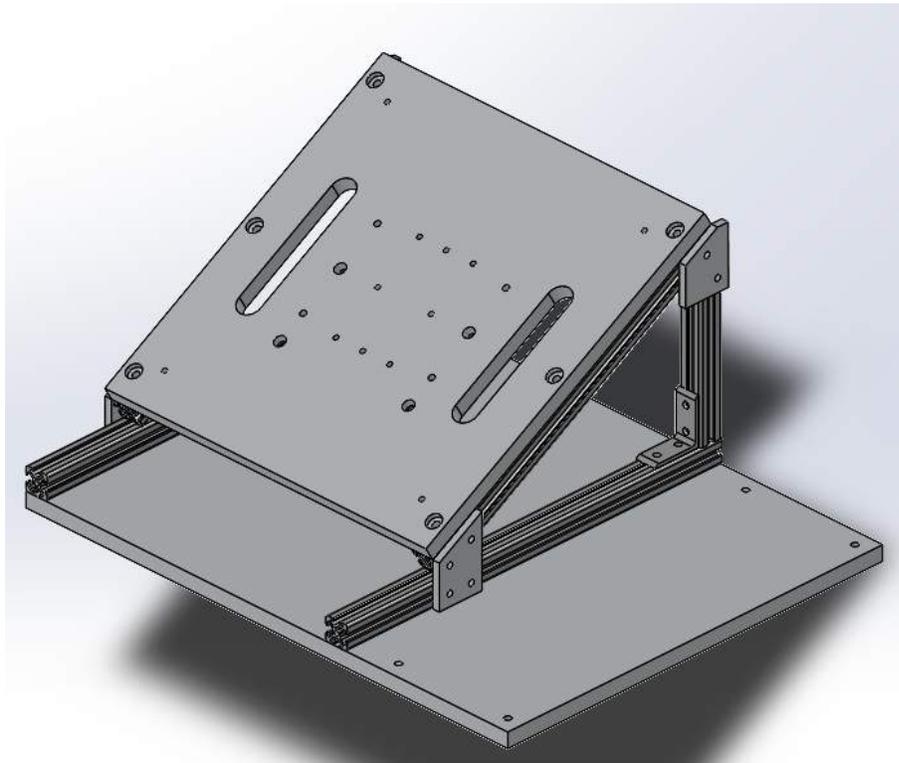


Figura 4.15: Base principal del acople mecánico.

Estas bases son de suma importancia para el resto del sistema, ya que son las encargadas de ubicar y ser la referencia en el ámbito de la posición de todos los demás componentes del acople. El uso de los perfiles T se debe a la facilidad de realizar cambios, minimizar tiempos de fabricación y ensamble, ya que existen múltiples maneras de sujetar los perfiles sin que esto implique posibles errores en cuanto a las tolerancias geométricas que

necesite el sistema como paralelismo o perpendicularidades. Adicionalmente, estos perfiles le permiten al acople incorporar otras funciones que se deseen en el futuro, ya que se puede desensamblar toda la base principal que sujeta al acople y trasladarla a una nueva estructura.

Con el fin de seguir un hilo de ensamble, se muestra el ajuste variable para el posicionamiento de la pinza en la Figura 4.16, que cuenta con cuatro juegos de ajuste lineal por medio de un tornillo de rosca fina, como fue seleccionado en los candidatos mencionados en el Capítulo 3. Las dos piezas donde se sienta la pinza posicionan la altura con respecto a la guía de manipulación y distancia en la dirección del recorrido del producto. Los otros dos ajustes tienen la función de variar la posición de las sondas de pruebas alejando o acercando del producto según sea necesario. Este movimiento es crítico cuando las guías se cambian para acoplar los productos de la serie 4300 que son de tipo SIP, ya que las terminales del producto están sobre el centro del encapsulado y no a los extremos, necesitan un acercamiento de las sondas para la conexión eléctrica.

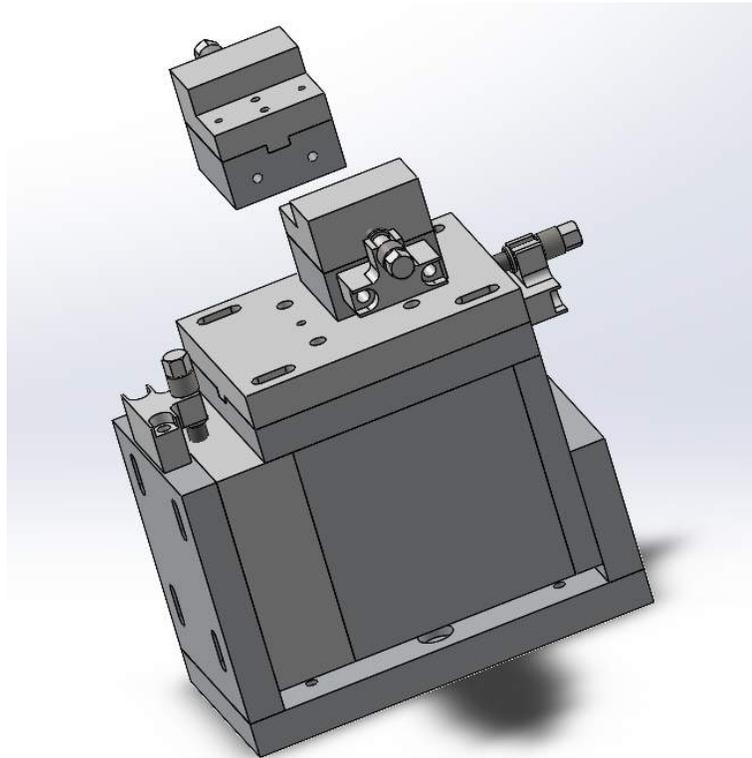


Figura 4.16: Ajuste variable para el posicionamiento de la pinza.

El soporte estructural define la altura de las guías, las acopla y debe dejar libre el espacio para poder realizar los ajustes variables para la pinza. Adicionalmente, se utilizan para

definir la altura y posición del pistón con el fin de dejar su altura fija y no perjudicar durante el cambio de las guías. En la Figura 4.17 se puede observar esta estructura que intenta ser lo más simplificada posible, pero manteniendo sus funciones de posicionamiento y manteniendo el espacio para manipular los ajustes en caso de un cambio de tipo y por lo tanto de guía.

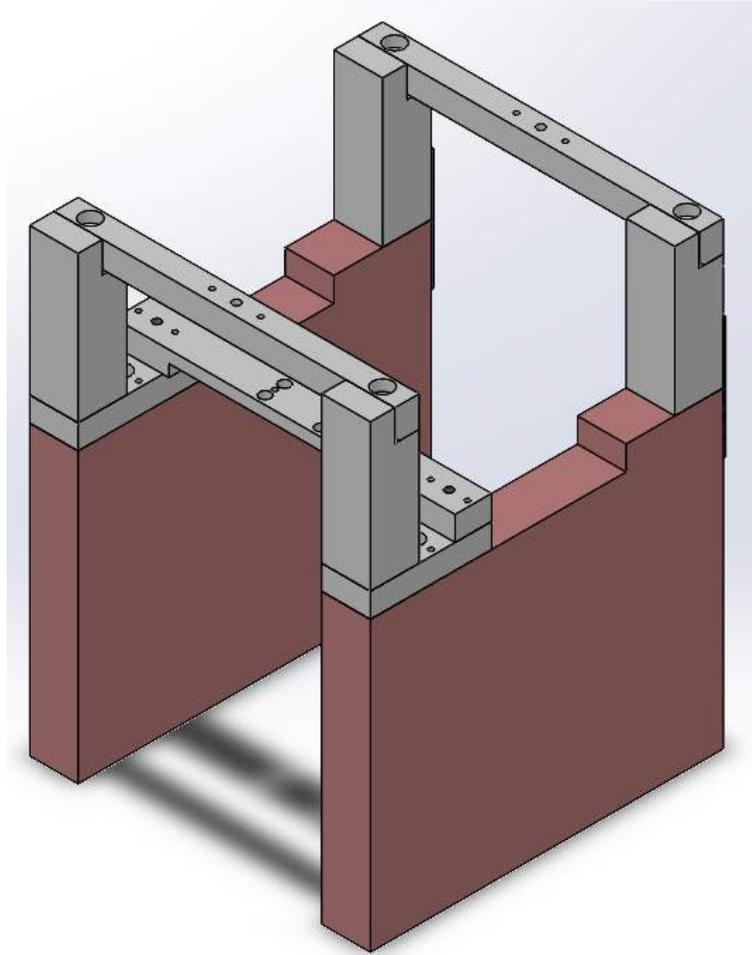


Figura 4.17: Soporte estructural de las guías de manipulación.

El cobertor de seguridad se elige en un material traslúcido, en este caso acrílico transparente de 6 mm, con el fin de maximizar la distancia entre el usuario y el peligro utilizando medidas comerciales y que también se pueda visualizar cualquier problema dentro del acople. Se elige este valor de grosor, ya que es el que permite el uso de gotas para perfil T de 20 mm con su tornillo estándar. Una alternativa puede ser vidrio, sin embargo al ser un equipo que se desea utilizar de forma manual, tiene la capacidad de ser trasladado al ser compacto, el vidrio incrementaría su peso, y en el caso de algún daño podría presentar

peligro para el usuario. Este cobertor se sujeta de perfiles tipo T y se prevé que se necesite estar manipulando para cambiar de guías o desatorar piezas y por lo tanto se define que la tapa superior del cobertor sea la que limite el movimiento de las demás tapas y además desactive el final de carrera para el control del flujo de aire del sistema neumático. Es decir, en caso de algún cambio o ajuste que se deba realizar, se debe quitar inicialmente el cobertor superior, esto no solo permitiría desacoplar las demás tapas del cobertor, sino que también desactiva inmediatamente la fuente de aire comprimido. Al no tener un gran peso y que no existen funciones de tipo de troquel donde pueden existir riesgos al cortar la presión de aire comprimido, se puede tomar esta función con el final de carrera accionado por el cobertor. Este cobertor se puede observar en la Figura 4.18.

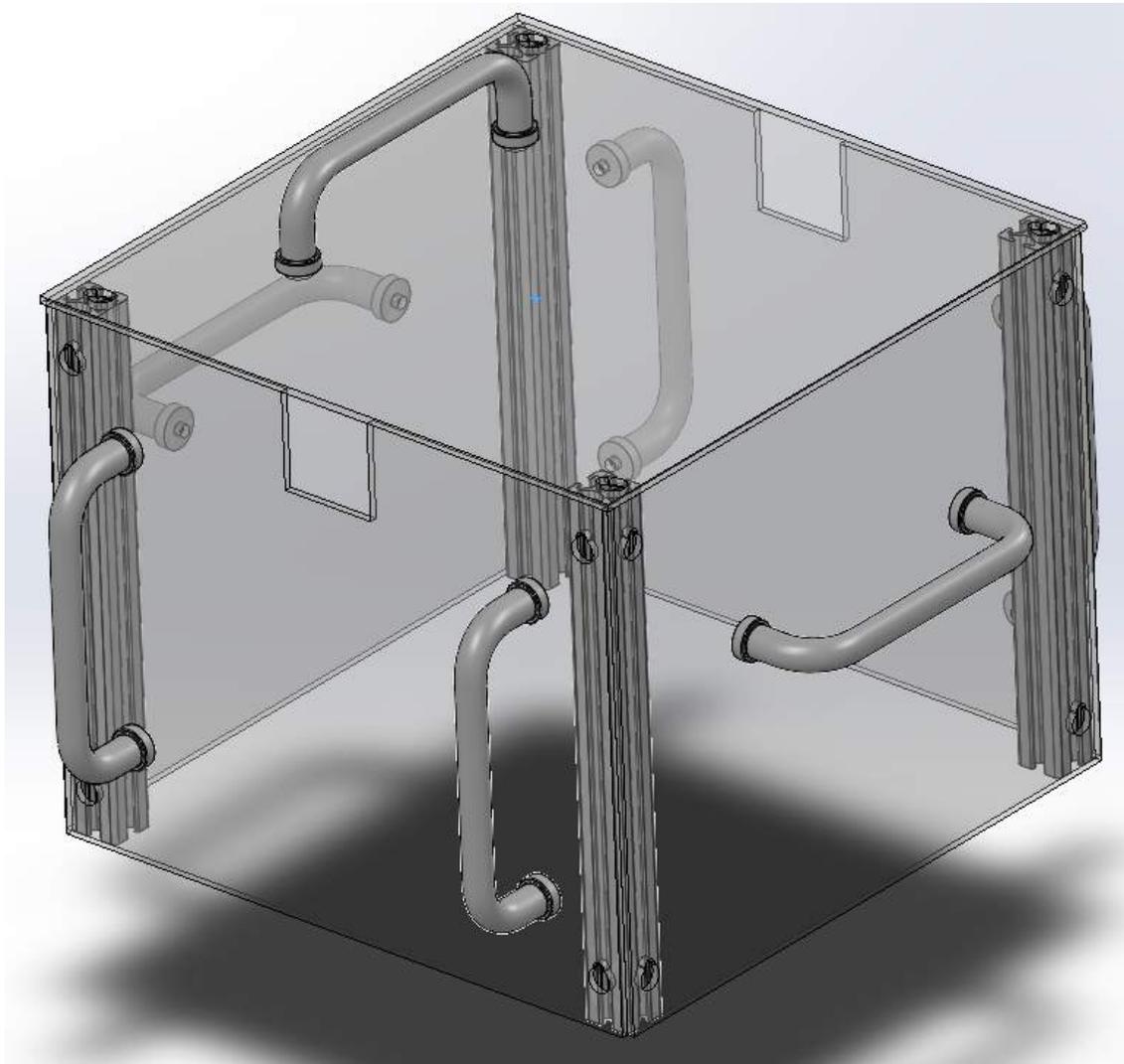


Figura 4.18: Cobertor de seguridad.

### 4.1.5 Especificación funcional de los subsistemas del producto

Como se mencionó anteriormente en el Capítulo 3, como salida de esta sección del desarrollo del diseño se necesita una especificación de la función de los subsistemas con el fin de poder definir si la misma se cumple al concluir el diseño.

#### Acople mecánico

La especificación de funcional de los subsistemas del acople mecánico se muestra en la Tabla 4.5 y en caso de ser medible, define el valor o rango con respecto a la función.

**Tabla 4.5:** Especificación funcional de los subsistemas del acople mecánico.

Subsistema	Funciones	Valores
Estructura Mecánica	Proporcionar la ubicación geométrica para todos los componentes del acople con una tolerancia aceptable.	$\pm 0.635$ mm
	Brindar una distancia de protección entre el usuario y los puntos de peligro.	<5 cm
	Ajustar el sistema para todas las series de producto 4000.	
Sistema Neumático	Permitir el control manual de los actuadores seleccionados.	
	Brindar la presión necesaria para el correcto funcionamiento de los actuadores	<0.15 MPa
Sistema de Medición	Proporcionar una conexión de bajo ruido entre el producto y los equipos.	<1 Ohm

Las métricas surgen nuevamente de las especificaciones determinadas en el Capítulo 3. Las distancias hacen referencia a los valores marginales mencionados anteriormente, y se mantienen debido a que el sistema debe ser lo más compacto posible. El valor de ruido viene de dos fuentes, la precisión necesaria durante las pruebas (1% para una resistencia de 10 Ohm) y las otras fuentes de ruido que tiene el sistema (en este caso la nueva matriz con un valor de resistencia entre contactos menor a 1 Ohm.) La presión necesaria debe cumplir con las especificaciones dadas, tanto para la pinza como para el pistón. La toma de aire de la empresa es de aproximadamente 1 MPa para la línea general, por lo tanto con el regulador propuesto se puede ajustar a los valores necesarios, siempre manteniendo este valor por encima de 0.15, con el objetivo de mantener los valores para el funcionamiento

como sugiere el fabricante.

### Aplicación de control

Lo anterior ocurre para los subsistemas de la aplicación de control, pero en este caso los valores se intercambian con el tipo de salida o entrega que recibe cada subsistema. En la Tabla 4.6 se puede observar la función de cada uno de los subsistemas con sus entradas y salidas bajo un tipo definido de variable o dato.

**Tabla 4.6:** Especificación funcional de los subsistemas de la aplicación de control.

Subsistema	Funciones	Entradas	Salidas
Comunicación con equipos	Designar las configuraciones para los equipos de las pruebas	Comandos de configuración (Texto u hoja de datos)	Equipos configurados correctamente
	Activar las salidas de los equipos para realizar las mediciones	Comandos de control (Texto)	Activación de los equipos
Adquisición de datos	Lectura de las mediciones	Activación de los equipos	Datos de las mediciones (Numérico de precisión doble)
	Almacenamiento de los datos	Mediciones (Numérico de precisión doble)	Archivo de resultados (Hoja de datos)
		Resultado (Binario)	
Código del producto (Múltiples entradas de texto)			
Manejo de entradas y salidas	Controlar la aplicación por medio de entradas y salidas digitales	Señales digitales de tipo gatillo (Binario)	Señal de ocupado (Binario)
			Señal de listo (Binario)
Interfaz de usuario	Controlar la aplicación y visualizar los datos	Código del producto (Múltiples entradas de tipo texto)	Visualización de los resultados (Formato tabla)
		Configuraciones personalizadas (Texto y numéricos de doble precisión)	Visualización de indicadores de las señales de control (Lámpara)
		Señal de gatillo en pantalla (Binario)	Tiempo de medición en milisegundos (Numérico entero)

### 4.1.6 Diagrama de flujo preliminar del ensamble

Como última salida del diseño en el nivel sistema es un diagrama de flujo del ensamble. Este diagrama describe como cada subsistema se acopla con el resto, y para la aplicación como las entradas y las salidas son vistas por los subsistemas.

#### **Acople Mecánico**

El diagrama de ensamble preliminar se caracteriza por señalar mediante que mecanismo de acople existe la unión mecánica entre elementos del sistema. En la Figura 4.19 se muestra el diagrama de flujo preliminar del ensamble del acople mecánico donde se describe el subsistema, y que parte de este interactúa con otro subsistema. Las líneas de flujo indican el mecanismo de acople y cuál de los subsistemas es dependiente de otro para acoplarse según la dirección del flujo.

Una vez ensamblado el acople, este debe verse como la representación que aparece en la Figura 4.20.

#### **Aplicación de control**

Para el diagrama de ensamble de la aplicación de control, se establece la línea de flujo con respecto a las entradas y salidas de los subsistemas. Al ser LabVIEW un ambiente de desarrollo en diagrama de bloques, tiene una limitante cuando se desean dividir u organizar las funciones, o en este caso los subsistemas con respecto a la cantidad de entradas y salidas. Debido a esto, si la entrada o salida de alguno de los subsistemas tiene una gran cantidad de estas, se utiliza un arreglo o un grupo con las distintas entradas. En la Figura 4.21 se muestra el diagrama de ensamble de la aplicación, que si bien tiene un flujo definido, debido a las características lógicas de desarrollo puede que parte de los subsistemas trabajen de forma paralela.

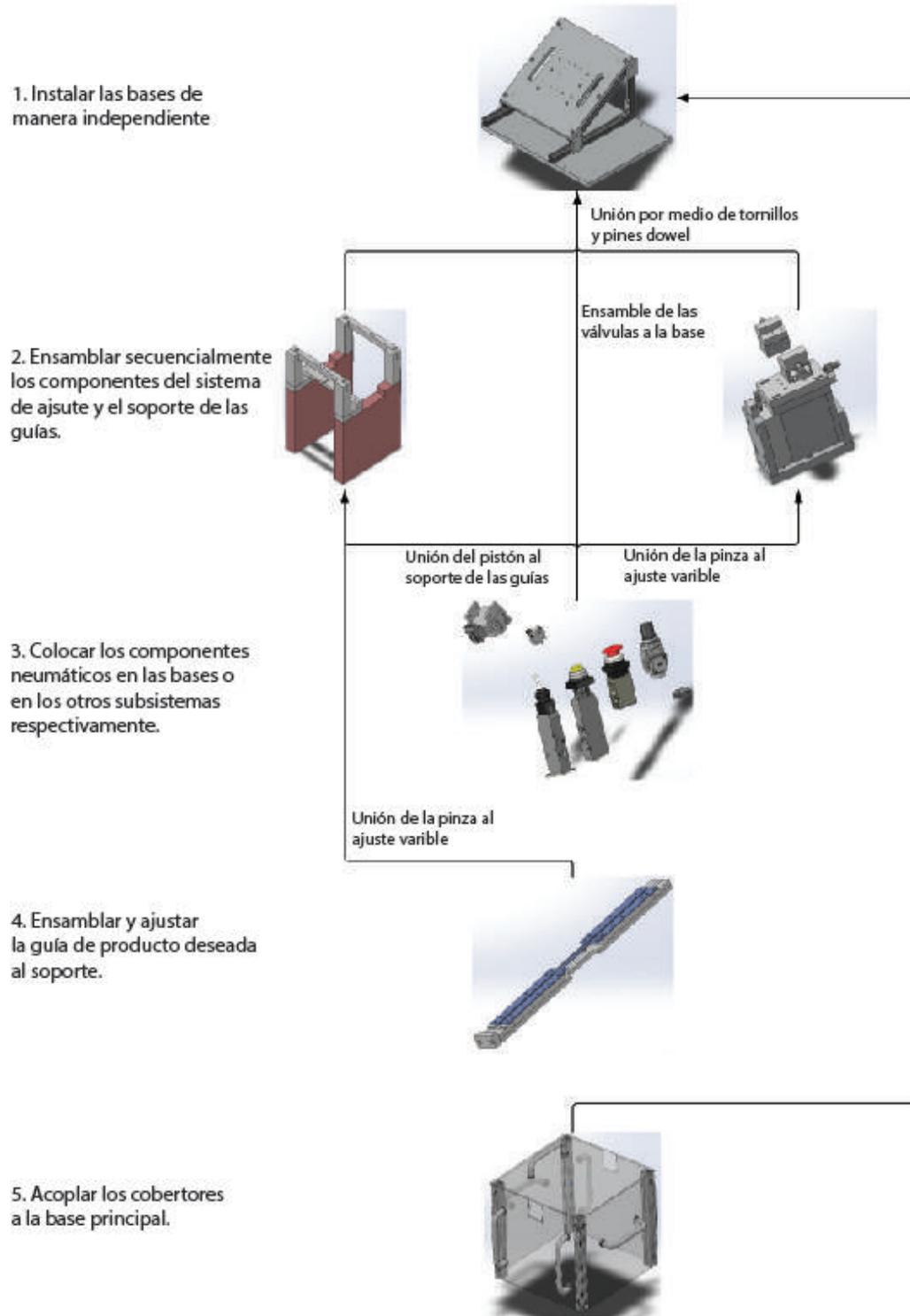


Figura 4.19: Diagrama de flujo preliminar del ensamble del acople mecánico.

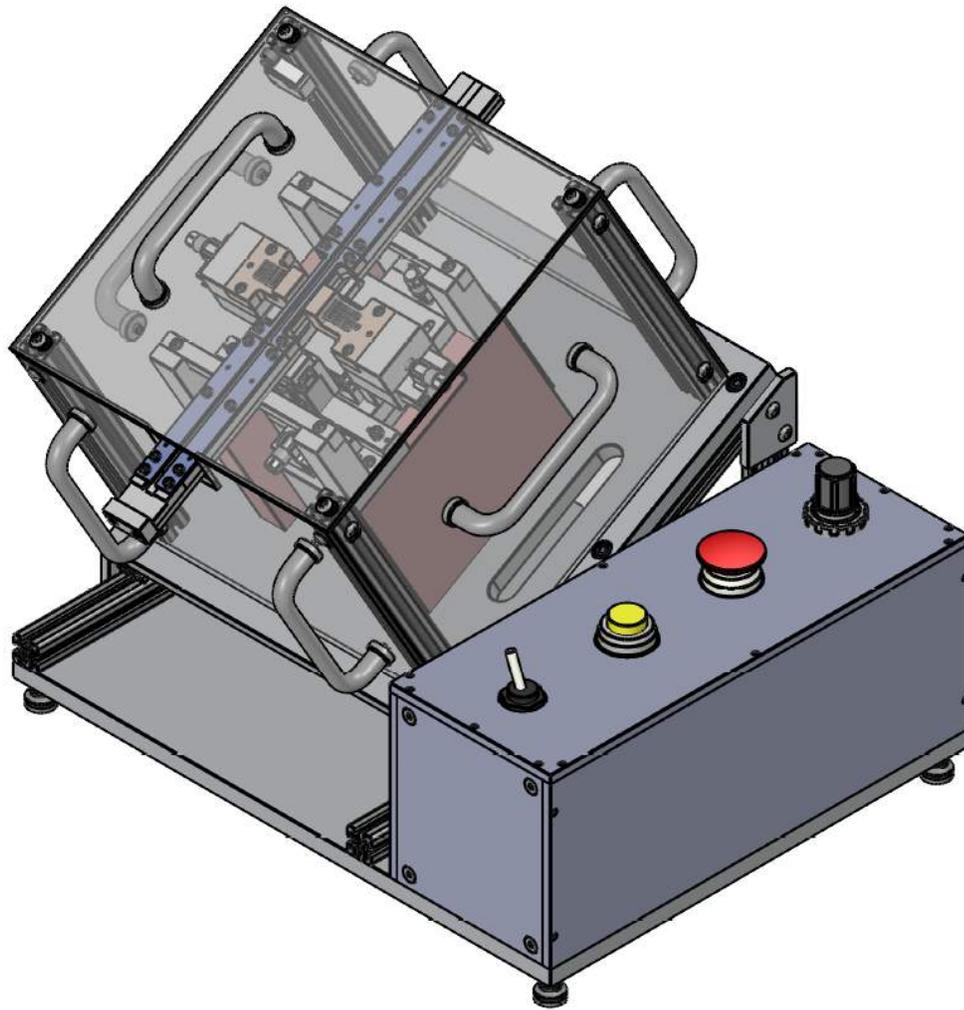


Figura 4.20: Ensamble completo del acople mecánico.

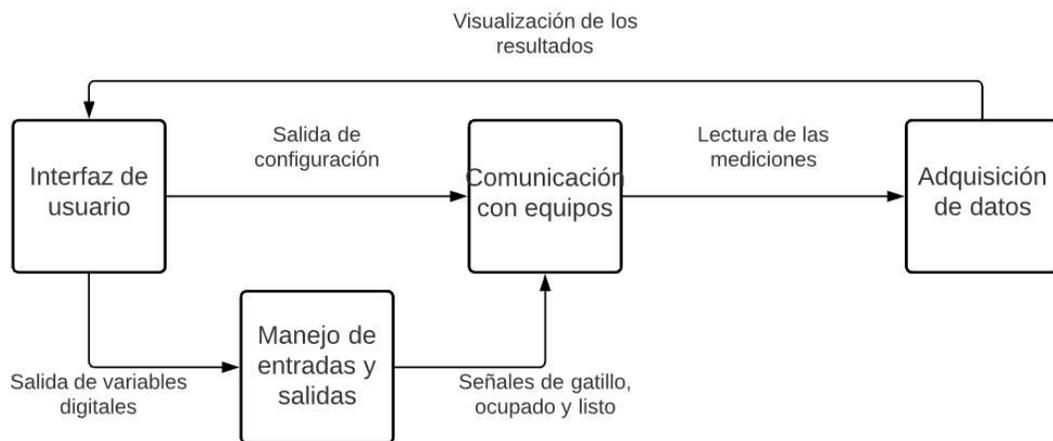


Figura 4.21: Diagrama de flujo preliminar del ensamble de la aplicación de control.

## 4.2 Diseño de detalle

Esta sección del diseño muestra la documentación que caracteriza a ambos diseños realizados.

### 4.2.1 Especificación completa de la geometría y tolerancias

La mayor de las consideraciones para el acople mecánico es la precisión de ubicar al producto y realizar una conexión eléctrica exitosa sin deteriorar el producto. Además de los candidatos seleccionados en el capítulo 3, se deben tomar otras medidas cautelares con el fin de evitar costos elevados de fabricación de las piezas. Con el fin de evitar tolerancias geométricas difíciles de fabricar, como por ejemplo paralelismos o perpendiculares de alta precisión, se utilizaron pines de tipo dowel, los cuales tienen la particularidad de limitar el juego que pueda tener una pieza que no tenga una unión permanente. Los pines tipo dowel y la sujeción por medio de partes roscadas, como tornillos, son ideales para los el diseño con guías modulares como se plantea.

Otra particularidad del diseño, es usar perfiles tipo T con el fin de reducir el costo y tiempo de la fabricación de partes con múltiples agujeros. Los perfiles tipo T tienen la facilidad de acoplarse por medio del uso de “gotas” y otros insertos en sus guías o utilizando en agujero en el centro del perfil para generar una rosca de acople.

Como me mencionó anteriormente, se necesita una conexión lo más libre de ruido como sea posible. Para esto se desea utilizar un material aislante en los componentes del subsistema de la conexión eléctrica. Los candidatos para este material son polímeros y se parte del uso del delrín por su cualidad de alta estabilidad dimensional, ya que es necesaria para ubicar agujeros con distancias entre centros de 1.27 mm; sin embargo esto se estudia más a fondo en la sección de selección de materiales.

Por como última característica importante del acople su tamaño compacto. para esto se debe reducir el tamaño de las piezas significativamente con el fin de mantener este objetivo.

Los planos constructivos de todas las partes del acople mecánico se encuentran en el Apéndice G.

Ya que en la metodología descrita no existe un paso marcado para explicar el razonamiento detrás de la aplicación, se utiliza esta sección con el fin de exponer el proceso que se utiliza para llegar a los objetivos partiendo de cada uno de los subsistemas.

Primeramente se inicia por el ingreso del código, esto se da en la interfaz de usuario, y una vez tomada esta entrada el programa realiza una traducción de manera que el dato en formato de texto se convierte en el tipo de dato necesario para el desarrollo posterior del algoritmo. Este código tiene el formato mostrado en la Figura 4.22 como es mostrado en las hojas de datos del Apéndice F.

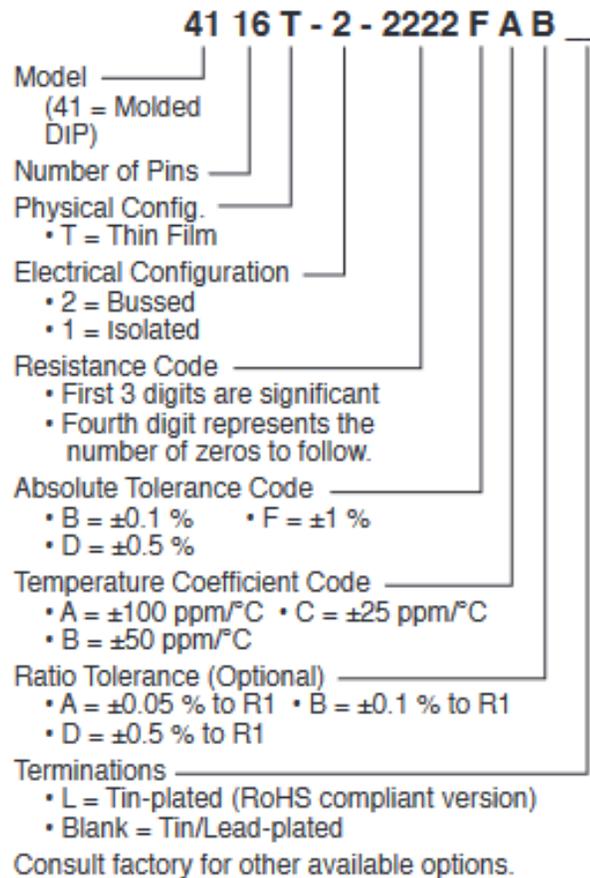


Figura 4.22: Formato de código del producto. Fuente [13]

Para todas las series de producto es importante identificar el tipo mediante una subrutina de medición, poder traducir el código de resistencia a un valor que se pueda comparar, identificar la tolerancia y determinar el número de pines. Si bien es cierto que, la serie del producto es importante, a nivel eléctrico no existen diferencias entre un producto serie 4116 a un 4816 ambos de tipo 1, y por lo tanto es una sección del código del producto que no necesita ser procesado.

Una vez traducido el código se necesita una división de la información. Con los valores de las resistencias a medir se pueden terminar de configurar los equipos en parámetros como el rango de medición, la velocidad de toma de dato, entre otras. Se debe recordar que ya en este punto existe una configuración predeterminada fija que sigue la metodología de medición a 4 hilos como se indica en el Capítulo 2. La información referente al número de pines del producto y su tipo viajan a otro bloque de procesamiento el cual se encarga de traducir esta información en una rutina secuencial de medición, delimitando que pines se deben conectar con los instrumentos de manera secuencial.

La rutina posteriormente se traduce a los comandos de control de la matriz que permiten llevar hacer la conexión eléctrica con el producto. Estos comandos son leídos de un archivo en forma de hoja de datos que es configurable, con el fin de poder realizar los cambios necesarios una vez que se pueda implementar el nuevo equipo.

Terminado todo el procesamiento de estos datos, se procede a la etapa de medición, que es la que utiliza toda esta información con el fin de realizar la prueba en el producto. Para realizar la medición, se ejecuta una secuencia como la siguiente: cerrar los canales de la matriz, tomar la lectura del instrumento, reabrir todos los canales de la matriz para el siguiente paso en la rutina. Este proceso se repite hasta terminar la subrutina de pruebas. Con los datos leídos, se procede a realizar la comparación, aquí entran los valores traducidos del código referentes a la tolerancia, que en conjunto con el valor de la resistencia verifican que el valor de la medición se mantenga dentro del rango esperado. Este bloque anterior tiene una salida binaria, al pasar o no pasar la tolerancia esperada, resultando en una señal de paso/falla. Todos los datos anteriores a este punto son recopilados para la visualización en pantalla, poniendo especial atención en este caso al dato de paso/falla, ya que se debe llevar un conteo de piezas buenas y malas.

El procedimiento anterior ocurre cada vez que se recibe una señal digital de gatillo, esta puede ser enviada de forma manual para pruebas o por medio de un equipo externo como el PLC. Adicionalmente, para poder reiniciar todo este proceso se necesita de una manera para reingresar los datos del código del producto y esto se puede realizar mediante la interfaz de usuario bajo una señal de detención de la medición.

El diagrama de flujo en la Figura 4.23 conceptualiza este desarrollo del diseño de como

la aplicación obtiene su objetivo. Más detalles del manejo de la aplicación se pueden observar en el Apéndice C, el cual incluye un manual de usuario de la aplicación. Si se desea entender específicamente como se desarrolló esta lógica por medio de LabVIEW en el Apéndice D se muestran los códigos en el formato de diagrama de bloques.

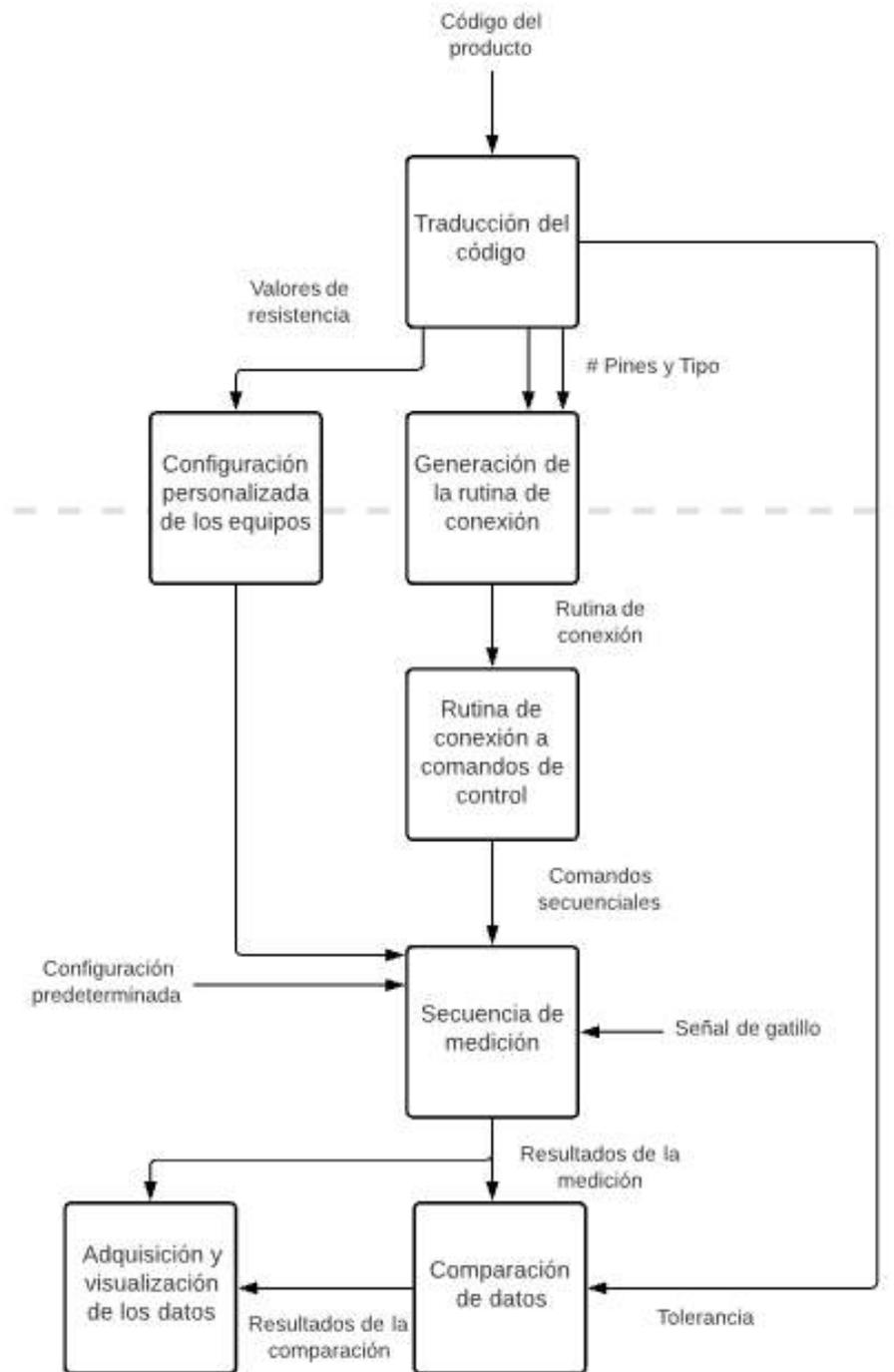


Figura 4.23: Desarrollo de la lógica de la aplicación

### 4.2.2 Identificación de las partes estándar

La identificación de las partes del acople mecánico, tanto las partes estándar como las no estándar se encuentra en la Hoja 2 de los planos constructivos del acople mecánico. Las partes estándar del acople mecánico se pueden dividir en varios subgrupos: pines tipo dowel, tornillos, componentes neumáticos y perfiles tipo T.

Para la aplicación lo que se puede considerar como un estándar utilizado es la comunicación por medio de la arquitectura VISA, la cual se hace cargo de enviar la información mediante cualquier protocolo serial y está diseñada para la comunicación con equipos para pruebas y mediciones.

### 4.2.3 La selección de materiales, el costo de producción y el desempeño robusto del producto.

Para la selección de materiales, se realizaron los cálculos de esfuerzos en el diseño. Estos cálculos se pueden ver en el Apéndice A. Se debe tomar en cuenta que a pesar de no tener grandes fuerzas externas se deben mantener las tolerancias dimensionales, especialmente para aquellas partes que forman parte de la zona donde realiza la pruebas.

Adicionalmente, uno de las consideraciones que se toma es que la empresa cuenta múltiples equipos para la manufactura de estas piezas, por lo que es deseable que las partes sean de un material que se pueda manipular con las herramientas e infraestructura que existe en la empresa. Bajo esta consideración se solicita una lista de materiales estándar de manufactura regular para la empresa. Esta lista se muestra en la Tabla 4.7, y se recuerda que a pesar de ser una recomendación, la selección de materiales no se limita a esta lista.

Una vez obtenida la lista de materiales y al conocer las dimensiones geométricas de todas las piezas se crea un plan de costos de fabricación y ensamble. Este plan se puede observar en la Figura 4.24, y toma como referencia el costo de manufactura y ensamble por hora que maneja la empresa para este tipo de proyectos. Este plan incluye los costos fijos y variables que conlleva el proceso de fabricación, ensamble y depuración mecánica. Se recuerda que estos costos son solo una estimación, pero se utilizan como una base para el análisis y como mecanismo de justificación de la inversión en una futura etapa de

implementación.

**Tabla 4.7:** Lista de materiales recomendados por la empresa.

Lista de materiales recomendados		
Aluminio 6061	Core Pin HSS	Aleacion de Cobre 110
AISI D2 Tool Steel	AISI H13	AISI S7 Tool Steel
AISI A2 Tool Steel	Acilico	Alumina Ceramic
AISI 1045 Steel	AISI 316 SS	Fiberglass GP03
Blue Temper Steel	Bronce-Fosforado	Polyethylene UHMW
Aluminio 3003	Bronce STD	Aleacion de Cobre 182
PEEK	Carbide	AISI 303 SS
Delrin	CPM-10V	Molibdeno RWMA 14
Nickel	Elkonite 10W3	HSS
AISI 420	Garolite G10/FR4	Grafito Grado 2160
Polycarbonato	Inoxidable 410	Baquelita
Brass	Garolite G11	

Los costos por hora de la labor de la fabricación son bajos porque la empresa tiene el personal disponible para este tipo de trabajos y por lo tanto se estima este monto. Otra consideración importante es que el costo más alto de este plan es la adquisición de los componentes neumáticos y esto se debe a que son aquellos que no se pueden conseguir de forma local, con las especificaciones deseadas. El costo de la labor en la depuración aumenta que ya son labores que a pesar de ser parte del plan se espera que no se utilicen y, por lo tanto, a nivel empresarial se ven como horas extras con respecto a la jornada de trabajo regular.

Lo mismo ocurre para el desarrollo de la aplicación, sin embargo los costos de la manufactura de partes y materiales a costos de licencias, hardware y horas de ingeniero de desarrollo de software. Este plan se puede observar en la Figura 4.25.

De la misma manera este desarrollo ocurre a lo interno de la empresa. En este caso los valores más altos son el valor porcentual de las licencias de desarrollo, y el hardware, mientras que el desarrollo como tal lo menos costoso a pesar de ser por un tiempo muy amplio. Los costos fijos consideran los servicios básicos, espacio físico, software y equipo necesario.

Como conclusión de estos planes, se pronostica que los costos aumenten en un 20% del total especificado para cada sistema en desarrollo. Esto se debe a variables no controladas como tiempos de entrega, ampliación de las depuraciones entre otros.

						<b>Presupuesto</b>
						\$ 10,000.00
<b>Tareas</b>	<b>Labor</b>		<b>Materiales</b>		<b>Costos fijos</b>	<b>Presupuesto</b>
	<b>HRS</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>\$/unidad</b>		
<b>Fabricación del acople</b>						
Fabricación de las bases	20	\$10.00	2	\$ 190.00	\$ 200.00	\$ 780.00
Fabricación de los ajustes	15	\$10.00	3	\$ 150.00	\$ 300.00	\$ 900.00
Fabricación del soporte	5	\$10.00	9	\$ 50.00	\$ 90.00	\$ 590.00
Fabricación de las guías	10	\$10.00	4	\$ 90.00	\$ 110.00	\$ 570.00
Fabricación de los	3	\$10.00	2	\$ 30.00	\$ 25.00	\$ 115.00
						\$ 2,955.00
<b>Ensamble del acople</b>						
Ensamble de los subsistemas	20	\$10.00			\$ 100.00	\$ 300.00
Cableado	3	\$10.00	1	\$ 40.00	\$ 130.00	\$ 200.00
Neumática	1	\$10.00	1	\$ 800.00	\$ 25.00	\$ 835.00
						\$ 1,335.00
<b>Depuración del acople</b>						
Depuración para tolerancias	10	\$15.00			\$ 100.00	\$ 250.00
						\$ 250.00
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 4,540.00</b>

Figura 4.24: Plan de costos para la fabricación y ensamble del acople mecánico.

						<b>Presupuesto</b>
						\$300,000.00
<b>Tareas</b>	<b>Labor</b>		<b>Materiales</b>		<b>Costos fijos</b>	<b>Presupuesto</b>
	<b>HRS</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>\$/unidad</b>		
<b>Desarrollo e implementación de la aplicación</b>						
Desarrollo en	160	\$18.00	1		\$ 500.00	\$ 3,380.00
Pruebas	40	\$18.00			\$ 200.00	\$ 920.00
Depuración	20	\$18.00			\$ 100.00	\$ 460.00
						\$ 4,760.00
<b>Implementación del</b>						
Compra del equipo			1	\$18,000.00		\$ 18,000.00
Accesorios			1	\$ 200.00		\$ 200.00
Desarrollo y pruebas	50	\$18.00			\$ 250.00	\$ 1,150.00
						\$ 19,350.00
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 24,110.00</b>

Figura 4.25: Plan de costos de implementación de la aplicación de control.

# Capítulo 5

## Resultados y Análisis

### 5.1 Resultados

A continuación se muestran todos los resultados obtenidos durante la realización del proyecto. Se inició mencionando aquellos resultados referentes a la sección de pruebas y refinamiento que tienen el fin de corroborar el correcto funcionamiento de los sistemas diseñados y luego para la aplicación de control se mostraran los resultados de los tiempos de medición de los productos de tipos 1 2 y 3 en comparación con tiempos actuales de pruebas en la línea de producción.

#### 5.1.1 Pruebas de ángulo de inclinación para la guía de manipulación del producto.

Como se mostró en la Figura 3.6, se fabricó una pieza con la geometría de la guía para producto 4800 en aluminio y se acopló a una prensa de senos con la cual se mide la inclinación de esta guía. Para esta prueba se busca un ángulo mínimo, para evitar el aumento de la dimensión de la altura del acople, que le permita al producto deslizarse por la guía solamente dejándolo caer por la misma. La prueba consiste en medir cada 5 grados de inclinación desde los 20 grados (con el fin de que las fuerza de la gravedad sea suficiente para mover la pieza) hasta los 45 grados de inclinación, ya que mayor a esto la pieza estaría en contacto con el techo de la guía (que no se desea según en diseño

geométrico) y para efectos de la prueba para que no caiga sin ir en todo momento en contacto con la pieza.

Los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla 5.1 donde se mide el tiempo que dura el trayecto del producto en una distancia de 14.6 cm de la pieza. En el caso que el producto no termine el recorrido debido a un atoramiento el resultado es NT (no termina).

**Tabla 5.1:** Resultados de la prueba de inclinación de la pieza de simulación de la guía.

Número de Prueba	20 grados	25 grados	30 grados	35 grados	40 grados	45 grados
1	66	41	19	16	13	13
2	NT	36	26	16	11	13
3	55	31	21	18	16	12
4	NT	58	26	20	14	11
5	58	47	42	18	14	13
6	NT	31	21	16	14	11
7	79	46	16	16	13	14
8	NT	46	25	15	11	15
9	76	108	18	14	15	12
10	NT	51	21	19	13	11
11	59	38	25	19	16	14
12	89	40	27	15	11	15
13	59	54	21	16	12	13
14	78	39	26	16	17	14
15	58	43	18	18	13	12
16	57	49	18	15	16	14
17	65	58	21	15	16	13
18	98	32	27	18	16	11
19	96	41	27	21	12	14
20	91	54	24	18	12	10
21	96	37	18	15	12	12
22	66	41	24	19	16	13
23	74	31	19	21	14	10
24	100	34	18	15	12	12
25	95	30	21	16	14	15
26	58	34	19	18	17	12
27	77	45	22	15	13	14
28	92	39	27	18	17	15
29	92	41	19	18	11	10
30	77	39	21	18	11	13
% de éxito	83%	100%	100%	100%	100%	100%

A pesar de que el ángulo de 25 grados proporcionó un porcentaje de éxito del 100%, pruebas como la número 9 y la número 17, se evidenció que el aumento en el valor del

tiempo se debe a un ligero atoramiento, no permanente, en su recorrido por la guía. A pesar de poder tratar esta situación por medio de la depuración mecánica, al no conocer los resultados finales de la fabricación de las guías, se opta por no utilizar este valor de ángulo como exitoso en las pruebas de manera que se evite elevar el costo de la depuración mecánica.

### 5.1.2 Pruebas para el tope del pistón

Para esta prueba se utilizan un juego de piezas de acero endurecido acoplado al pistón, una pieza al cuerpo del pistón y otra a la terminal del pistón como se muestra en la Figura 5.1. Esta prueba se realiza con el fin de conocer la repetibilidad de utilizar este material con el propósito de limitar el movimiento del pistón con una carrera total de 10 mm con una tolerancia unilateral de +1 mm según el fabricante. La reducción del movimiento de la carrera del pistón en esta prueba es de 3.2 mm y se realiza una medición de distancia del recorrido y se asegura que no exista daño en la ninguna de las dos piezas que forman el tope. En la Tabla 5.2 se muestran los resultados de esta prueba. El valor inicial hace referencia al pistón completamente extendido, este será la referencia de la medición. El valor final es la cantidad de milímetros recorridos por el pistón desde este punto de referencia utilizando un tope de 3.2 mm, por lo que se espera que la diferencia sea de 6.8 mm en promedio.



Figura 5.1: Juego de piezas para las pruebas de tope

**Tabla 5.2:** Resultados de las pruebas de tope para el pistón lineal

Número de medición	Valor Inicial	Valor Final	Diferencia total
1	0.01	-6.78	6.79
2	0.00	-6.81	6.81
3	0.00	-6.76	6.76
4	0.02	-6.80	6.82
5	0.01	-6.79	6.80
6	0.01	-6.76	6.77
7	0.01	-6.78	6.79
8	0.00	-6.80	6.80
9	0.01	-6.77	6.78
10	0.01	-6.79	6.80
11	0.02	-6.77	6.79
12	0.01	-6.78	6.79
13	-0.01	-6.77	6.76
14	-0.01	-6.80	6.79
15	0.00	-6.78	6.78
16	0.01	-6.79	6.80
17	0.01	-6.77	6.78
18	0.01	-6.77	6.78
19	0.02	-6.76	6.78
20	-0.02	-6.79	6.77
21	0.02	-6.77	6.79
22	0.02	-6.78	6.80
23	0.00	-6.77	6.77
24	0.01	-6.77	6.78
25	0.01	-6.78	6.79
26	-0.01	-6.77	6.76
27	0.01	-6.77	6.78
28	0.02	-6.75	6.77
29	0.01	-6.81	6.82
30	0.01	-6.81	6.82
		Promedio	6.7873
		Max	6.82
		Min	6.76

### 5.1.3 Prueba de repetibilidad para la pinza

La prueba de repetibilidad de la pinza consta en medir el recorrido total de ambas terminales de la pinza con el propósito de corroborar la distancia del recorrido con respecto a la especificación del proveedor y así poder ajustar el diseño dimensional del acople de manera que se evite un daño en un producto o un choque entre sondas de prueba. Los

resultados de estas pruebas se muestran en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.3:** Resultados de las pruebas de repetibilidad para la pinza

Número de medición	Valor Inicial (mm)	Valor Final (mm)	Diferencia total (mm)
1	76.75	55.05	21.70
2	76.80	55.00	21.80
3	76.80	54.99	21.81
4	76.78	54.98	21.8
5	76.80	55.02	21.78
6	76.77	54.99	21.78
7	76.75	54.98	21.77
8	76.80	54.95	21.85
9	76.75	54.95	21.80
10	76.71	54.99	21.72
11	76.76	54.95	21.81
12	76.70	55.09	21.61
13	76.78	55.02	21.76
14	76.74	54.99	21.75
15	76.73	54.98	21.72
16	76.75	55.01	21.77
17	76.74	54.98	21.76
18	76.76	55.00	21.73
19	76.76	55.01	21.74
20	76.77	54.97	21.77
21	76.74	54.99	21.77
22	76.75	55.00	21.76
23	76.75	54.98	21.76
24	76.76	54.99	21.79
25	76.76	54.98	21.75
26	76.79	54.95	21.77
27	76.78	54.97	21.80
28	76.78	54.97	21.79
29	76.77	54.97	21.79
30	76.78	54.98	21.81
Promedio	76.76	54.99	21.77
Desviación estándar	0.03	0.03	0.04

### 5.1.4 Pruebas para el tornillo de ajuste

Las pruebas del tornillo de ajuste también se realizan mediante el uso de piezas de la misma geometría que simulan el funcionamiento. En este caso, las piezas utilizadas son aquellas que se mencionan como los ajustes para la pinza en el Capítulo 4. Al ajuste tener un tornillo de cabeza hexagonal, la prueba parte de una marca que funciona como referencia y hacer un giro de 60 grados de rotación y medir el avance o retroceso de la pieza. Esta medición se realiza con un comparador de alturas como se muestra en la Figura 5.2 y se busca que este avance o retroceso siempre resulte ser menor a 0.62 mm, ya que el 0.635 de las especificaciones no es alcanzable con el instrumento en cuestión y la medida de ajuste se mantendría por debajo del margen establecido. En la Tabla 5.4 se pueden observar los resultados de estas pruebas.



Figura 5.2: Comparador de alturas con pieza para las pruebas de tornillo de ajuste.

**Tabla 5.4:** Resultados de las pruebas para el tornillo de ajuste.

Número de medición	Valor Inicial	Valor Final	Diferencia total
1	-0.01	-0.07	0.06
2	0.01	-0.07	0.08
3	0.00	-0.08	0.08
4	0.01	-0.09	0.10
5	0.00	-0.09	0.09
6	0.01	-0.07	0.08
7	0.01	-0.06	0.07
8	0.00	-0.07	0.07
9	0.01	-0.07	0.08
10	0.01	-0.08	0.09
11	0.00	-0.09	0.09
12	0.01	-0.07	0.08
13	0.00	-0.06	0.06
14	0.00	-0.08	0.08
15	0.00	-0.08	0.08
16	0.01	-0.09	0.10
17	0.00	-0.11	0.11
18	0.01	-0.08	0.09
19	0.00	-0.08	0.08
20	0.01	-0.05	0.06
21	0.01	-0.07	0.08
22	0.00	-0.10	0.10
23	0.01	-0.08	0.09
24	0.02	-0.09	0.11
25	0.01	-0.09	0.10
26	0.00	-0.09	0.09
27	0.02	-0.05	0.07
28	0.01	-0.06	0.07
29	0.02	-0.06	0.08
30	0.00	-0.09	0.09
		Promedio	0.0837
		Max	0.11

### 5.1.5 Pruebas de medición de los productos de referencia en ambos sistemas

En estas pruebas se realiza la comparación de la aplicación utilizada en la actualidad en la línea de producción contra la aplicación diseñada en este proyecto; con el fin de verificar que no existan alguna ineficiencia en el ámbito del tiempo que necesita la aplicación

para realizar la medición de un producto. Los productos seleccionados varían en cuanto al tipo (esto cambia la rutina de medición), la cantidad de patillas, y los valores de resistencia interna. Cabe mencionar que los productos que fueron seleccionados para estas pruebas son representativos, sin embargo existen decenas de tipos de producto no estándar, llamados TNAs, que se producen bajo pedidos personalizados.

Para la medición del tiempo de medición en la aplicación actual, se cronometró el tiempo de manera manual, debido a que no se tiene acceso al código fuente para poder programar un temporizador interno, este sería el procedimiento utilizado por la empresa en caso de que exista la necesidad de alguna prueba con el énfasis de extraer el rendimiento de la aplicación. La interfaz actual le muestra indicadores de color que muestran cuando el sistema se encuentra en estado ocupado o de medición y una vez terminada la medición cambia a un indicador de libre, los cuales se utilizan para el cronometrado del tiempo. La interfaz actual y una señalización de los indicadores anteriores se muestra en la Figura 5.3.

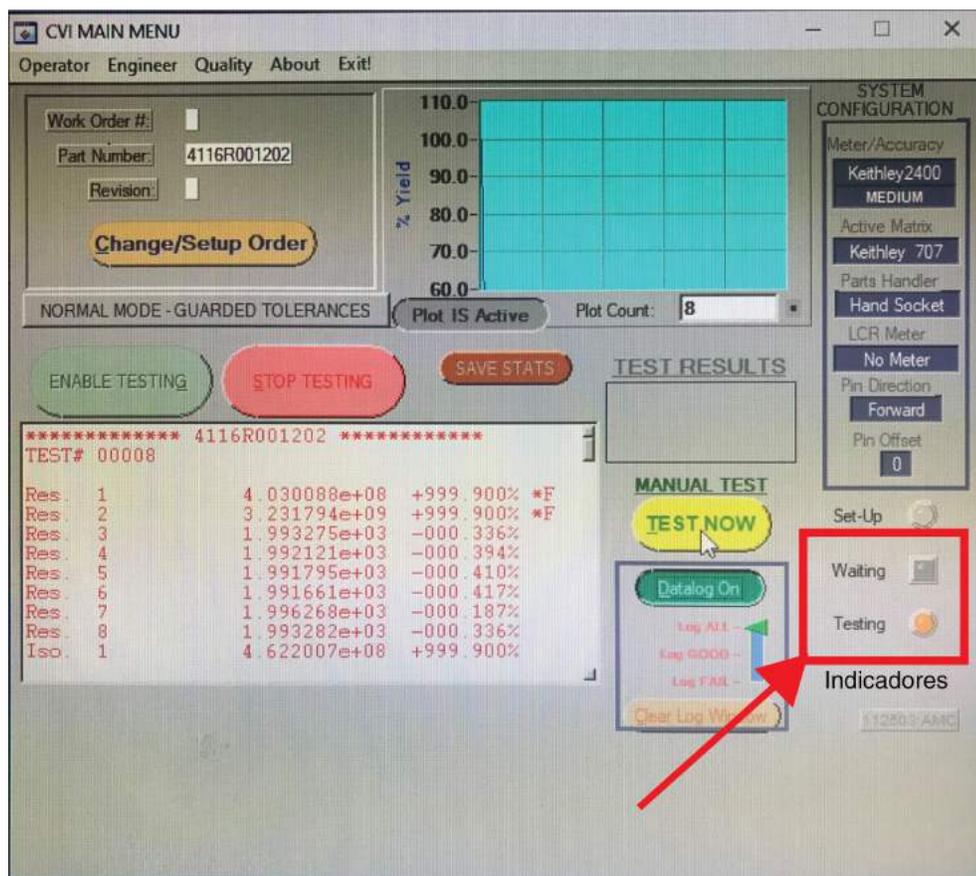


Figura 5.3: Interfaz de la aplicación actual con los indicadores de “Testing” y “Waiting”.

En el caso de la aplicación de control diseñada se realiza el mismo proceso, aún utilizando toda la infraestructura actual (mismos protocolos de comunicación GPIB, matriz obsoleta 707 de Keithley, DMM 2400 de Keithley). En este caso, se corrobora el cronometrado del tiempo por medio del software donde se ubica un primer temporizador antes de enviar cualquier señal de control a los instrumentos y un segundo temporizador al tener el arreglo de datos de los resultados de las pruebas.

Estas pruebas se realizan a cinco distintos productos por cada tipo y valor de resistencia seleccionado. Las pruebas se realizan 30 veces con el fin de conocer parámetros estadísticos, como el promedio de la muestra, con un intervalo de confianza aceptable. En la Tabla 5.5, se muestran los resultados resumen de estas pruebas mostrando el valor promedio de tiempo de prueba de los 5 productos por variante seleccionada.

**Tabla 5.5:** Resultados de las pruebas de medición de los productos de referencia.

Pieza	4120-1-471	4116-1-104	4116-2-122	4116-2-474	4116-3-221/331
Mediciones en línea (s)	3.42	3.43	5.66	5.73	5.75
	3.39	3.42	5.45	5.79	5.73
	3.43	3.51	5.70	5.76	5.83
	3.31	3.40	5.56	5.76	5.70
	3.48	3.54	5.49	5.82	5.73
Promedio en línea (s)	3.41	3.46	5.57	5.77	5.75
Mediciones en aplicación (s)	3.20	3.22	4.52	4.76	5.12
	3.12	3.38	4.23	4.53	5.5
	3.17	3.02	4.37	4.68	5.28
	3.12	3.33	4.42	4.43	5.31
	3.23	3.22	4.53	4.69	5.2
Promedio en línea (s)	3.17	3.23	4.41	4.62	5.28
Porcentaje de mejora promedio	6.99%	6.55%	20.80%	19.99%	8.11%

El desglose de todas las pruebas de medición de los productos se muestra en el Apéndice B.

## 5.2 Análisis

En esta sección se realiza un análisis de las pruebas realizadas, el impacto del proyecto para la empresa y se concluirá con un análisis financiero para analizar la rentabilidad del proyecto.

### 5.2.1 Pruebas de ángulo de inclinación para guía de manipulación del producto

Como se mencionó en la sección anterior, la finalidad de esta prueba es comprobar el funcionamiento de la geometría de la guía y a la vez encontrar el ángulo que le permite al acople completar sus objetivos manteniendo las especificaciones de tamaño ya establecidas. Los valores de tiempo son un indicador de la velocidad del producto en la guía, el cual se relaciona directamente con el impacto que pueda tener al final de la guía, ya que parte de la necesidad del sistema es que el producto no reciba ningún daño durante las pruebas. Para este fin se utilizan los datos de la prueba para encontrar aceleración y con esto la velocidad final de la pieza con el fin de calcular la energía cinética del mismo y tener un parámetro directo relacionado con la colisión.

Para estos cálculos se utilizan las ecuaciones 5.1 y 5.2 para encontrar aceleración y la velocidad, sin tomar en cuenta la fricción de la superficie, ya que esta puede variar según el acabado del material y al ser igual para todas las pruebas se puede descartar.

$$d = d_i + V_i t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (5.1)$$

$$V_f^2 = V_i^2 + 2as \quad (5.2)$$

Donde la distancia total es 0.146 m y la velocidad inicial es 0 m/s, ya que el movimiento inicia del reposo. Posteriormente a esto se utiliza la ecuación 5.3, la cual determina la energía cinética del producto en el punto justo antes de colisionar.

$$E = \frac{1}{2}mV^2 \quad (5.3)$$

Al utilizar estas dos ecuaciones en los datos de las Tablas 5.1 obtenemos un resultado promedio de la energía cinética del producto. Se recuerda que se intenta encontrar aquel ángulo que tenga la menor energía cinética y sea la más compacta en el ámbito de la altura para el acople. Los resultados al utilizar ambas ecuaciones se observan en las Tablas 5.6, 5.7 y 5.8. Cabe mencionar que la velocidad del recorrido no es importante por si sola, ya que este proceso se realiza de manera manual y los valores menores a un segundo no afectan la eficiencia con que se realizan las pruebas. Sin embargo, en el caso de que este acople sufriera modificaciones con el fin de pasar de un proceso manual a uno automático, la variable de la velocidad sería de mayor importancia que la variable de la altura, al ser directamente proporcional a la eficiencia del sistema.

Con los resultados en la tabla se puede observar que el ángulo que mejor corresponde a los objetivos deseados es el ángulo de 30 grados. Anteriormente se menciona que el ángulo de 25 grados se descarta, al presentar algunos atoramientos momentáneos y por lo tanto aumentando el tiempo del recorrido. Este ajuste es realizado en la geometría del acople con el fin de hacer que el sistema sea efectivo.

### 5.2.2 Pruebas para el tope del pistón

En cuanto a las pruebas del tope para el pistón se puede asegurar que se consiguió una estructura mecánica sobre la base de acero 1045 rectificadas y pavonado que cumple con su función de tope mecánico sin deteriorarse después de más de 30 pruebas a una presión promedio de aire de 1 MPa (la salida por defecto que tiene la empresa). Adicionalmente, se puede ver en los resultados que la precisión de este tope varía en menos de 0.1 mm (0.06 mm para las pruebas) lo que permite que las guías se utilicen sin ninguna modificación, ya que el encapsulado de menor tamaño a lo alto es el de la serie 4800 con 2.03 mm de altura. En el peor de los casos la medida del tope sería de 1.9 mm, que proviene de la medida de 2 mm de diseño menos el 0.1 mm de varianza, y aún en este caso sería capaz de realizar su función para todas las series del producto.

**Tabla 5.6:** Resultados de la energía cinética del producto según ángulo de inclinación.

Número de Prueba	20 grados			25 grados		
	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Velocidad (m/s)	Energía Cinética (J)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Velocidad (m/s)	Energía Cinética (J)
1	6.70E-01	4.42E-01	1.96E-03	1.74E+00	7.12E-01	5.07E-03
2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.25E+00	8.11E-01	6.58E-03
3	9.65E-01	5.31E-01	2.82E-03	3.04E+00	9.42E-01	8.87E-03
4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.68E-01	5.03E-01	2.53E-03
5	8.68E-01	5.03E-01	2.53E-03	1.32E+00	6.21E-01	3.86E-03
6	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.04E+00	9.42E-01	8.87E-03
7	4.68E-01	3.70E-01	1.37E-03	1.38E+00	6.35E-01	4.03E-03
8	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+00	6.35E-01	4.03E-03
9	5.06E-01	3.84E-01	1.48E-03	2.50E-01	2.70E-01	7.31E-04
10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.12E+00	5.73E-01	3.28E-03
11	8.39E-01	4.95E-01	2.45E-03	2.02E+00	7.68E-01	5.90E-03
12	3.69E-01	3.28E-01	1.08E-03	1.83E+00	7.30E-01	5.33E-03
13	8.39E-01	4.95E-01	2.45E-03	1.00E+00	5.41E-01	2.92E-03
14	4.80E-01	3.74E-01	1.40E-03	1.92E+00	7.49E-01	5.61E-03
15	8.68E-01	5.03E-01	2.53E-03	1.58E+00	6.79E-01	4.61E-03
16	8.99E-01	5.12E-01	2.62E-03	1.22E+00	5.96E-01	3.55E-03
17	6.91E-01	4.49E-01	2.02E-03	8.68E-01	5.03E-01	2.53E-03
18	3.04E-01	2.98E-01	8.88E-04	2.85E+00	9.13E-01	8.33E-03
19	3.17E-01	3.04E-01	9.25E-04	1.74E+00	7.12E-01	5.07E-03
20	3.53E-01	3.21E-01	1.03E-03	1.00E+00	5.41E-01	2.92E-03
21	3.17E-01	3.04E-01	9.25E-04	2.13E+00	7.89E-01	6.23E-03
22	6.70E-01	4.42E-01	1.96E-03	1.74E+00	7.12E-01	5.07E-03
23	5.33E-01	3.95E-01	1.56E-03	3.04E+00	9.42E-01	8.87E-03
24	2.92E-01	2.92E-01	8.53E-04	2.53E+00	8.59E-01	7.38E-03
25	3.24E-01	3.07E-01	9.45E-04	3.24E+00	9.73E-01	9.47E-03
26	8.68E-01	5.03E-01	2.53E-03	2.53E+00	8.59E-01	7.38E-03
27	4.92E-01	3.79E-01	1.44E-03	1.44E+00	6.49E-01	4.21E-03
28	3.45E-01	3.17E-01	1.01E-03	1.92E+00	7.49E-01	5.61E-03
29	3.45E-01	3.17E-01	1.01E-03	1.74E+00	7.12E-01	5.07E-03
30	4.92E-01	3.79E-01	1.44E-03	1.92E+00	7.49E-01	5.61E-03
Promedio	4.70E-01	3.71E-01	1.37E-03	1.82E+00	7.12E-01	5.32E-03

**Tabla 5.7:** Resultados de la energía cinética del producto según ángulo de inclinación.  
Continuación

Número de Prueba	30 grados			35 grados		
	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Velocidad (m/s)	Energía Cinética (J)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Velocidad (m/s)	Energía Cinética (J)
1	8.09E+00	1.54E+00	2.36E-02	1.14E+01	1.83E+00	3.33E-02
2	4.32E+00	1.12E+00	1.26E-02	1.14E+01	1.83E+00	3.33E-02
3	6.62E+00	1.39E+00	1.93E-02	9.01E+00	1.62E+00	2.63E-02
4	4.32E+00	1.12E+00	1.26E-02	7.30E+00	1.46E+00	2.13E-02
5	1.66E+00	6.95E-01	4.83E-03	9.01E+00	1.62E+00	2.63E-02
6	6.62E+00	1.39E+00	1.93E-02	1.14E+01	1.83E+00	3.33E-02
7	1.14E+01	1.83E+00	3.33E-02	1.14E+01	1.83E+00	3.33E-02
8	4.67E+00	1.17E+00	1.36E-02	1.30E+01	1.95E+00	3.79E-02
9	9.01E+00	1.62E+00	2.63E-02	1.49E+01	2.09E+00	4.35E-02
10	6.62E+00	1.39E+00	1.93E-02	8.09E+00	1.54E+00	2.36E-02
11	4.67E+00	1.17E+00	1.36E-02	8.09E+00	1.54E+00	2.36E-02
12	4.01E+00	1.08E+00	1.17E-02	1.30E+01	1.95E+00	3.79E-02
13	6.62E+00	1.39E+00	1.93E-02	1.14E+01	1.83E+00	3.33E-02
14	4.32E+00	1.12E+00	1.26E-02	1.14E+01	1.83E+00	3.33E-02
15	9.01E+00	1.62E+00	2.63E-02	9.01E+00	1.62E+00	2.63E-02
16	9.01E+00	1.62E+00	2.63E-02	1.30E+01	1.95E+00	3.79E-02
17	6.62E+00	1.39E+00	1.93E-02	1.30E+01	1.95E+00	3.79E-02
18	4.01E+00	1.08E+00	1.17E-02	9.01E+00	1.62E+00	2.63E-02
19	4.01E+00	1.08E+00	1.17E-02	6.62E+00	1.39E+00	1.93E-02
20	5.07E+00	1.22E+00	1.48E-02	9.01E+00	1.62E+00	2.63E-02
21	9.01E+00	1.62E+00	2.63E-02	1.30E+01	1.95E+00	3.79E-02
22	5.07E+00	1.22E+00	1.48E-02	8.09E+00	1.54E+00	2.36E-02
23	8.09E+00	1.54E+00	2.36E-02	6.62E+00	1.39E+00	1.93E-02
24	9.01E+00	1.62E+00	2.63E-02	1.30E+01	1.95E+00	3.79E-02
25	6.62E+00	1.39E+00	1.93E-02	1.14E+01	1.83E+00	3.33E-02
26	8.09E+00	1.54E+00	2.36E-02	9.01E+00	1.62E+00	2.63E-02
27	6.03E+00	1.33E+00	1.76E-02	1.30E+01	1.95E+00	3.79E-02
28	4.01E+00	1.08E+00	1.17E-02	9.01E+00	1.62E+00	2.63E-02
29	8.09E+00	1.54E+00	2.36E-02	9.01E+00	1.62E+00	2.63E-02
30	6.62E+00	1.39E+00	1.93E-02	9.01E+00	1.62E+00	2.63E-02
Promedio	6.38E+00	1.34E+00	1.86E-02	1.04E+01	1.73E+00	3.03E-02

**Tabla 5.8:** Resultados de la energía cinética del producto según ángulo de inclinación.  
Continuación

Número de Prueba	40 grados			45 grados		
	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Velocidad (m/s)	Energía Cinética (J)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Velocidad (m/s)	Energía Cinética (J)
1	1.73E+01	2.25E+00	5.05E-02	1.73E+01	2.25E+00	5.05E-02
2	2.41E+01	2.65E+00	7.05E-02	1.73E+01	2.25E+00	5.05E-02
3	1.14E+01	1.83E+00	3.33E-02	2.03E+01	2.43E+00	5.92E-02
4	1.49E+01	2.09E+00	4.35E-02	2.41E+01	2.65E+00	7.05E-02
5	1.49E+01	2.09E+00	4.35E-02	1.73E+01	2.25E+00	5.05E-02
6	1.49E+01	2.09E+00	4.35E-02	2.41E+01	2.65E+00	7.05E-02
7	1.73E+01	2.25E+00	5.05E-02	1.49E+01	2.09E+00	4.35E-02
8	2.41E+01	2.65E+00	7.05E-02	1.30E+01	1.95E+00	3.79E-02
9	1.30E+01	1.95E+00	3.79E-02	2.03E+01	2.43E+00	5.92E-02
10	1.73E+01	2.25E+00	5.05E-02	2.41E+01	2.65E+00	7.05E-02
11	1.14E+01	1.83E+00	3.33E-02	1.49E+01	2.09E+00	4.35E-02
12	2.41E+01	2.65E+00	7.05E-02	1.30E+01	1.95E+00	3.79E-02
13	2.03E+01	2.43E+00	5.92E-02	1.73E+01	2.25E+00	5.05E-02
14	1.01E+01	1.72E+00	2.95E-02	1.49E+01	2.09E+00	4.35E-02
15	1.73E+01	2.25E+00	5.05E-02	2.03E+01	2.43E+00	5.92E-02
16	1.14E+01	1.83E+00	3.33E-02	1.49E+01	2.09E+00	4.35E-02
17	1.14E+01	1.83E+00	3.33E-02	1.73E+01	2.25E+00	5.05E-02
18	1.14E+01	1.83E+00	3.33E-02	2.41E+01	2.65E+00	7.05E-02
19	2.03E+01	2.43E+00	5.92E-02	1.49E+01	2.09E+00	4.35E-02
20	2.03E+01	2.43E+00	5.92E-02	2.92E+01	2.92E+00	8.53E-02
21	2.03E+01	2.43E+00	5.92E-02	2.03E+01	2.43E+00	5.92E-02
22	1.14E+01	1.83E+00	3.33E-02	1.73E+01	2.25E+00	5.05E-02
23	1.49E+01	2.09E+00	4.35E-02	2.92E+01	2.92E+00	8.53E-02
24	2.03E+01	2.43E+00	5.92E-02	2.03E+01	2.43E+00	5.92E-02
25	1.49E+01	2.09E+00	4.35E-02	1.30E+01	1.95E+00	3.79E-02
26	1.01E+01	1.72E+00	2.95E-02	2.03E+01	2.43E+00	5.92E-02
27	1.73E+01	2.25E+00	5.05E-02	1.49E+01	2.09E+00	4.35E-02
28	1.01E+01	1.72E+00	2.95E-02	1.30E+01	1.95E+00	3.79E-02
29	2.41E+01	2.65E+00	7.05E-02	2.92E+01	2.92E+00	8.53E-02
30	2.41E+01	2.65E+00	7.05E-02	1.73E+01	2.25E+00	5.05E-02
Promedio	1.65E+01	2.17E+00	4.81E-02	1.89E+01	2.33E+00	5.53E-02

### 5.2.3 Pruebas de repetibilidad para la pinza

Las pruebas de repetibilidad para la pinza y las del tornillo de ajuste deben ser paralelas, ya que la variación de las medidas en la repetibilidad debe ser solventada por el tornillo de ajuste. Para asegurar la vida útil de las sondas de prueba (ya que estas contienen un resorte que les permite hacer presión sin dañar el producto) el fabricante recomienda que la conexión se realice a la mitad de la carrera del resorte. En el diseño geométrico ya se definió esta distancia para las diferentes series del producto, sin embargo, la variación real del pistón (en contraste con la precisión del fabricante la cual fue utilizada para el diseño) se debe ajustar por medio de los ajustes sentados en la pinza. Los valores esperados como valor inicial y valor final de estas pruebas es 55 mm y 75 mm respectivamente, ya que son los valores nominales del fabricante, y se hace enfoque en la medida de 55 mm porque es la posición de cerrado de la pinza y por lo tanto la posición de conexión eléctrica. La variación de este valor de 55 mm con respecto a su máximo y su mínimo no afecta a las sondas de prueba, ya que los valores varían entre 54.95 mm y 55.09 con una desviación estándar de 0.03mm como se puede ver en la Tabla 5.3, lo que es solventado por la carrera de las sondas que es de 6.35 mm para sondas de 0.039 pulgadas de diámetro que son las únicas que cumplen con la especificación de distancia entre centros.

### 5.2.4 Pruebas para el tornillo de ajuste

Las pruebas en el tornillo de ajuste resultaron en un ajuste máximo de 0.11 milímetros, según la Tabla 5.4, que satisface las condiciones de 0.62 mm establecidas por medio de la longitud mínima de ajuste según la especificación. Adicionalmente, el tornillo de ajuste cumple los requerimientos para los productos de la serie 4100 y 4300 que tienen una distancia de pines de 2.54 mm necesitando al menos 1.2 mm de ajuste bajo las mismas condiciones. y se cumplen utilizando de referencia los mismos resultados.

### 5.2.5 Pruebas de medición de los productos de referencia en ambos sistemas

El rango de mejora es de un 6.55% a un 20.80% dependiendo del tipo de producto, como se indica en la Tabla 5.5. Al comparar el mejor de los casos de la aplicación actual con respecto a la nueva aplicación, se mantiene el porcentaje positivo en todos los rubros, cumpliendo con las expectativas del cliente, en este caso la empresa que necesita una aplicación que al menos pueda mantener la magnitud de la producción actual. Adicionalmente, se puede ver una clara optimización para los productos tipo 2 con un porcentaje mínimo de mejora del 19.99%. Esto a pesar de generar mejoras en el sistema se debe llegar a la etapa de implementación donde se debe depurar el sistema de PLC con el fin de aprovechar todo este porcentaje de mejoras.

### 5.2.6 Análisis del cumplimiento de las métricas

En la Tabla 5.9 se muestran las métricas objetivo de los diseños y se compara con los valores reales alcanzados.

La distancia entre conectores se consigue con la tolerancia de la fabricación utilizando el material PEEK. Otros valores a realzar son la distancia entre operario y fuente de peligro. En este caso las fuentes de peligro son los actuadores neumáticos los cuales mantienen una distancia mínima de 71 mm con respecto al operario cuando se utilizan los cobertores de seguridad. La señalización de peligro se muestra en el Apéndice E y se debe colocar en los cobertores neumáticos con el fin de visualizarlos durante la operación. En cuanto a la facilidad de operación esta se simplifica a dos válvulas y para el uso de la aplicación existe el manual de usuario. La vida útil del acople la limitan los actuadores neumáticos los cuales tienen una vida útil aproximada de  $4.83 \times 10^6$  ciclos. Por último y no menos importante el rendimiento de la aplicación aumentó en un mínimo de 0.53% satisfaciendo las necesidades de producción al comparar con la versión actual. Todos los valores anteriores indican que ambos diseños son exitosos en cuando a los objetivos definidos.

**Tabla 5.9:** Resumen de resultados de las métricas objetivo

Métrica	Valor objetivo	Valor real
Distancia entre conectores de prueba	0.54 ( $\pm 0.07$ ) mm y 1.27 ( $\pm 0.07$ ) mm	0.54 ( $\pm 0.07$ ) mm y 1.27 ( $\pm 0.07$ ) mm
Datos almacenados por la aplicación	Un solo archivo, resultados de la medición del equipo con referencia temporal.	Un solo archivo con los resultados de la medición, tiempo de medición, tiempo relativo al día, número y código del producto.
Distancia entre operario y la fuente de peligro	>25mm	71mm
Señales de peligro	Existen	Existen
Dimensiones totales del acople	<(600mm X 600mm X 800mm)	455mm X 372mm X 450mm
Vida útil del acople	$10^5$ ciclos	$4.83 \times 10^8$ ciclos
Facilidad de operación	Operarios con entrenamiento pueden operar.	Operarios con entrenamiento pueden operar y se incluye el manual de usuario de la aplicación.
Rendimiento de la aplicación	Rendimiento igual al estado actual	Mejora del rendimiento en un rango de 6.55% a 20.80%

### 5.2.7 Impacto del proyecto en un nivel macro de la empresa

El impacto del desarrollo de este proyecto, como ha sido mencionado anteriormente, es la trazabilidad que le brindan ambos sistemas diseñados a la empresa. Al ser una empresa con sedes alrededor del mundo, la capacidad de la compañía para manufacturar sus productos bajo un mismo estándar de calidad, indistintamente de la sede, es de suma importancia. Esta importancia aumenta aún más cuando se conoce que las sedes suelen tener un primer proceso de auditoría entre ellas, con lo cual es de suma importancia que toda la metodología utilizada sea del conocimiento de todos y replicada por todas las sedes cuando se presentan mejoras al proceso.

Otro gran impacto del proyecto es la habilidad que le da el acople mecánico en conjunto con la aplicación de realizar pruebas puntuales. Esto le abre las puertas a la empresa para iniciar nuevamente un proceso de mejora continua en el área de redes de resistencias. Estas mejoras no solo se esperan a nivel del sistema de producción que contiene todos los equipos, sino también la metodología de fabricación del producto. Un ejemplo de lo anterior es si

quisieran o se viera la necesidad de incrementar la precisión de las resistencias dentro de los productos, ya existiría la infraestructura para realizar las pruebas de producto que les puede indicar que los resultados del cambio de la metodología fue exitosa.

### 5.2.8 Análisis financiero

El siguiente análisis demuestra la factibilidad del proyecto y de su implementación en producción de ser deseado.

#### Inversión

Como se mostró en el Capítulo 4, dentro del plan de costos se muestra el valor del presupuesto inicial para llegar a implementar uno de los nuevos equipos, en conjunto con el diseño de la aplicación y el acople propuestos en este proyecto. Para tener una versión más real de todo el monto de la inversión para el desarrollo del proyecto incluyendo su parte de implementación en línea, se tomarán los presupuestos de desarrollo anteriores y se añadirán los equipos necesarios para la implementación en toda la línea de producción de redes de resistencias. La línea de producción actualmente cuenta con dos estaciones para las series 4100, 4300 y 4800, mientras que cuenta con tres estaciones para la serie 4400 y una estación adicional, que solo contempla la etapa de pruebas para productos de la serie 4800. El total de las estaciones sería 10 y por lo tanto se necesitan 10 juegos de equipos con sus accesorios para realizar la implementación. Se mantendrá la fabricación de un solo acople y por su puesto que el desarrollo de la aplicación es única.

Con las bases anteriormente definidas se procede a generar un nuevo plan de costos con el cual se prevé toda la implementación y se utilice de base para realizar los cálculos de los indicadores financieros. En la Figura 5.4 se muestra el nuevo plan de costos.

Los costos de implementación son de alta importancia, ya que se deben llevar a cabo los cambios para eliminar el riesgo actual del paro de producción. De no implementar este proyecto se perdería la inversión de los costos fijos para las etapas de desarrollo y se prevén las pérdidas en caso de paro, para analizar todas estas alternativas se necesita conocer un aproximado del flujo de caja de la empresa para esta línea de producción.

				<b>Presupuesto</b>
				\$ 250,000.00
Tareas	Cantidad	\$/unidad	Costos Fijos	Presupuesto
<b>Acople Mecánico</b>				
Fabricación	1	\$ 2,230.00	\$ 725.00	\$ 2,955.00
Ensamble	1	\$ 1,080.00	\$ 255.00	\$ 1,335.00
Depuración	1	\$ 150.00	\$ 100.00	\$ 250.00
				\$ 4,540.00
<b>Aplicación de control</b>				
Desarrollo	1	\$ 3,960.00	\$ 800.00	\$ 4,760.00
Implementación	1	\$19,100.00	\$ 250.00	\$ 19,350.00
				\$ 24,110.00
<b>Equipos adicionales para producción</b>				
Matriz y accesorios	9	\$18,000.00		\$ 162,000.00
				\$ 162,000.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$190,650.00</b>
<b>Porcentaje de estimación</b>				<b>20.00%</b>
<b>Total</b>				<b>\$228,780.00</b>

Figura 5.4: Estimación de la inversión total del proyecto añadiéndole su etapa de implementación

## Flujo de caja

Para conocer el flujo de caja de la línea de producción de redes de resistencias se deben conocer los costos de manufactura del producto, estos costos incluyen tanto los costos fijos como los variables desde la adquisición de la materia prima hasta la venta de los productos. Esta información la provee el ingeniero de manufactura a cargo de esta área y se comparten algunos de los productos para realizar el análisis. Los costos de manufactura de estos productos se muestran en la Tabla 5.10 junto a un promedio con el cual se parte el análisis.

Se tiene un promedio de costo de manufactura de \$0.423 y se conoce que un precio de venta promedio es de \$1.1 con lo cual se puede iniciar a utilizar los indicadores financieros para probar la rentabilidad del proyecto.

**Tabla 5.10:** Tabla de costos de manufactura para productos de la serie 400

Código del producto	Costo de manufactura por unidad
4120R-1-102LF	\$ 0.759
4120R-601-250/201L	\$ 1.543
4310R-101-103LF	\$ 0.273
4310R-102-103LF	\$ 0.273
4310R-104-221/331	\$ 0.333
4310R-R2R-103LF	\$ 0.231
4311R-101-103LF	\$ 0.306
4420P-1-103LF	\$ 0.252
4420P-2-103LF	\$ 0.265
4420P-601-250/500L	\$ 0.487
4820P-1-103LF	\$ 0.176
4820P-2-103LF	\$ 0.181
Promedio	\$ 0.423

## Rentabilidad

Los indicadores financieros a utilizar son el VAN y el TIR con el fin de validar la inversión. Estos indicadores se aplican al plazo de un año. Adicionalmente, el análisis parte en que los equipos a sustituir (matrices 707 de Keithley) ya alcanzaron un valor de activo de 0, es decir, debido a la longevidad de su uso en la empresa (mayor a 30 años) la depreciación del equipo es igual al valor de compra del mismo. Lo anterior se puede describir de una forma más cuantificable, un activo, después de 10 años posterior a la compra, se considera como completamente depreciado o un valor total nulo.

## VAN

El valor actual neto es el indicador financiero encargado de comparar la inversión con los ingresos obtenidos con el fin de analizar la rentabilidad del proyecto. Para obtener este valor se compara el valor de la inversión con el flujo de caja que viene de los costos de manufactura y el precio de venta. Se conoce que como un mínimo en la producción de línea se esperan 18000 unidades por turno, al día se realizan dos turnos de trabajo y esto durante los 365 días del año. Lo anterior equivale a \$75,553.20 de flujo de caja mensual, con un balance de caja al año de \$889,578.00 . El VAN entonces sería de \$ 206,505.16 a un año y bajo estos mismos valores la VAN es mayor que cero al quinto mes con un flujo de caja de \$ 29,105.54. Los detalles de este VAN se pueden ver en la Figura 5.5.

<b>Inversión inicial</b>	<b>\$ 228,780.00</b>				
Flujo de Ingresos		Flujo de egresos		Flujo Efectivo	
Mes	Valor	Mes	Valor	Mes	Valor
1	\$ 122,760.00	1	\$47,206.80	1	\$ 75,553.20
2	\$ 110,880.00	2	\$42,638.40	2	\$ 68,241.60
3	\$ 122,760.00	3	\$47,206.80	3	\$ 75,553.20
4	\$ 118,800.00	4	\$45,684.00	4	\$ 73,116.00
5	\$ 122,760.00	5	\$47,206.80	5	\$ 75,553.20
6	\$ 118,800.00	6	\$45,684.00	6	\$ 73,116.00
7	\$ 122,760.00	7	\$47,206.80	7	\$ 75,553.20
8	\$ 122,760.00	8	\$47,206.80	8	\$ 75,553.20
9	\$ 118,800.00	9	\$45,684.00	9	\$ 73,116.00
10	\$ 122,760.00	10	\$47,206.80	10	\$ 75,553.20
11	\$ 118,800.00	11	\$45,684.00	11	\$ 73,116.00
12	\$ 122,760.00	12	\$47,206.80	12	\$ 75,553.20
<b>Tasa de interés</b>	<b>13.1%</b>	<b>VAN</b>	<b>\$ 206,505.16</b>		

Figura 5.5: Cálculo del VAN para el análisis financiero

## TIR

La tasa interna de retorno es la proporción que indica el beneficio de realizar la inversión. En otras palabras, indica el porcentaje de ganancia que se obtiene al comparar el VAN con el costo de la inversión. Al conocer el flujo de caja actual solo se debe encontrar aquella tasa que le permita al VAN a ser mayor que cero. Con los flujos de caja efectivos durante un año, el TIR resulta en un valor de 31.7% según la Figura 5.5. Este valor del 31.7% clasifica la inversión del proyecto como sumamente deseable a la perspectiva de un inversionista, ya que las tasas del mercado para inversiones rondan entre el 6% y el 10%. Esto también indica que el proyecto devuelve el capital invertido y le añade una ganancia adicional.

# Capítulo 6

## Conclusiones

1. Se definió el equipo 34980 de Keysight en conjunto con la matriz 34934A para la sustitución del equipo Chasis 707 y Matriz 7071 de Keithley con la aprobación del asesor de empresa para la mejora del sistema de redes de resistencias de Bourns.
2. Se diseñó la aplicación de control y adquisición de datos, cuya lógica se detalla en la Figura 4.23 y el Apéndice D, y que es compatible con los equipos disponibles.
3. Se diseñó la estación de acople cumpliendo con las métricas de especificación necesarias, cuyos planos constructivos se encuentran en el Apéndice G.
4. Se verificó el funcionamiento de la aplicación por medio de pruebas con los equipos actuales, donde tuvo un rango de mejora entre 6.55% y 20.80% en comparación con la versión actual; y el funcionamiento del acople realizando simulaciones con los componentes de la selección de candidatos descritos en el Capítulo 3.
5. Se determinó el valor del ángulo adecuado para la manipulación del producto, minimizando el uso del espacio vertical y los impactos del producto.
6. Se validó la rentabilidad del proyecto para una etapa futura de implementación, con un valor positivo del VAN a 5 meses y una tasa interna de retorno del 31.7% a un año de la inversión.

# Capítulo 7

## Recomendaciones

- Considerar definir un sistema de mantenimiento para la matriz, con el fin de aumentar su vida útil y poder realizar un proceso similar al del proyecto sin poner en riesgo la producción de la línea.
- En caso de atoramientos en las guías en una etapa de implementación, agregar sopladores de aire comprimido con el fin de impulsar el producto.
- Considerar un futuro agregado al acople mecánico, de manera que puedan ingresarse múltiples piezas del mismo tipo de manera simultánea y cambiar la salida de las guías por una estación de empaque.
- Agregar un sistema de alarmas en la aplicación para que el usuario pueda solventar el problema dado o llamar al respectivo candidato.
- Investigar y agregar módulos de monitoreo dentro del chasis con el fin de empezar un sistema de análisis de datos de todos los equipos del sistema.

# Bibliografía

- [1] Accurate low-resistance measurements start with identifying sources of error. URL <https://download.tek.com/document/LLResistWhitePaper.pdf>. Accesado en 07.10.2021.
- [2] General purpose matrix card. URL <https://download.tek.com/datasheet/7071.pdf>. Accesado en 07.10.2021.
- [3] Keithley 2400 Standard Series SMU [online]. URL <https://www.tek.com/keithley-source-measure-units/keithley-smu-2400-standard-series-sourcemeter>. Accesado en 07.10.2021.
- [4] Labview [online]. URL <https://www.ni.com/es-cr/support/downloads/software-products/download.labview.html>. Accesado en 07.10.2021.
- [5] Overview of two-wire and four-wire (kelvin) resistance measurements. URL <https://www.tek.com/document/application-note/overview-two-wire-and-four-wire-kelvin-resistance-measurements>. Accesado en 07.10.2021.
- [6] Sourcemeter® smu instruments. URL <https://www.tek.com/datasheet/series-2400-sourcemeter-instruments>. Accesado en 07.10.2021.
- [7] Switching matrix mainframe. URL [https://testequipment.center/Product\\_Documents/Keithley-707A-Specifications-BF0B6.pdf](https://testequipment.center/Product_Documents/Keithley-707A-Specifications-BF0B6.pdf). Accesado en 07.10.2021.
- [8] Agilent 4284a/4285a precision lcr meter family, 2008. URL <https://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5952-1431.pdf>. Accesado en 07.10.2021.

- [9] *Switching Handbook*, 6ta ed. edition, 2008. URL <https://download.tek.com/document/SwitchingHandbook.pdf>. Accesado en 07.10.2021.
- [10] *Series 2400 SourceMeter® User's Manual*, rev. k edition, 2011. URL [https://download.tek.com/manual/2400S-900-01\\_K-Sep2011\\_User.pdf](https://download.tek.com/manual/2400S-900-01_K-Sep2011_User.pdf). Accesado en 07.10.2021.
- [11] *Agilent Impedance Measurement Handbook*, 4ta ed. edition, 2013. URL <https://www.keysight.com/zz/en/assets/7018-06840/application-notes/5950-3000.pdf>. Accesado en 07.10.2021.
- [12] Resistance; dc current; ac current; and frequency and period measurement errors in digital multimeters, 2017. URL <https://www.keysight.com/zz/en/assets/7018-01083/white-papers/5988-5512.pdf>. Accesado en 07.10.2021.
- [13] 4100r series - thick film molded dips, 2019. URL <https://www.bourns.com/products/resistors/resistor-networks/networks/product/4100R%20Series>. Accesado en 07.10.2021.
- [14] 4300r series - thick film molded sips, 2019. URL <https://www.bourns.com/products/resistors/resistor-networks/networks/product/4300R%20Series>. Accesado en 07.10.2021.
- [15] 4400p series - thick film surface mounted wide body, 2019. URL <https://www.bourns.com/products/resistors/resistor-networks/networks/product/4400P%20Series>. Accesado en 07.10.2021.
- [16] 4800p series - thick film surface mounted medium body, 2019. URL <https://www.bourns.com/products/resistors/resistor-networks/networks/product/4800P%20Series>. Accesado en 07.10.2021.
- [17] E1466a vxi relay matrix switch, 2019. URL <https://www.keysight.com/zz/en/assets/7018-09112/data-sheets/5965-5592.pdf>. Accesado en 07.10.2021.
- [18] 601 series - rc networks t-filters, 2021. URL <https://www.bourns.com/products/resistors/resistor-networks/resistor-capacitor-networks>. Accesado en 07.10.2021.

- 
- [19] *Señalización Normalizada*, 2021. URL [https://safework.es/wp-content/uploads/2017/12/senalizacion\\_normalizada.pdf](https://safework.es/wp-content/uploads/2017/12/senalizacion_normalizada.pdf). Accesado en 1.11.2021.
- [20] Bourns. Certificates and standards [online]. 2021. URL <https://www.bourns.com/resources/certificates>. Accesado en 07.10.2021.
- [21] D. Nigro. Should you replace your mercury relays? URL <https://www.proquest.com/trade-journals/should-you-replace-your-mercury-relays/docview/204379812/se-2?accountid=27651>. Accesado en 07.10.2021.
- [22] Karl T. Ulrich and Steven D. Eppinger. *Diseño y desarrollo de productos (5a. ed.)*. McGraw-Hill Interamericana, México, D.F, 2013. URL [https://ebookcentral.proquest.com/lib/\[SITE\\_ID\]/detail.action?docID=3214953](https://ebookcentral.proquest.com/lib/[SITE_ID]/detail.action?docID=3214953). Accesado en 07.10.2021.

# Apéndice A

## Cálculos del acople mecánico

### A.1 Cálculos para las guías de manipulación

Las guías de manipulación se colocan en una inclinación que debe mantenerse con una tolerancia de 5 grados según las pruebas realizadas. Adicionalmente, la tolerancia utilizada en grados para cualquier ángulo de del diseño es de 0.5 grados. Se desea conocer si el peso propio de las guías resultan en una deflexión a los extremos mayor a 4.5 grados (5 menos la tolerancia). Como se conoce que el ensamble se realiza por medio de pines dowel y que las guías están diseñadas para ser modulares, es decir, se deben cambiar con cierta frecuencia, se parte que el material debe ser algún tipo de acero con el fin de evitar deformaciones al realizar el cambio de las guías, ya que los pines dowel también son de acero. En la Tabla A.1 se muestran los aceros que recomienda la empresa que se deben utilizar.

Se inicia comprobando con acero AISI 1045 por se una variante económica y porque los demás aceros están destinados a ser utilizados como aceros para herramienta o con compuestos para aplicaciones específicos.

Las guías se pueden representar por un sólido de dimensiones 30 mm X 335 mm X 13.30 mm para un volumen total de  $1.337E-04 \text{ m}^3$ . La densidad de este acero es de  $7870 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$  y con ambos valores se consigue que la pieza tiene una masa de 1.052 Kg. Esta masa multiplicada por la gravedad resultaría en una fuerza distribuida de 10.322 N a lo largo de

la pieza. En el diagrama de la Figura A.1 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la representación de las guías.

**Tabla A.1:** Aceros recomendados por la empresa

Aceros recomendados
AISI D2 Tool Steel
AISI A2 Tool Steel
AISI 1045 Steel
Blue Temper Steel
AISI 420
AISI H13
AISI 316 SS
Carbide
Inoxidable 410
AISI S7 Tool Steel
AISI 303 SS

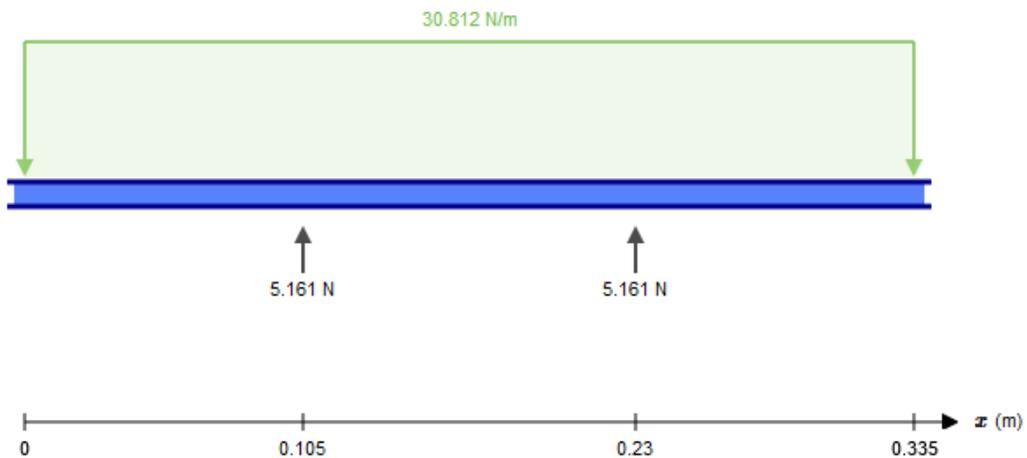


Figura A.1: Diagrama de cuerpo libre de la guía.

Partiendo de este diagrama se obtienen los diagramas de cortante y momento, mostrados en la Figura A.2, para poder integrar y determinar el ángulo de inclinación en los extremos de la viga.

Utilizando las ecuaciones A.1 y A.2 y se encuentran los valores de las deflexiones y los ángulos en los extremos. Los valores de los ángulos finales son 0.007 radianes que equivale a 0.40 grados, cumpliendo con la necesidad de 4.5 grados máximo de inclinación. Adicionalmente, en la Figura A.3 se muestra la deflexión de la viga con sus valores.

$$EI \frac{dy}{dx} = \int M dx \quad (\text{A.1})$$

$$EIy \frac{dy}{dx} = \int \int M dx \quad (A.2)$$

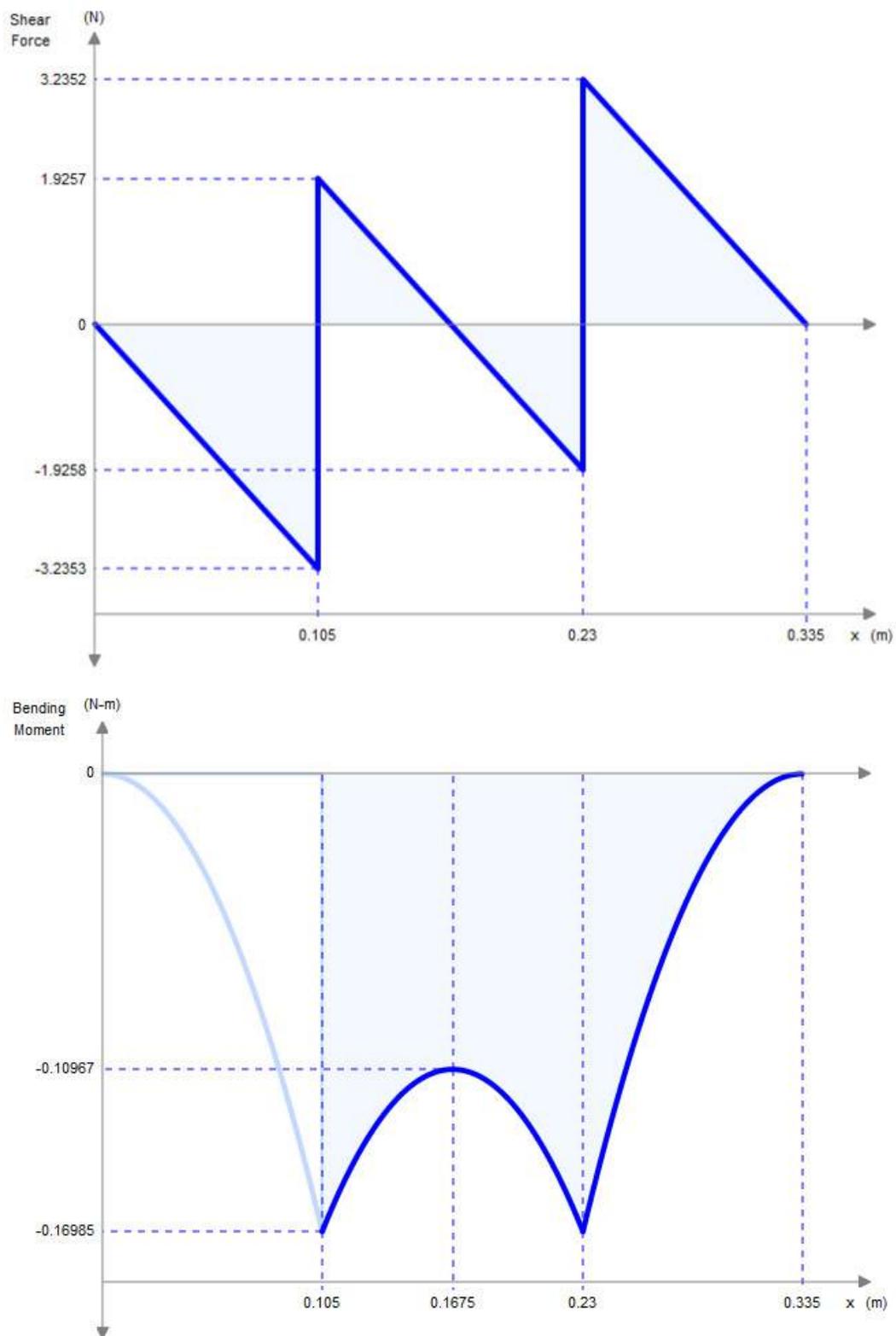


Figura A.2: Diagramas de cortante y momento de la guía.

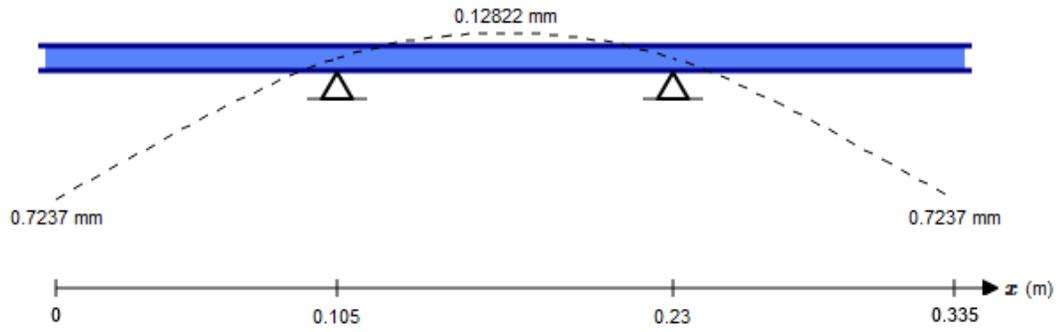


Figura A.3: Deflexión de las guías.

Por último se desea calcular el factor de seguridad para las guías. Este se calcula utilizando la ecuación A.3 y posteriormente se utilizan las propiedades del material y la ecuación A.4 para averiguar el factor de seguridad.

$$\sigma_V = (\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{A.3})$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma_V} \quad (\text{A.4})$$

$$A = 2cb = 2 * 0.000665 * 0.030 = 3.99 \times 10^{-4} m^2 \quad (\text{A.5})$$

Donde b es el espesor de la pieza y c la distancia máxima desde el eje neutro.

$$I = \frac{8bc^3}{12} = \frac{8 * 0.030 * 0.00665^3}{12} = 5.88 \times 10^{-9} m^4 \quad (\text{A.6})$$

$$\sigma_x = \frac{My}{I} = \frac{0.170 * 0.00665}{5.88 \times 10^{-9}} = 192 KPa \quad (\text{A.7})$$

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{3.235}{3.99 \times 10^{-4}} = 8.11 KPa \quad (\text{A.8})$$

Introduciendo los valores de las ecuaciones A.7 y A.8 en la ecuación A.3 se obtiene un esfuerzo de Von Mises es de 0.021 MPa en el eje neutro y se obtiene un factor de seguridad

de 14761 como se muestra en las ecuaciones A.9 y A.10.

$$\sigma_V = (0.192^2 - 0 + 0^2 + 3 * 0.00811^2)^{\frac{1}{2}} = 0.021 MPa \quad (A.9)$$

$$n = \frac{310}{0.021} = 14761 \quad (A.10)$$

## A.2 Cálculos para el soporte del pistón

En caso del soporte para el pistón pasa algo similar, la deflexión no debe ser mayor a 1.9 mm que equivale a los 2 mm del tope teniendo en cuenta una posible disminución de 0.1 mm debido a las tolerancias del tope y de la fabricación. El mismo procedimiento es seguido para encontrar la deflexión en el centro del soporte, que es donde se encuentra alineado el tope. En la Figura A.4 se muestra el diagrama de cuerpo libre, seguido de la Figura A.5 donde se observan los diagramas de cortante y momento del soporte. Por último se vuelven a utilizar las ecuaciones A.1 y A.2 para obtener los valores de ángulos y deflexión y el resultado de interés se muestra en la Figura A.6.

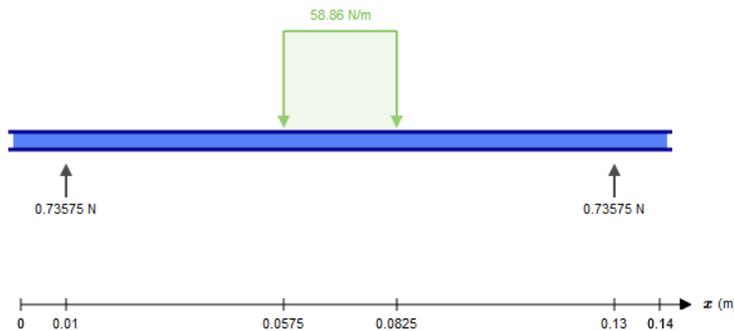


Figura A.4: Diagramas de cortante y momento de la guía.

Para obtener estos valores deseados se vuelven a calcular los valores de esfuerzos de las ecuaciones A.7 y A.8.

$$A = 2 * 0.0005 * 0.015 = 1.5 \times 10^{-5} m^2 \quad (A.11)$$

$$I = \frac{8 * 0.015 * 0.005^3}{12} = 1.25^{-11} m^4 \quad (A.12)$$

$$\sigma_x = \frac{0.0349 * 0.0005}{1.25^{-11}} = 1.396 MPa \quad (A.13)$$

$$\tau = \frac{0.736}{1.5 * 10^{-5}} = 49.067 KPa \quad (A.14)$$

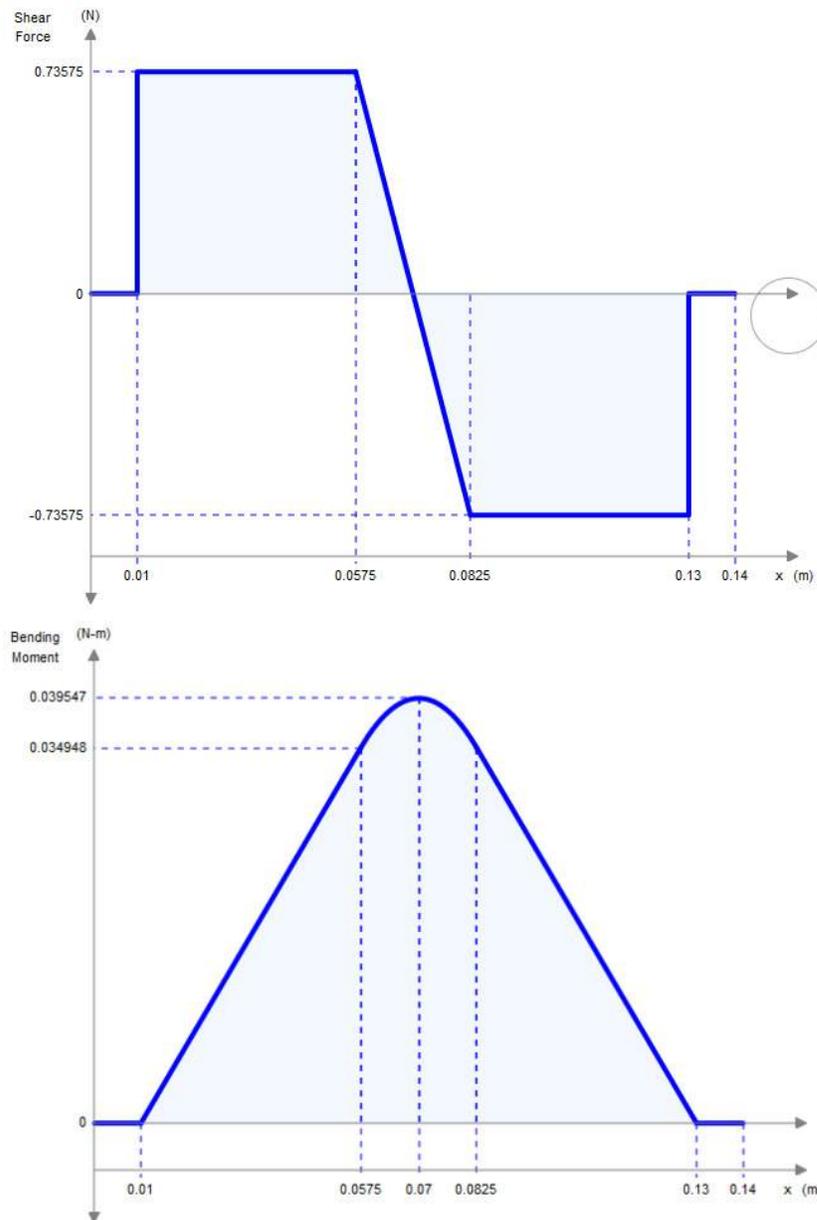


Figura A.5: Diagramas de cortante y momento del soporte del pistón.

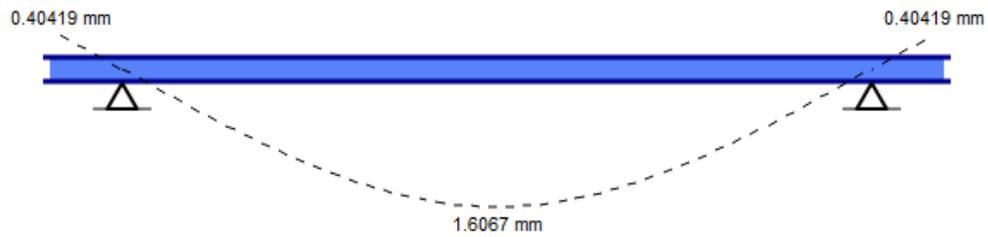


Figura A.6: Deflexión del soporte del pistón.

El esfuerzo de Von Mises para esta parte es de 0.038 MPa respecto al eje neutro, con los valores correspondientes en las ecuaciones A.13 y A.14 y tiene un factor de seguridad de 8157 y esto se muestra en las ecuaciones A.15 y A.16

$$\sigma_V = (1.396^2 - 0 + 0^2 + 3 * 0.0491^2)^{\frac{1}{2}} = 0.038 MPa \quad (A.15)$$

$$n = \frac{310}{0.038} = 8157 \quad (A.16)$$

### A.3 Cálculos del soporte de las guías

En este caso se realizan los cálculos con el fin de conocer cuál es la deflexión al punto medio del soporte de las guías. Con la información que se obtuvo de la deflexión del soporte del pistón se toman las medidas para realizar los ajustes en las dimensiones del tope, con el fin de dejar el tope lo más cercano a la medida original de 2 mm.

Nuevamente, se utiliza la metodología anterior para el cálculo de la deflexión. En la Figura A.7 se muestra el diagrama de cuerpo libre para los soportes de las guías, con el cual se derivan los diagramas de cortante y momento que se observan en la Figura A.2. Adicionalmente, al seguir el mismo procedimiento se puede obtener la deflexión del soporte y esta se muestra en la Figura A.9.

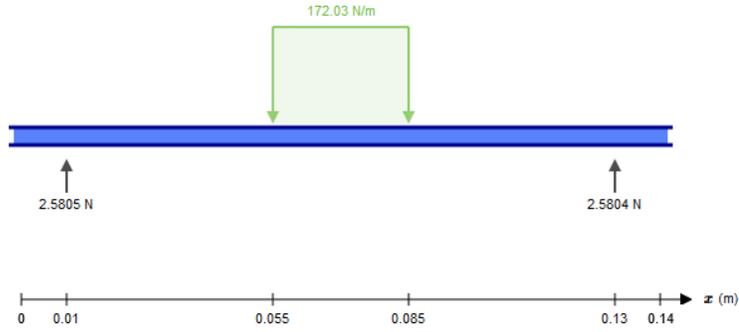


Figura A.7: Diagramas de cuerpo libre del soporte de la guía.

$$A = 2 * 0.010 * 0.000635 = 6.35x10^{-5}m^2 \quad (A.17)$$

$$I = \frac{8 * 0.010 * 0.000635^3}{12} = 1.707x10^{-12}m^4 \quad (A.18)$$

$$\sigma_x = \frac{0.116 * 0.000635}{1.707x10^{-12}} = 43.152MPa \quad (A.19)$$

$$\tau = \frac{2.580}{6.35x10^{-5}} = 40.630KPa \quad (A.20)$$

Con los resultados en las ecuaciones A.19 y A.20, se calcula el esfuerzo de Von Mises para este soporte, con un resultado de 0.015 MPa, para concluir en un factor de seguridad de 20666 como se puede observar en las ecuaciones A.21 y A.22 respectivamente.

$$\sigma_V = (43.152^2 - 0 + 0^2 + 3 * 0.0406^2)^{\frac{1}{2}} = 0.015MPa \quad (A.21)$$

$$n = \frac{310}{0.015} = 20666 \quad (A.22)$$

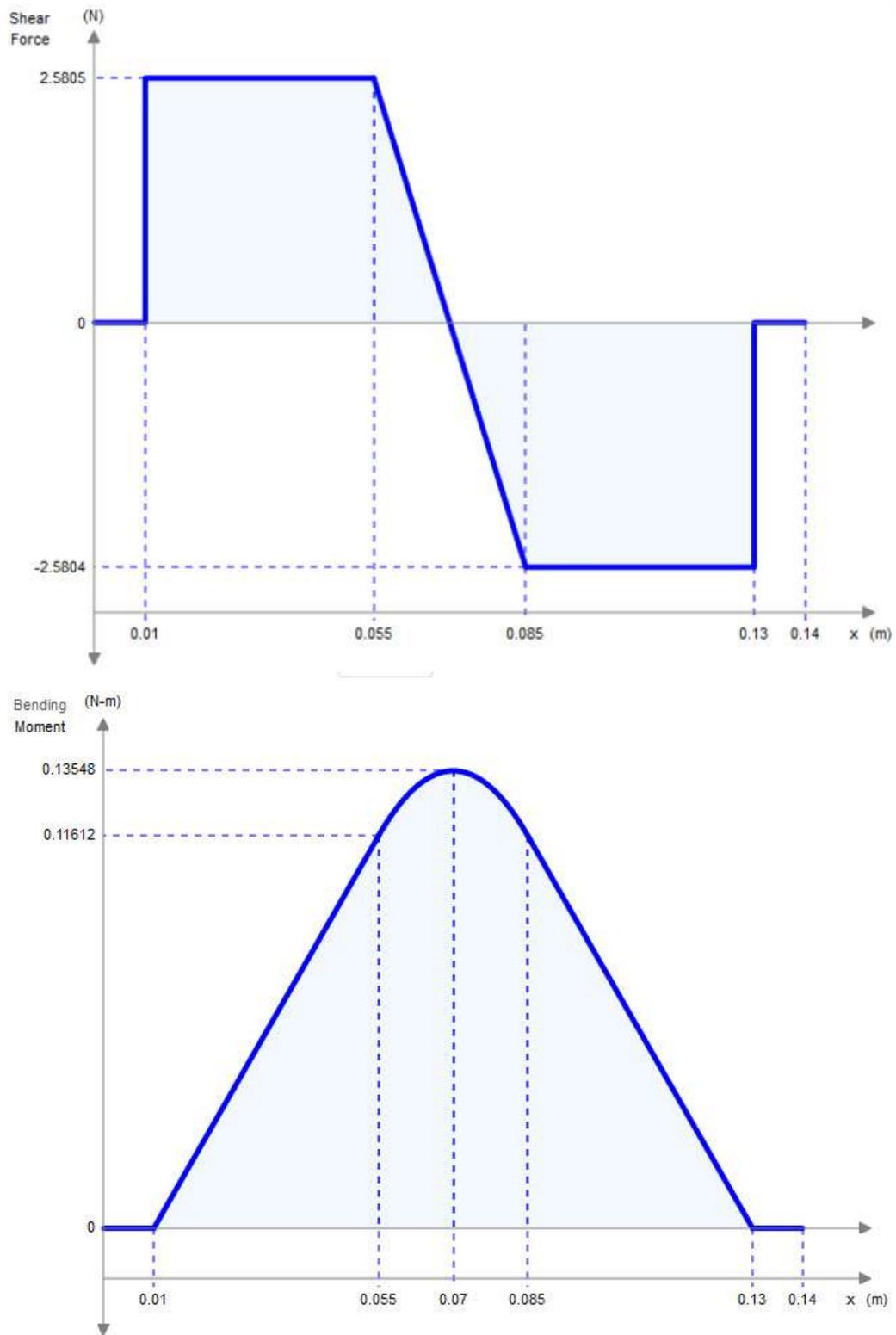


Figura A.8: Diagramas de cortante y momento del soporte de la guía.

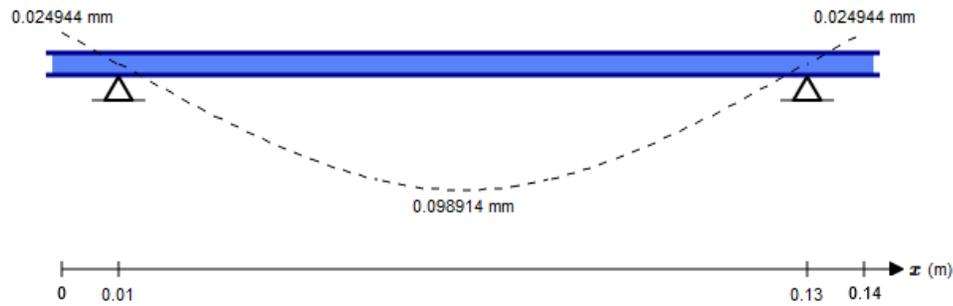


Figura A.9: Deflexión del soporte de la guía.

## A.4 Cálculos de las columnas de soporte

Las cuatro columnas que acoplan los soportes de las guías no deben pandearse de manera que afecte la tolerancia del resto de la estructura. Las columnas tienen los siguientes valores:

- Longitud = 60.35 mm
- Área transversal = 400  $mm^2$
- Distancia máxima al eje neutro = 10 mm
- Excentricidad = 0 mm
- Segundo momento de área = 13333.33  $mm^4$
- Módulo de elasticidad de los aceros = 200 GPa
- Resistencia a la fluencia = 310 MPa
- Fuerza aplicada = 11.69 N

Las columnas se analizan con uno de sus extremos libres (donde se aplica la fuerza) y uno completamente fijo. La ecuación A.23 es la que se utiliza para calcular la fuerza en la que esta columna fallaría, al comparar este valor con la fuerza aplicada por el peso de la estructura se puede encontrar el valor del factor de seguridad.

$$F_{critical} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad (A.23)$$

$$F_{critical} = \frac{\pi^2 200 \times 10^9 * 1.33 \times 10^{-8}}{(2 * 0.0604)^2} = 121654 N \quad (A.24)$$

La fuerza crítica para hacer fallar estas columnas es de 121654 N y al comparar con la fuerza aplicada de 11.69 N se obtiene un valor de factor de seguridad de 10406 según la ecuación A.25

$$n = \frac{121654}{11.69} = 10406 \quad (A.25)$$

# Apéndice B

## Pruebas de medición de los productos de referencia

A continuación se muestra el desglose de las pruebas de medición de los productos de referencia.

**Tabla B.1:** Resultados de la prueba de medición del producto 4120-1-471

	# de Prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10
Prueba 1 (s)	Prueba en línea	3.43	3.38	3.42	3.43	3.38	3.42	3.44	3.37	3.48	3.41	3.42
	Prueba en aplicación	3.16	3.21	3.19	3.18	3.20	3.15	3.20	3.19	3.23	3.20	3.25
Prueba 2 (s)	Prueba en línea	3.42	3.40	3.38	3.32	3.33	3.44	3.44	3.32	3.46	3.40	3.39
	Prueba en aplicación	3.12	3.19	3.11	3.10	3.09	3.13	3.01	3.15	3.13	3.15	3.13
Prueba 3 (s)	Prueba en línea	3.36	3.42	3.36	3.29	3.39	3.41	3.39	3.55	3.51	3.56	3.46
	Prueba en aplicación	3.17	3.11	3.22	3.21	3.17	3.24	3.01	3.19	3.23	3.20	3.13
Prueba 4 (s)	Prueba en línea	3.36	3.21	3.36	3.29	3.39	3.22	3.19	3.33	3.30	3.26	3.46
	Prueba en aplicación	3.15	3.06	3.08	3.16	3.09	3.12	3.12	3.16	3.18	3.12	3.13
Prueba 5 (s)	Prueba en línea	3.40	3.41	3.49	3.58	3.51	3.60	3.48	3.56	3.38	3.46	3.41
	Prueba en aplicación	3.17	3.30	3.23	3.28	3.21	3.29	3.19	3.20	3.25	3.19	3.26

**Tabla B.2:** Resultados de la prueba de medición del producto 4116-1-104

	# de Prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10
Prueba 1 (s)	Prueba en línea	3.53	3.53	3.42	3.39	3.40	3.41	3.39	3.44	3.30	3.46	3.50
	Prueba en aplicación	3.33	3.28	3.07	3.36	3.35	2.91	3.15	3.29	3.01	3.39	3.33
Prueba 2 (s)	Prueba en línea	3.43	3.50	3.38	3.32	3.40	3.53	3.37	3.43	3.35	3.51	3.44
	Prueba en aplicación	3.46	3.28	3.49	3.33	3.51	3.37	3.42	3.39	3.34	3.25	3.38
Prueba 3 (s)	Prueba en línea	3.39	3.50	3.49	3.48	3.56	3.52	3.57	3.55	3.42	3.57	3.61
	Prueba en aplicación	2.99	3.10	3.01	3.00	2.97	3.03	3.08	2.94	2.92	3.09	3.10
Prueba 4 (s)	Prueba en línea	3.45	3.36	3.47	3.46	3.50	3.31	3.35	3.41	3.36	3.37	3.40
	Prueba en aplicación	3.36	3.34	3.35	3.39	3.19	3.33	3.26	3.40	3.35	3.38	3.25
Prueba 5 (s)	Prueba en línea	3.60	3.52	3.53	3.61	3.51	3.40	3.57	3.56	3.54	3.55	3.56
	Prueba en aplicación	3.24	2.95	3.02	3.32	3.30	3.37	3.40	3.40	3.20	3.32	2.94

**Tabla B.3:** Resultados de la prueba de medición del producto 4116-2-122

	# de Prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10
Prueba 1 (s)	Prueba en línea	5.72	5.66	5.64	5.62	5.71	5.49	5.68	5.67	5.76	5.69	5.57
	Prueba en aplicación	4.40	4.62	4.53	4.48	4.51	4.69	4.54	4.61	4.42	4.40	4.49
Prueba 2 (s)	Prueba en línea	5.39	5.45	5.61	5.59	5.43	5.33	5.29	5.40	5.35	5.51	5.55
	Prueba en aplicación	4.12	4.15	4.21	4.39	4.43	4.15	4.10	4.23	4.28	4.11	4.40
Prueba 3 (s)	Prueba en línea	5.70	5.67	5.66	5.80	5.69	5.77	5.74	5.66	5.68	5.61	5.72
	Prueba en aplicación	4.40	4.59	4.43	4.45	4.32	4.11	4.18	4.38	4.45	4.32	4.48
Prueba 4 (s)	Prueba en línea	5.52	5.50	5.46	5.59	5.56	5.61	5.45	5.71	5.66	5.61	5.52
	Prueba en aplicación	4.57	4.20	4.60	4.52	4.13	4.40	4.42	4.51	4.51	4.38	4.34
Prueba 5 (s)	Prueba en línea	5.59	5.35	5.39	5.51	5.49	5.42	5.48	5.51	5.44	5.61	5.55
	Prueba en aplicación	4.56	4.56	4.69	4.69	4.44	4.40	4.41	4.63	4.60	4.44	4.39

**Tabla B.4:** Resultados de la prueba de medición del producto 4116-2-474

	# de Prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10
Prueba 1 (s)	Prueba en línea	5.68	5.77	5.65	5.91	5.73	5.72	5.64	5.69	5.75	5.76	5.77
	Prueba en aplicación	4.70	4.84	4.73	4.88	4.39	4.58	4.72	4.93	4.78	4.94	4.85
Prueba 2 (s)	Prueba en línea	5.87	5.66	5.92	5.91	5.69	5.92	5.88	5.77	5.66	5.71	5.73
	Prueba en aplicación	4.45	4.34	4.67	4.65	4.67	4.53	4.42	4.49	4.46	4.56	4.60
Prueba 3 (s)	Prueba en línea	5.74	5.71	5.78	5.79	5.76	5.78	5.68	5.80	5.70	5.73	5.92
	Prueba en aplicación	4.68	4.54	4.60	4.66	4.47	4.69	4.62	4.82	4.68	4.91	4.80
Prueba 4 (s)	Prueba en línea	5.80	5.88	5.65	5.88	5.80	5.66	5.71	5.66	5.87	5.65	5.83
	Prueba en aplicación	4.46	4.31	4.21	4.58	4.62	4.27	4.43	4.53	4.33	4.44	4.53
Prueba 5 (s)	Prueba en línea	5.77	5.80	5.81	5.82	5.87	5.87	5.81	5.75	5.85	5.89	5.82
	Prueba en aplicación	4.76	4.79	4.83	4.70	4.84	4.68	4.53	4.67	4.58	4.49	4.75

**Tabla B.5:** Resultados de la prueba de medición del producto 4116-3-221/331

	# de Prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10
Prueba 1 (s)	Prueba en línea	5.79	5.55	5.89	5.67	5.88	5.61	5.80	5.66	5.90	5.67	5.84
	Prueba en aplicación	5.13	5.06	5.07	5.20	5.21	5.10	5.12	5.16	5.09	5.06	5.11
Prueba 2 (s)	Prueba en línea	5.66	5.74	5.87	5.80	5.75	5.59	5.76	5.77	5.53	5.66	5.86
	Prueba en aplicación	5.66	5.43	5.6	5.45	5.42	5.38	5.76	5.61	5.42	5.66	5.62
Prueba 3 (s)	Prueba en línea	5.96	5.78	5.81	5.86	5.89	5.72	5.84	5.87	5.84	5.83	5.74
	Prueba en aplicación	5.32	5.34	5.2	5.31	5.29	5.33	5.32	5.13	5.32	5.21	5.29
Prueba 4 (s)	Prueba en línea	5.7	5.57	5.62	5.67	5.86	5.54	5.88	5.64	5.89	5.67	5.62
	Prueba en aplicación	5.27	5.25	5.44	5.25	5.26	5.31	5.45	5.26	5.34	5.31	5.32
Prueba 5 (s)	Prueba en línea	5.83	5.52	5.74	5.79	5.67	5.81	5.67	5.71	5.81	5.72	5.81
	Prueba en aplicación	5.23	5.34	5.12	5.25	5.08	5.07	5.30	5.18	5.15	5.08	5.35

## Apéndice C

Manual de usuario para la aplicación  
de control y adquisición de datos

**Aplicación de control y adquisición de datos para  
el sistema de pruebas de redes de resistencias  
de Bourns**

**Manual de usuario**

---

Version 1.0

22/11/2021

## Tabla de Contenidos

<b>1. Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Resumen.....</b>	<b>4</b>
2.1 Precauciones .....	4
<b>3. Primeros Pasos.....</b>	<b>5</b>
3.1 Consideraciones de configuración del sistema .....	5
3.2 Navegación y organización del sistema.....	5
3.3 Salida del Sistema .....	5
<b>4. Utilizando la aplicación .....</b>	<b>6</b>
4.1 Pasos.....	6
4.1.1 Ejecución del programa .....	6
4.1.2 Configuración inicial.....	6
4.1.3 Ejecución de las pruebas.....	8
4.1.4 Cambio de las pruebas.....	10
<b>5. Solución de problemas y Soporte .....</b>	<b>11</b>
5.1 Mensajes de error .....	11
5.2 Conexión con equipos .....	11
5.3 Consideraciones adicionales .....	11
5.4 Soporte .....	11

---

## **1. Introducción**

---

Este manual de usuario de la aplicación de control y adquisición de datos para el sistema de pruebas de redes de resistencias de Bourns proporciona la información necesaria para que los usuarios en la línea de producción y el área de calidad lo utilicen. Esta aplicación fue desarrollada en LabVIEW y busca estandarizar el software utilizado a través de todas las estaciones de producción de los productos de redes de resistencias de Bourns.

---

## 2. Resumen

Este documento muestra capturas de pantalla para la mejor comprensión de los pasos para poder utilizar de manera adecuada la aplicación. La aplicación fue diseñada y probada en la versión de LabVIEW 2020 por lo que se recomienda utilizar esta versión. El usuario tendrá acceso al ejecutable de la aplicación, mientras que el personal de soporte técnico de la empresa tendrá el código fuente.

### 2.1 Precauciones

No se debe modificar el código base de la aplicación sin previo aviso, indistintamente de la razón, ya que no se puede asegurar un correcto funcionamiento. Cualquier modificación inhabilita la capacidad de brindar algún tipo de soporte al usuario. Recuerde que esta aplicación suele ser utilizada con equipo automático o semi-automático, por lo que se deben seguir las indicaciones de seguridad según cada equipo.

---

## 3. Primeros Pasos

---

### 3.1 Consideraciones de configuración del sistema

Se recomienda utilizar un monitor de al menos 1366x768p para la correcta visualización del simulador.

Es indispensable contar con los siguientes puntos para la ejecución del programa.

1. Licencias e instalación de LabVIEW, se recomienda la versión 2020.
2. Periféricos de la PC que le permitan interactuar con la interfaz de usuario (teclado y ratón).
3. El archivo ejecutable almacenado de forma local.

### 3.2 Navegación y organización del sistema

En el software LabVIEW se debe asegurar que no se haya ejecutado ningún programa anteriormente, y que no existan parámetros guardados en memoria.

### 3.3 Salida del Sistema

En cualquier momento, ya sea en la ventana de interfaz por medio del botón de salida del programa o en caso de error de la aplicación utilizando el administrador de tareas con CTRL+ALT+DEL y terminando el proceso de LabVIEW.

---

## 4. Utilizando la aplicación

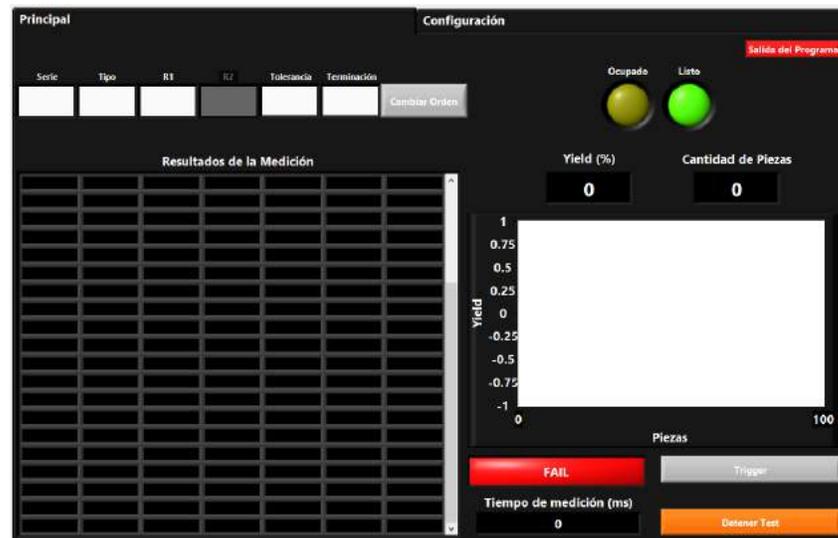
---

### 4.1 Pasos

Esta sección muestra como ejecutar de manera adecuada la aplicación para una prueba estándar.

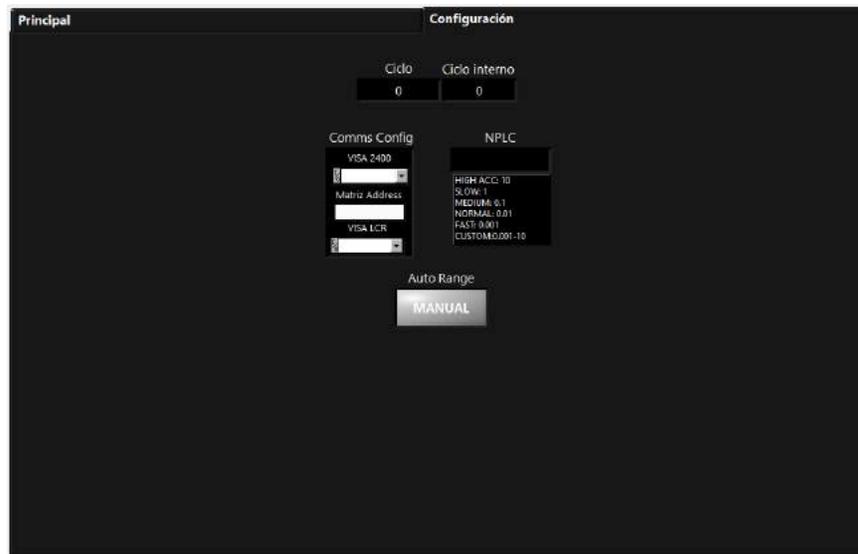
#### 4.1.1 Ejecución del programa

Abra el archivo ejecutable de la aplicación. Asegúrese de tener las licencias de LabVIEW correctamente actualizadas. Una vez abierto el archivo deberá ver una interfaz como la siguiente:



#### 4.1.2 Configuración inicial

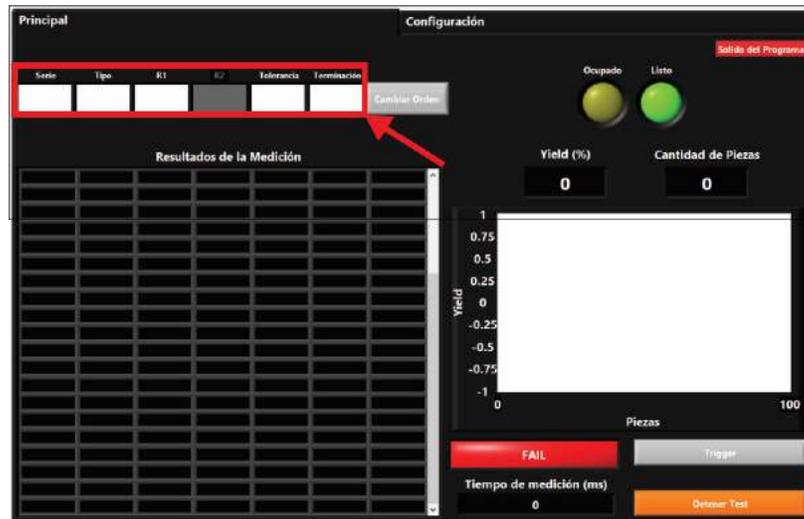
Primeramente, el usuario deberá ingresar la configuración de los equipos que desee. Para hacer esto se debe ir a la ventana de configuración haciendo clic en ella.



Cuando se halla ingresado esta información se debe volver a la ventana "Principal". De esta manera se puede iniciar con la configuración del producto a poner bajo las pruebas.

#### 4.1.3 Ejecución de las pruebas

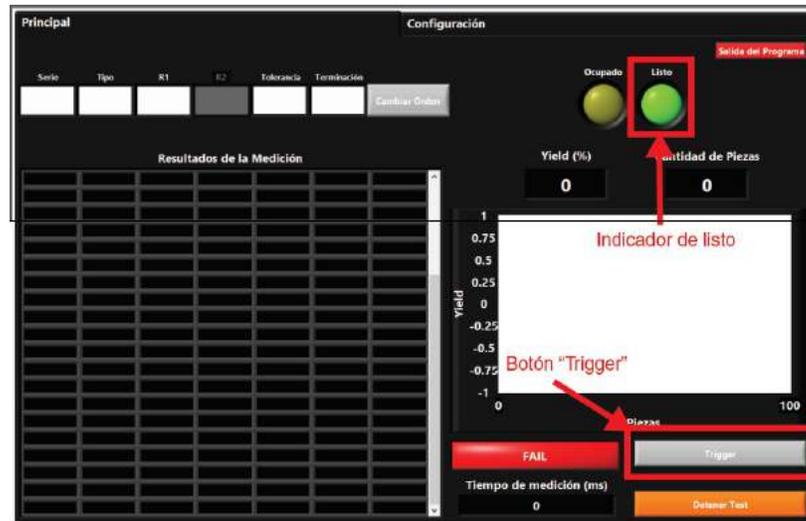
Una vez realizada la configuración inicial, se debe configurar la orden del producto a pasar por las pruebas. Para esto se deben rellenar las zonas correspondientes al código del producto.



Cuando se ingresan todos los datos se **debe** hacer clic en el botón "Cambiar Orden" de otra manera la aplicación no avanzaría a un estado para realizar las pruebas.

**NOTA:** Si el usuario indica valores fuera de la codificación de los productos que maneja la empresa, la aplicación entra en estado de error. Si se fuerza la medición en estado de error el sistema simplemente obvia la existencia de un producto y no realizaría ninguna medición, pero alteraría los parámetros del cálculo del "Yield".

Cuando el sistema está configurado el indicador “Listo” se enciende y esto indica que la aplicación esta lista para realizar las mediciones. Para iniciar una medición, asegúrese que el producto esté en la posición adecuada y presione el botón “Trigger”.





#### 4.1.4 Cambio de las pruebas

Si no se desea salir de la aplicación una vez terminadas las pruebas, sino que se desea cambiar el producto o se desea almacenar la información en archivos distintos esto se puede realizar si se han seguido los pasos hasta este punto.

**IMPORTANTE:** Si no se presiona el botón "Detener Test" no solo no se guardarán los datos, sino que también la aplicación queda en un ciclo de funcionamiento. Cuando la aplicación se encuentra en el ciclo de funcionamiento los cambios realizados en la configuración de la prueba no se verán reflejados en la lógica del programa, y se seguirá utilizando la lógica anterior.

Una vez que se presionó el botón de "Detener Test" se puede volver a ingresar el código del producto y/o cambiar la configuración de los equipos de ser necesario. Recuerde que es de suma importancia que se presione el botón "Cambiar Orden" antes de ejecutar las pruebas con el botón de "Trigger".

---

## 5. Solución de problemas y Soporte

---

### 5.1 Mensajes de error

En caso de surgir un mensaje de error la aplicación sale de su ciclo normal y se debe reiniciar para asegurar su correcto funcionamiento.

### 5.2 Conexión con equipos

En el caso de existir algún problema de conexión con los equipos siga los siguientes pasos:

1. Asegúrese que la interfaz fiscal entre los instrumentos y el computar sea adecuada (Si el protocolo utilizado es USB a GPIB asegúrese de estar utilizando el cable "GPIB-USB HS+" de NI)
2. Abra el programa NI MAX que viene con la instalación de LabVIEW y observe si los dispositivos son reconocidos por su computador en este software.
3. Si ninguna de las sugerencias anteriores soluciona el problema contacte a soporte de LabVIEW directamente.

### 5.3 Consideraciones adicionales

La aplicación se encuentra en un estado alfa de desarrollo, es decir, aún se espera encontrar pulgas y no es un producto final, por lo que no debería ser tratado como uno. La aplicación cumple con los objetivos de realizar las pruebas, pero se pronostican cambios en siguientes versiones.

### 5.4 Soporte

Si necesita algún tipo de soporte utilizando la aplicación puede enviar un correo a la siguiente dirección: (edugonveg@gmail.com) con el error o situación con el siguiente formato: Titulo (Aplicación de control y adquisición de datos) -> Etapa donde ocurre la situación-> descripción de la situación->Adjuntar captura de pantalla con la situación.

# Apéndice D

## Código de la aplicación en LabVIEW

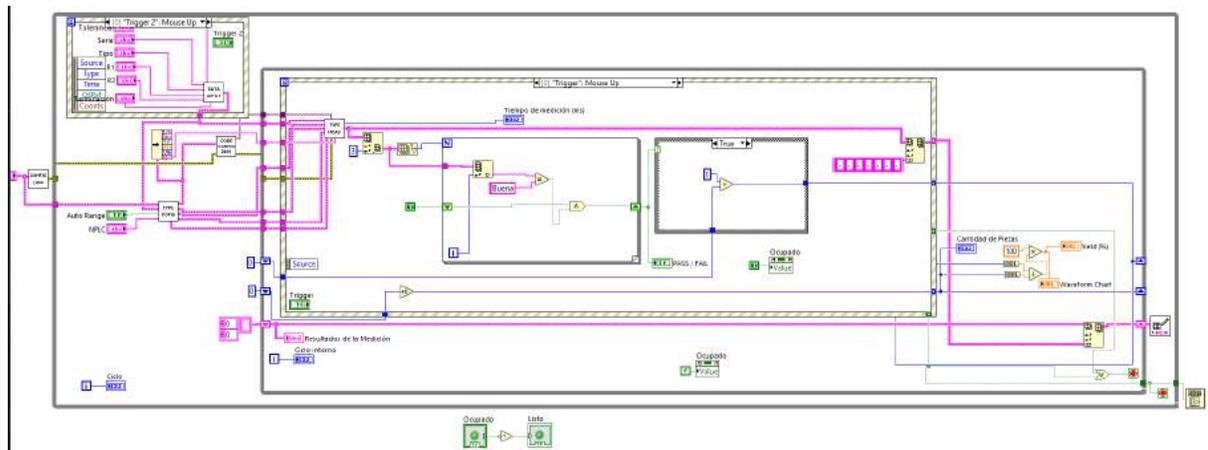


Figura D.1: Flujo de la aplicación completo con VIs personalizados.

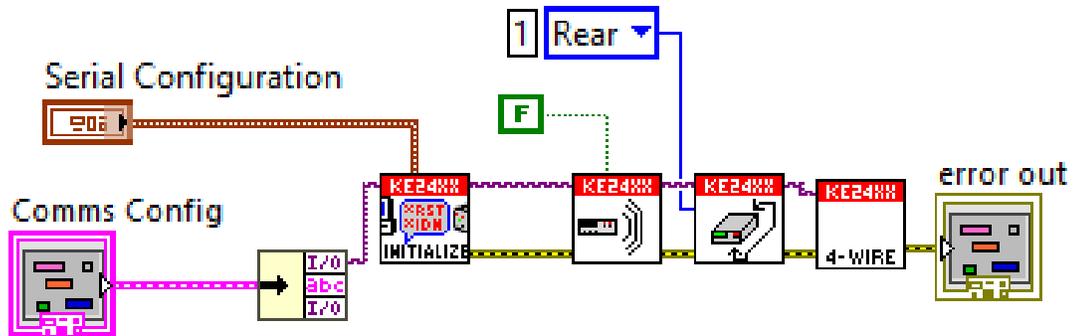


Figura D.2: Bloques para la configuración predeterminada de los equipos.

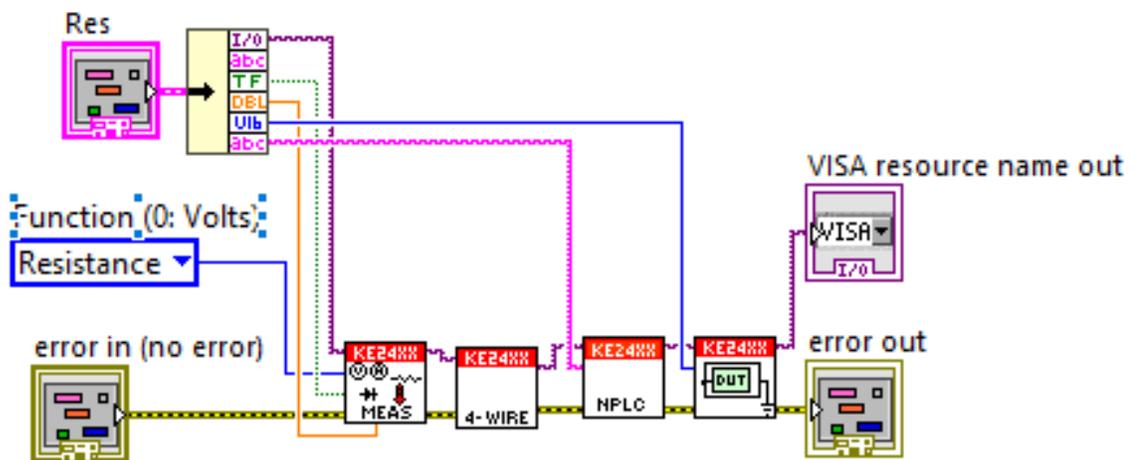


Figura D.3: Bloques para la configuración según código de los equipos.

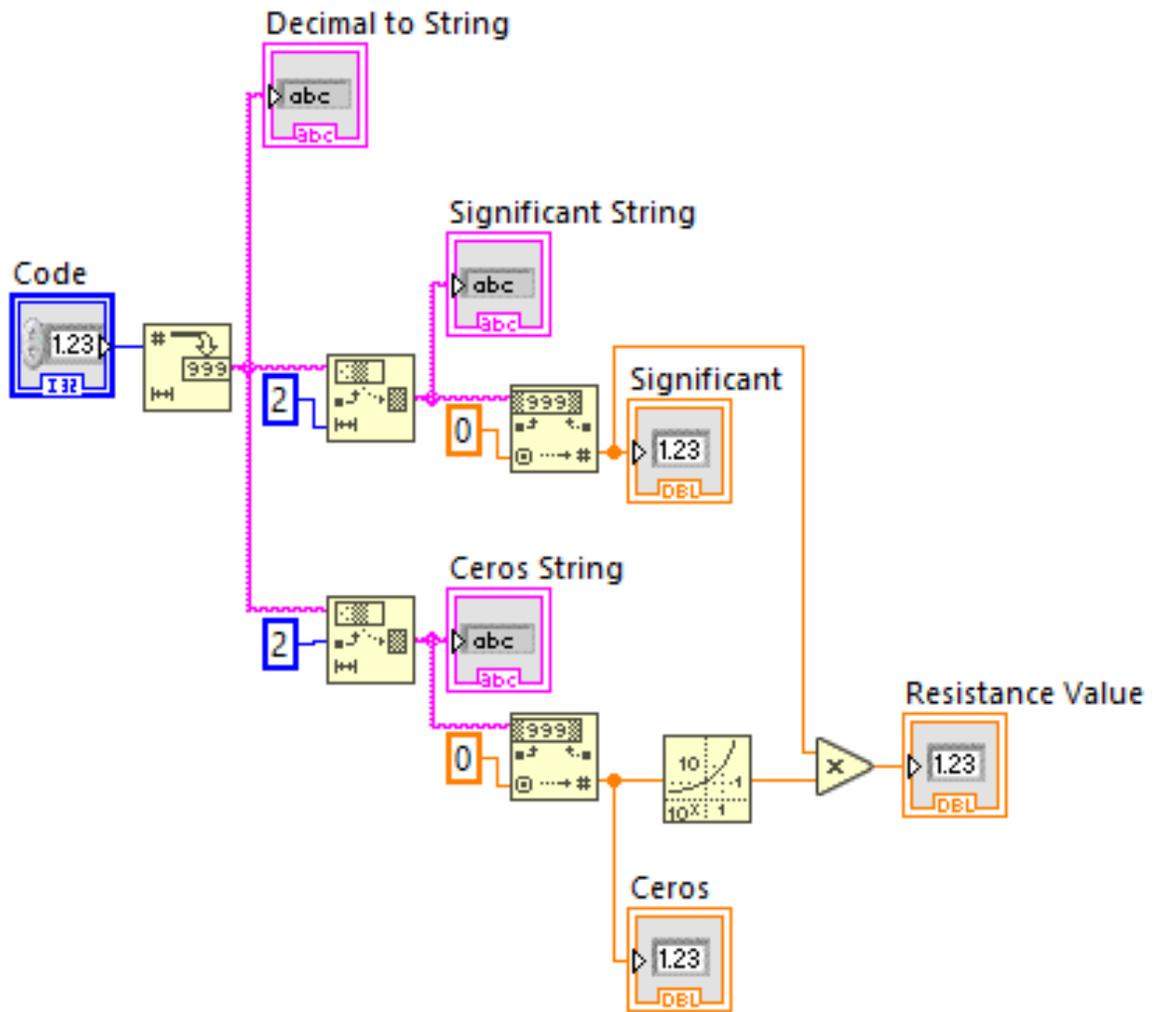


Figura D.4: Lógica de código de resistencia a valor real.

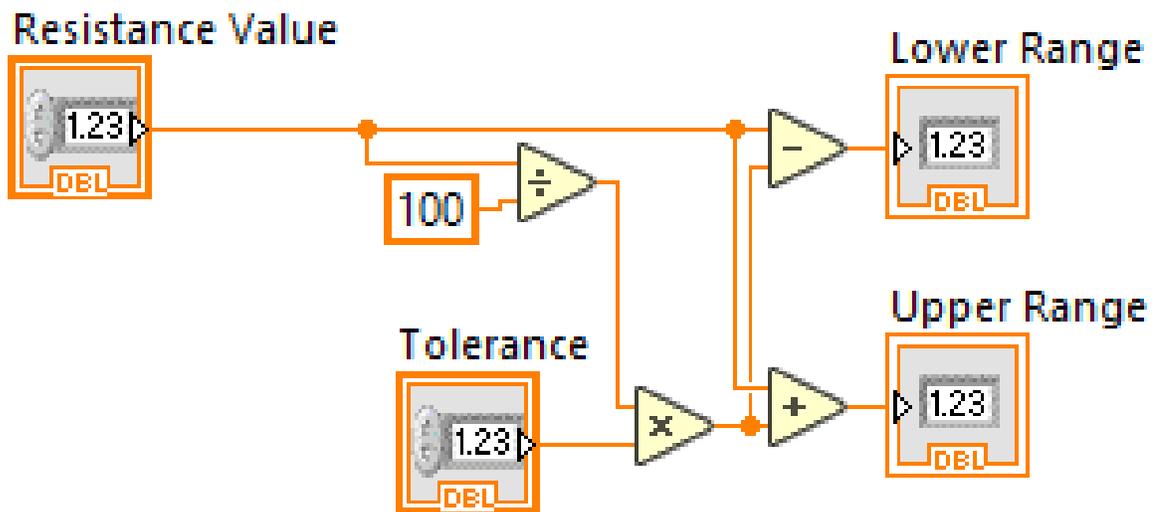


Figura D.5: Código de tolerancia a rango de valores.

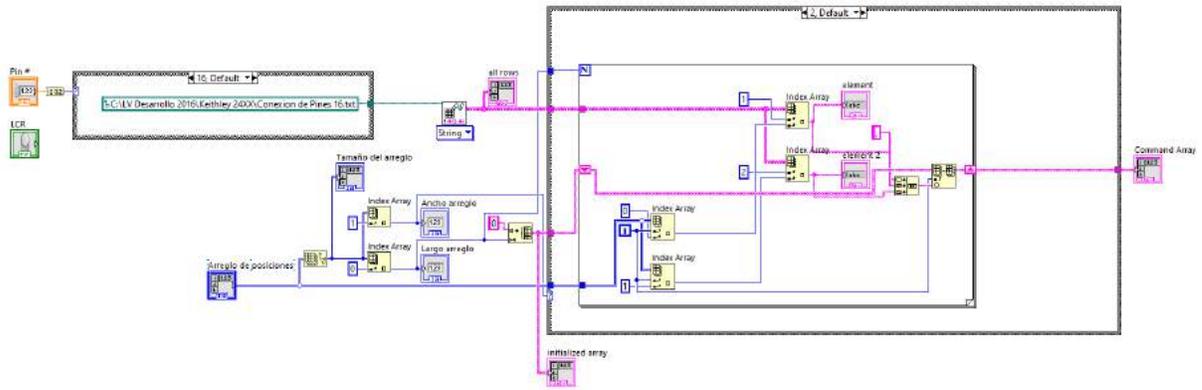


Figura D.6: Número de pines a generación de instrucciones.

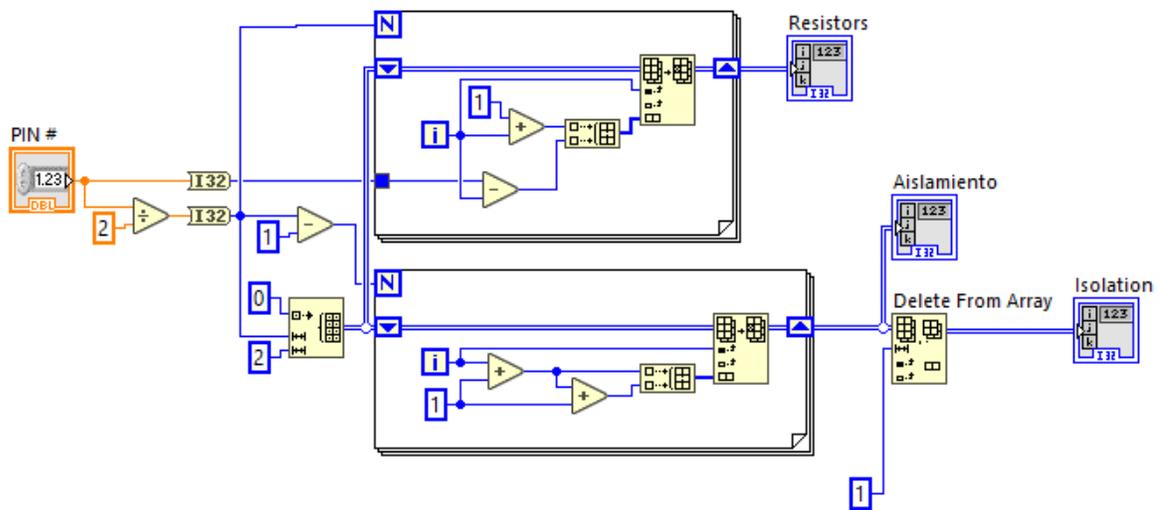


Figura D.7: Número de pines a receta para producto tipo 1.

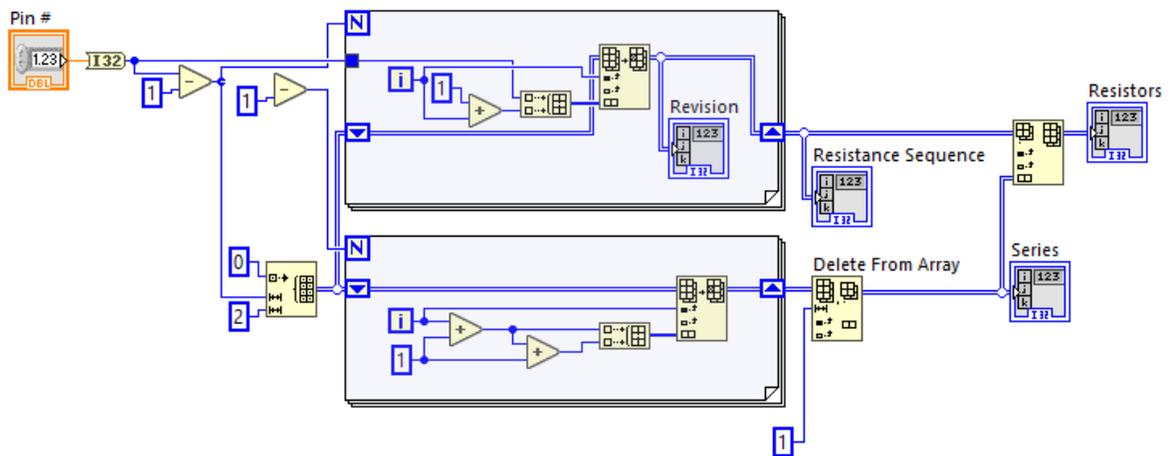


Figura D.8: Número de pines a receta para producto tipo 2.

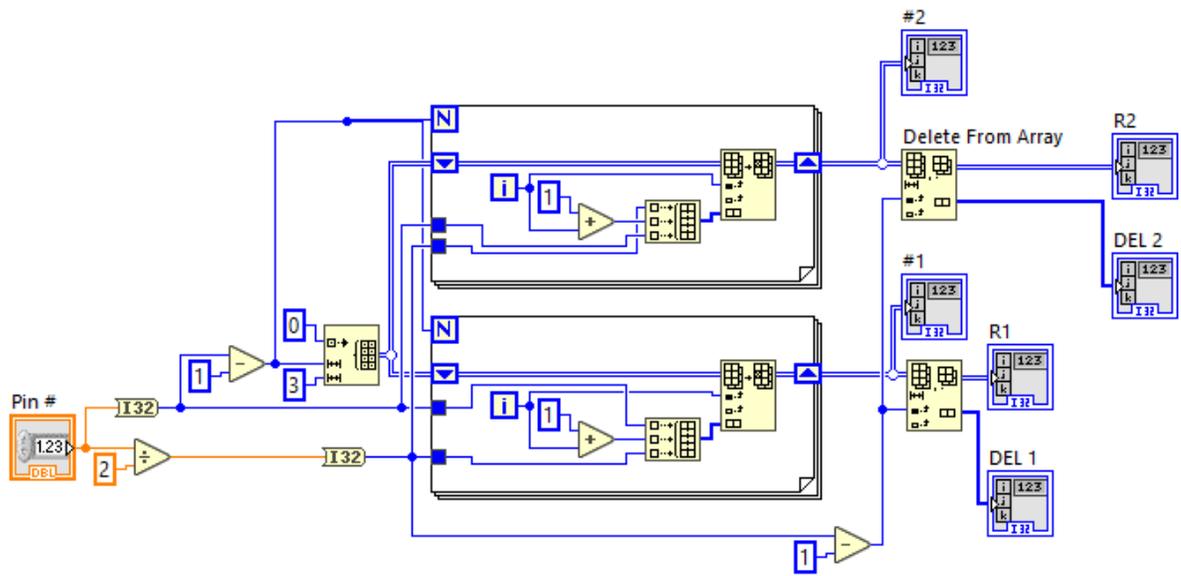


Figura D.9: Número de pines a receta para producto tipo 3.

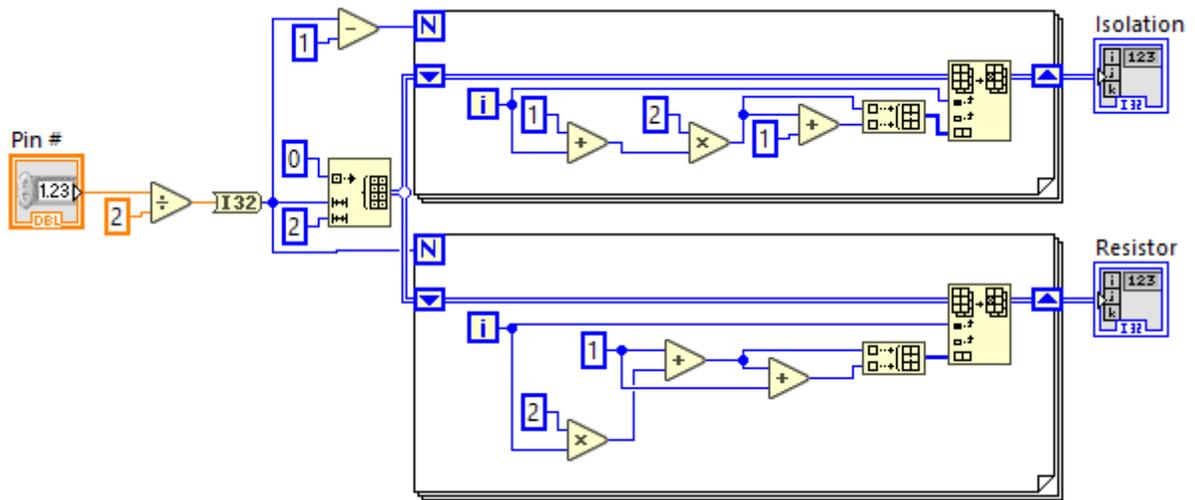


Figura D.10: Número de pines a receta para producto tipo 4.

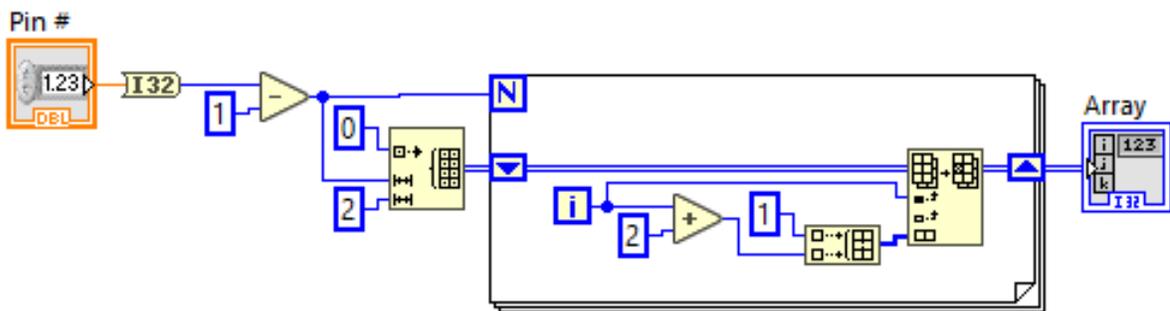


Figura D.11: Número de pines a receta para producto tipo 101.

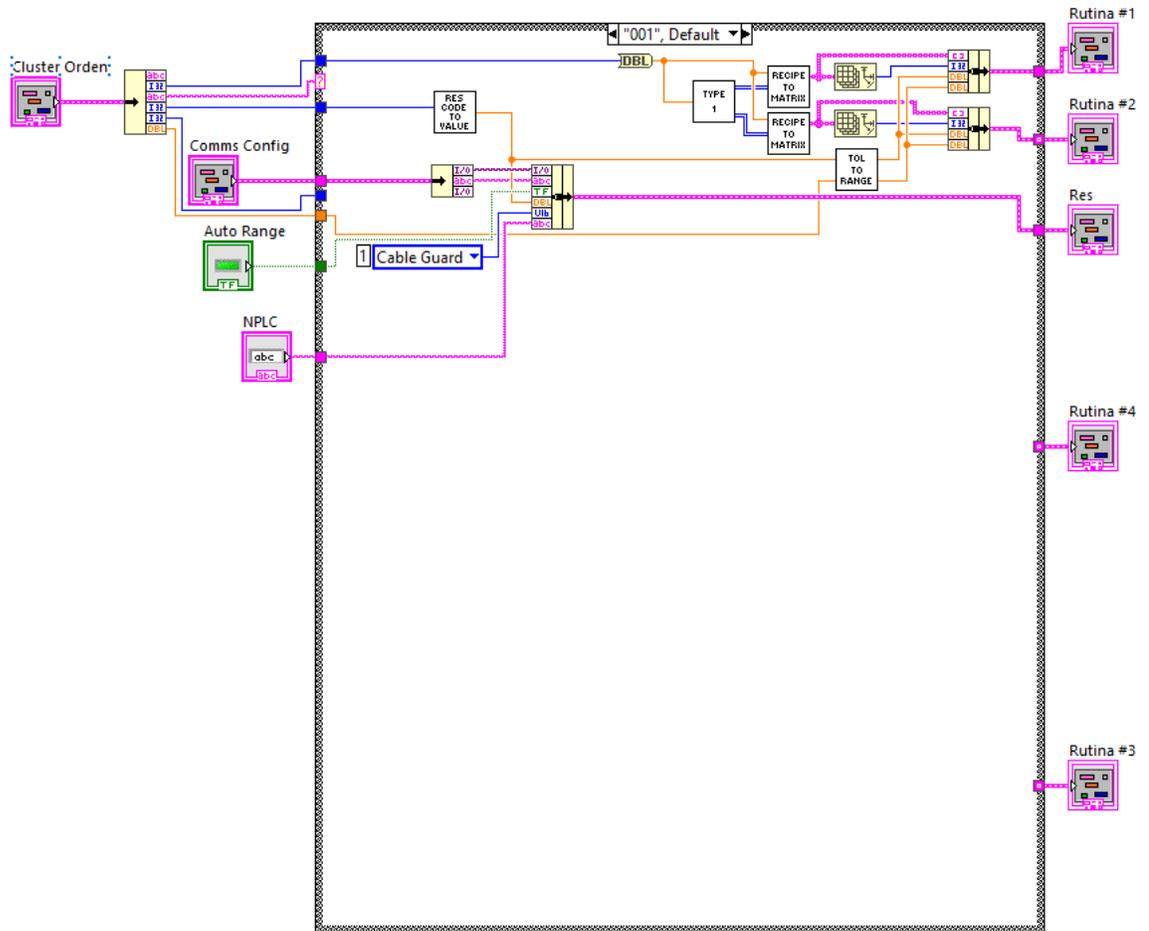


Figura D.12: Rutina de pruebas para producto tipo 1.

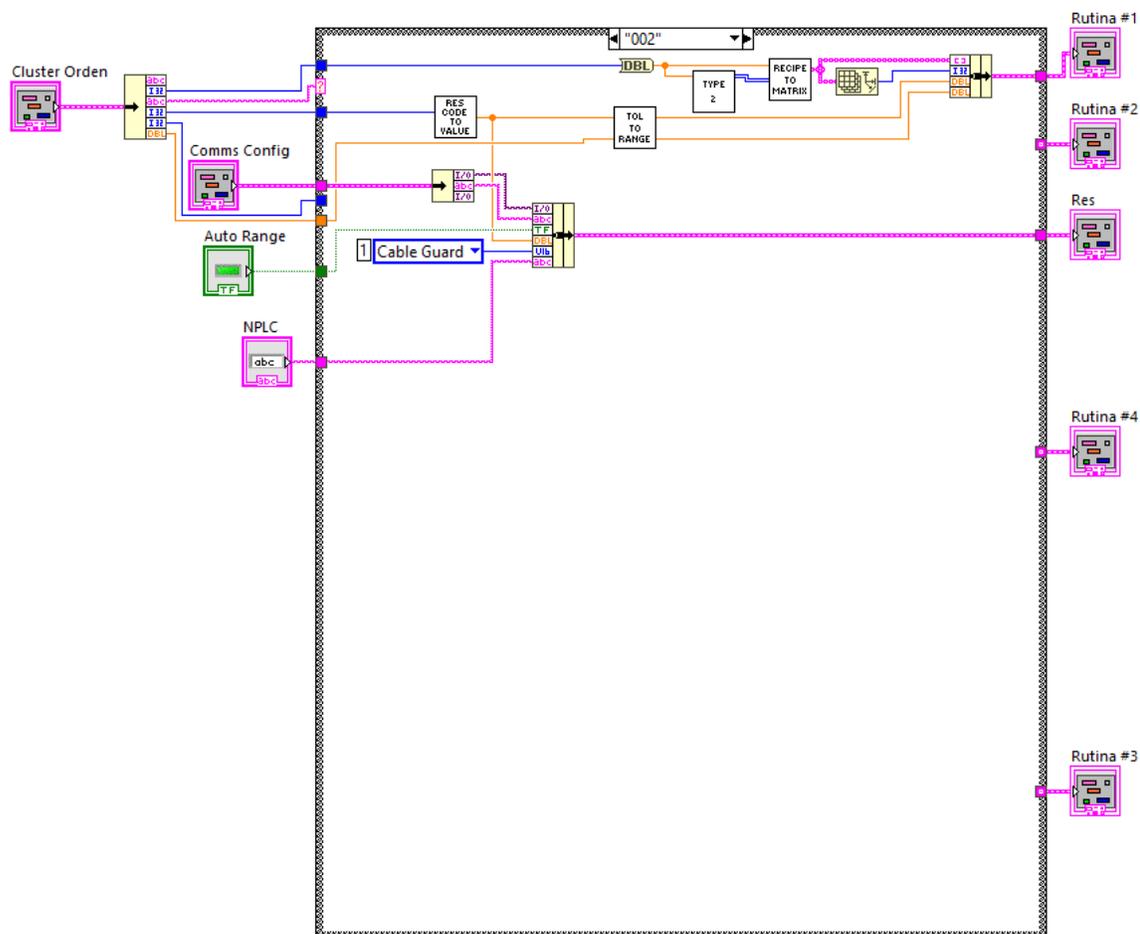


Figura D.13: Rutina de pruebas para producto tipo 2.

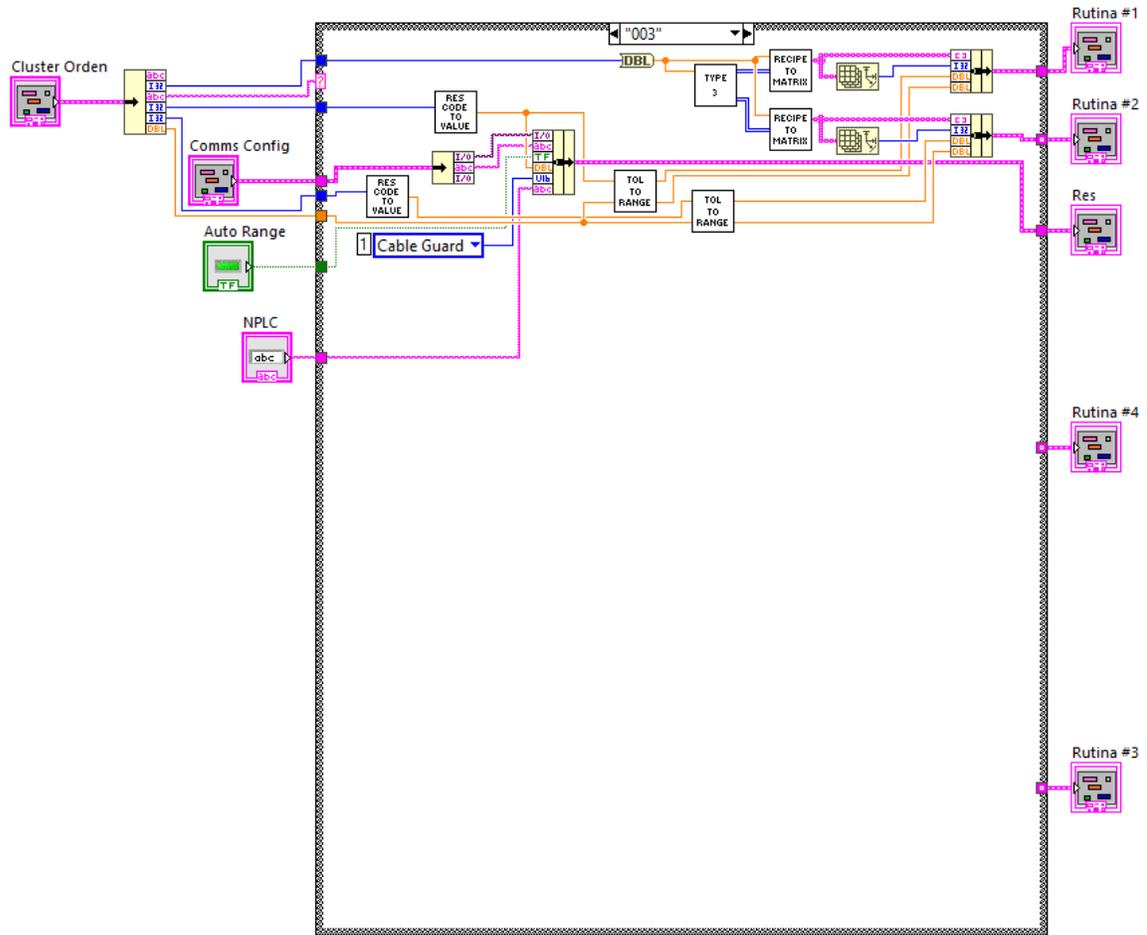


Figura D.14: Rutina de pruebas para producto tipo 3.

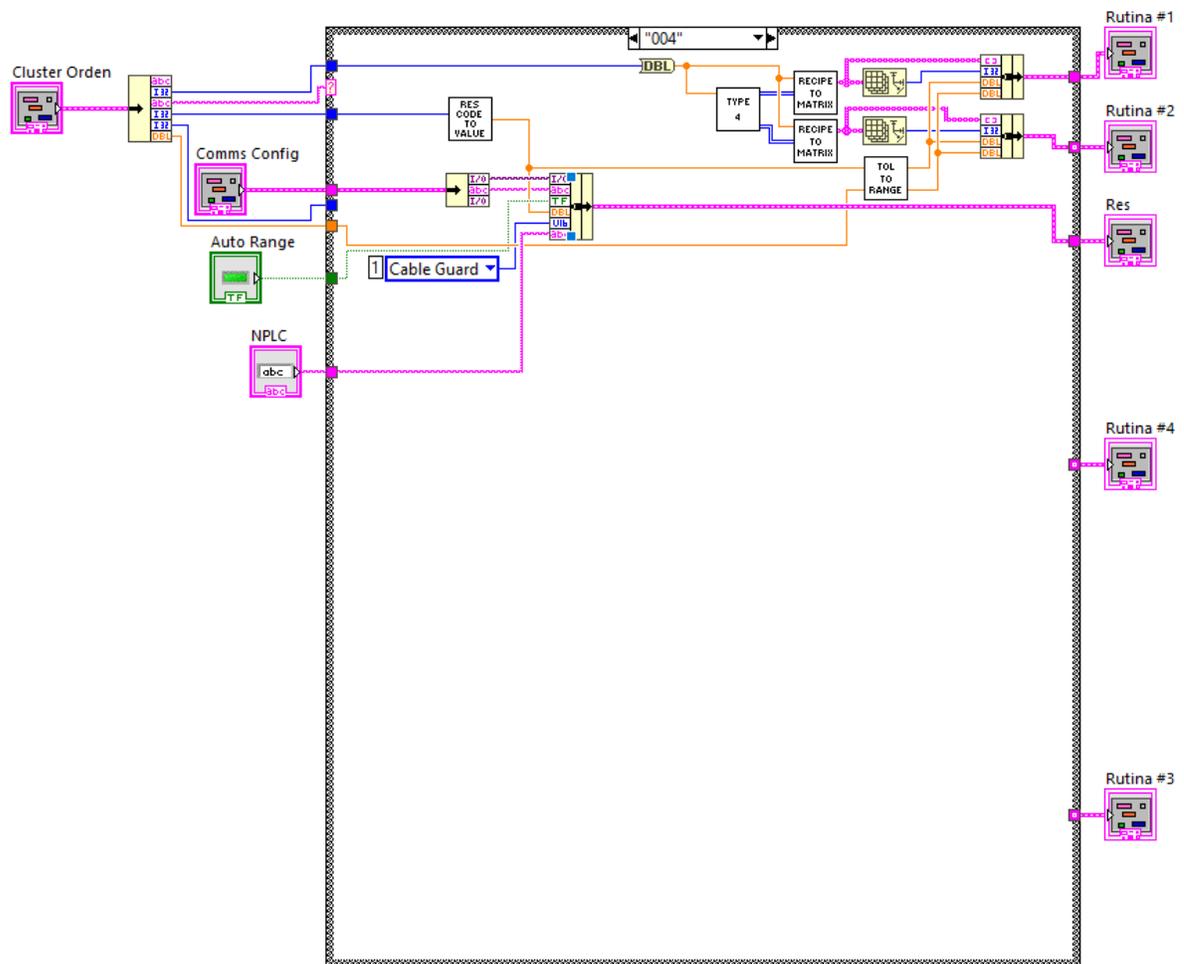


Figura D.15: Rutina de pruebas para producto tipo 4.

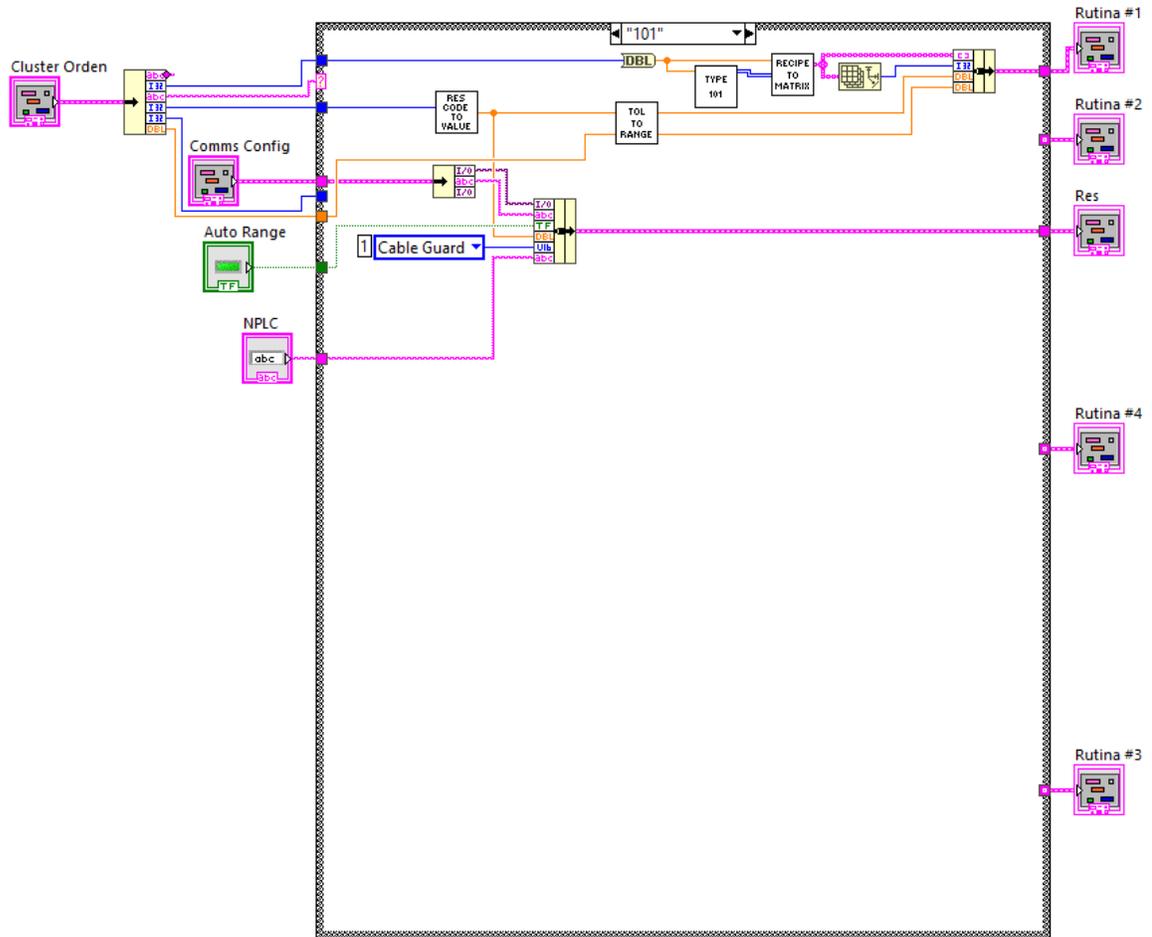


Figura D.16: Rutina de pruebas para producto tipo 101.

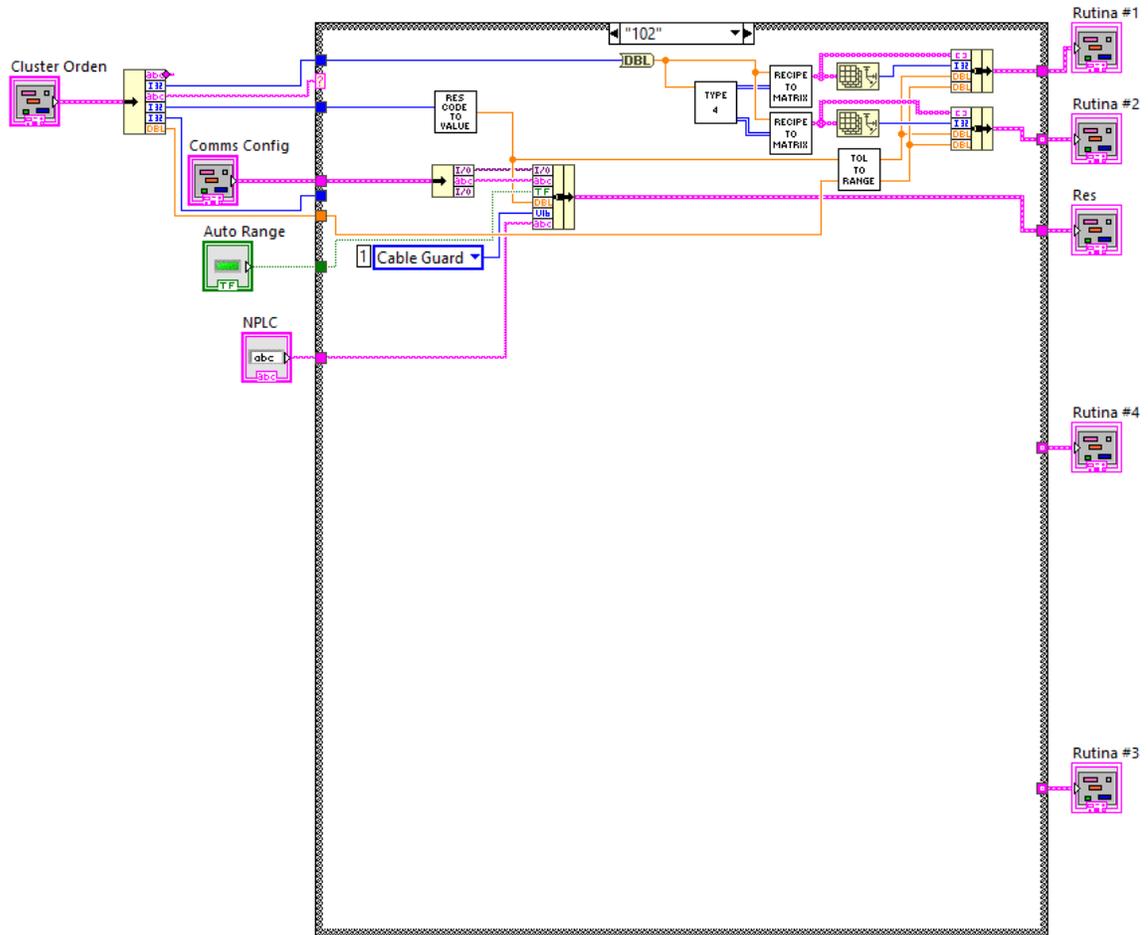


Figura D.17: Rutina de pruebas para producto tipo 102.

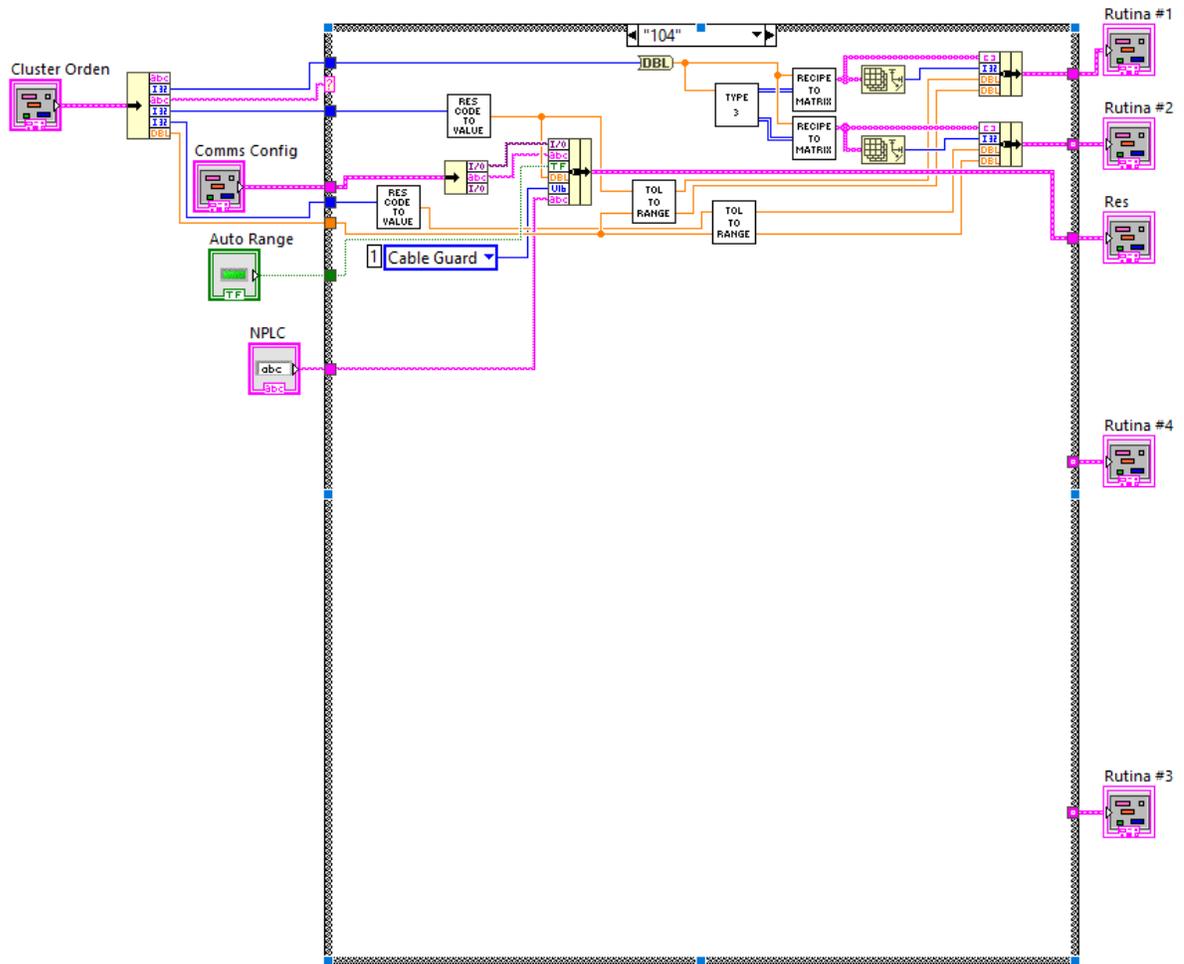


Figura D.18: Rutina de pruebas para producto tipo 104.

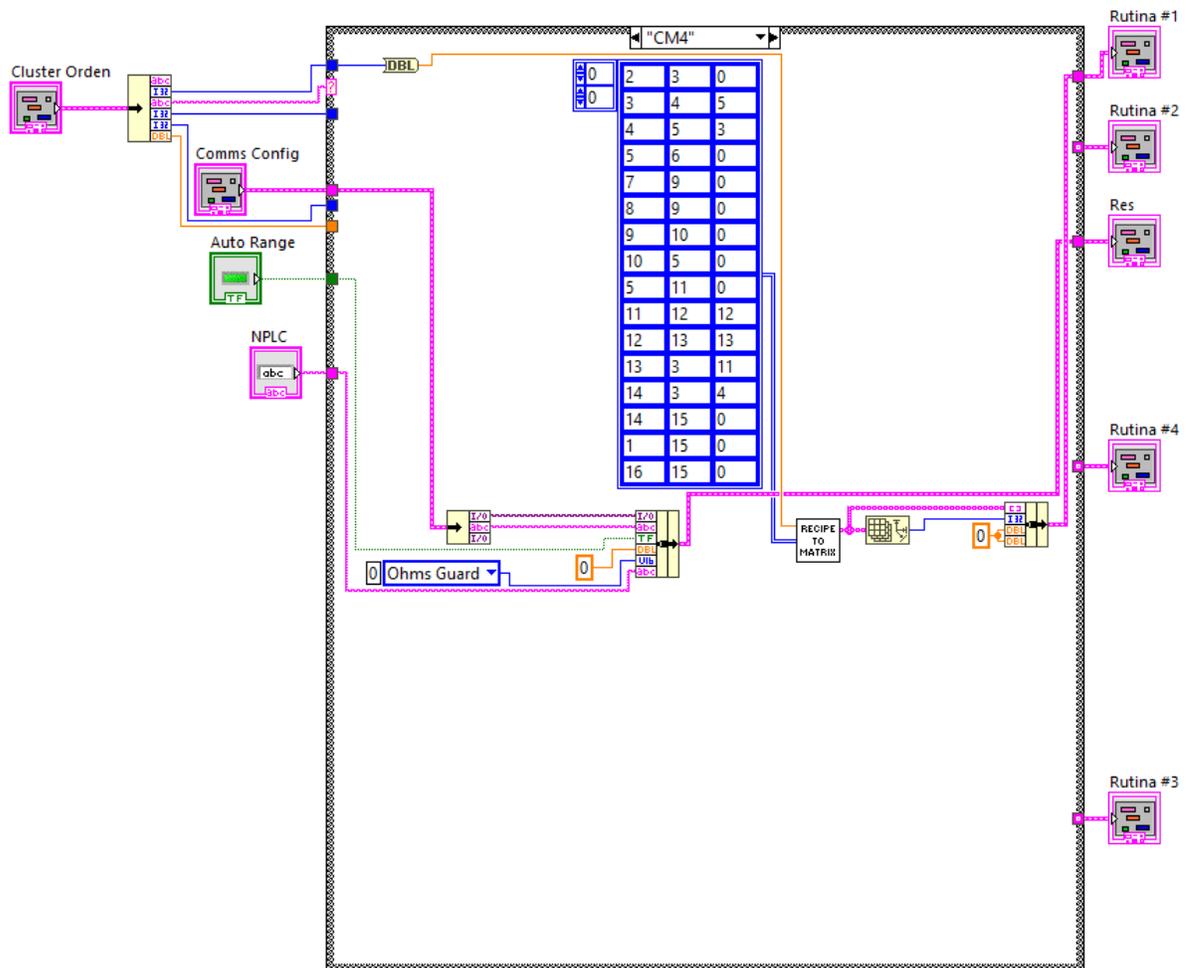


Figura D.19: Rutina de pruebas para producto tipo CM4.

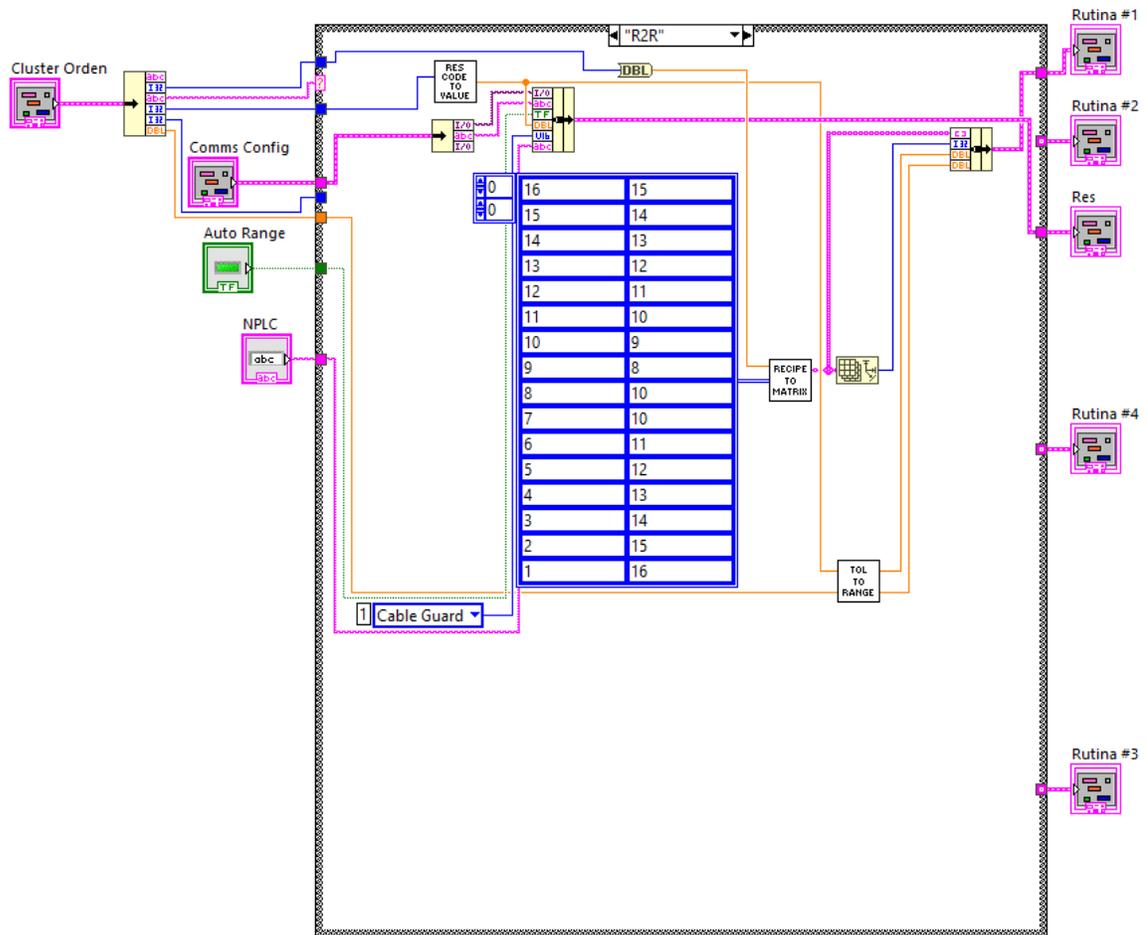


Figura D.20: Rutina de pruebas para producto tipo R2R.

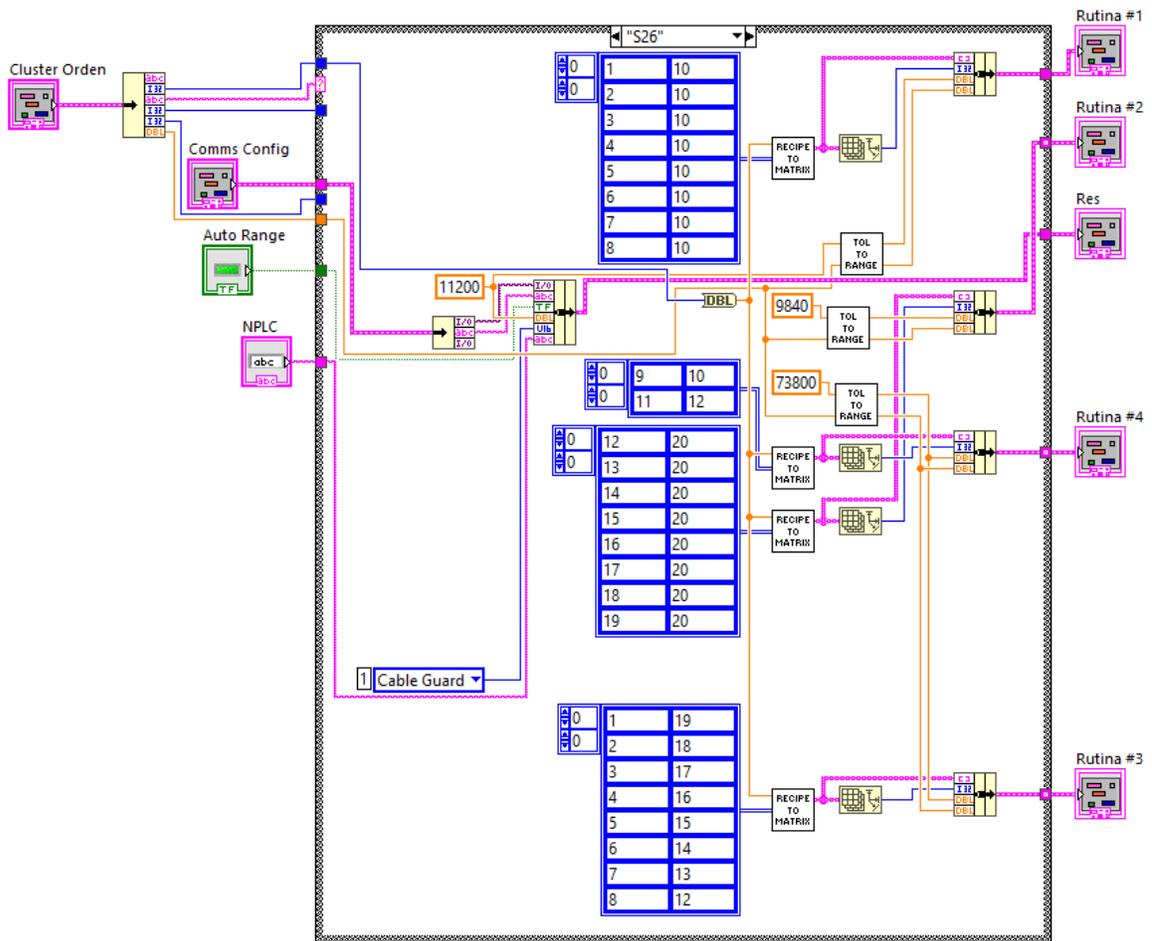


Figura D.21: Rutina de pruebas para producto tipo S26

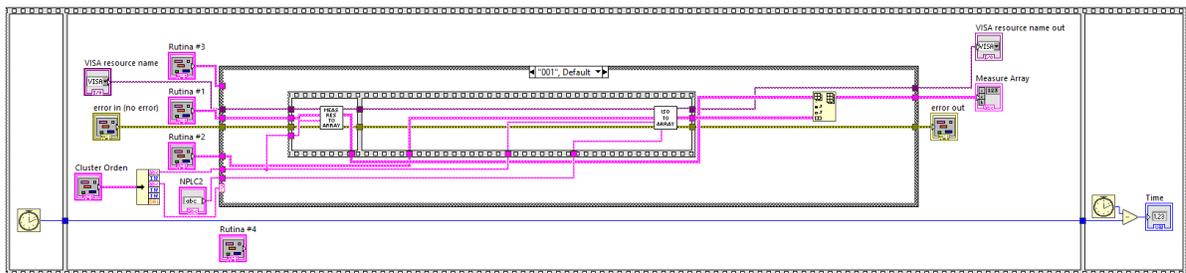


Figura D.22: Ejecución de las pruebas para producto tipo 1.

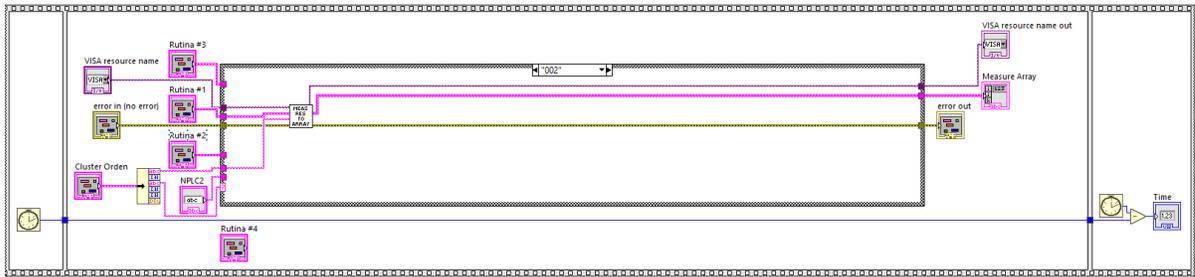


Figura D.23: Ejecución de las pruebas para producto tipo 2.

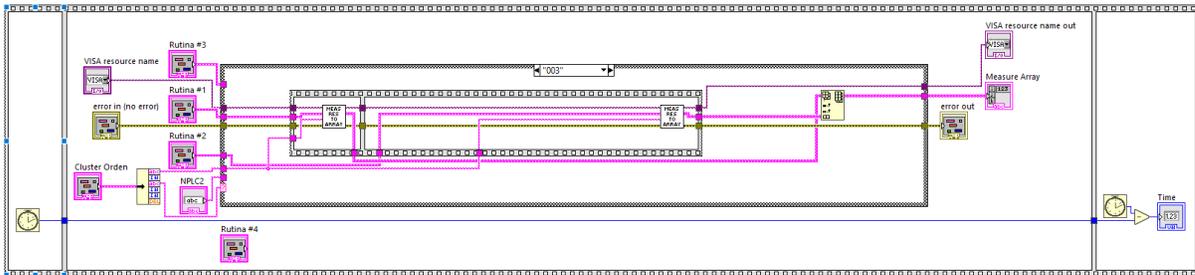


Figura D.24: Ejecución de las pruebas para producto tipo 3.

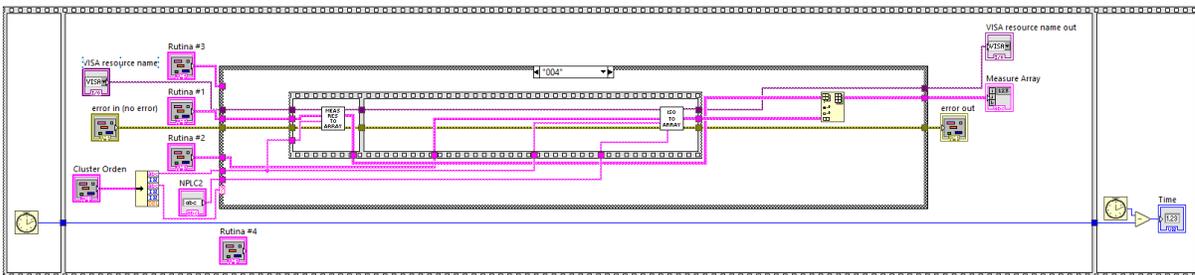


Figura D.25: Ejecución de las pruebas para producto tipo 4.

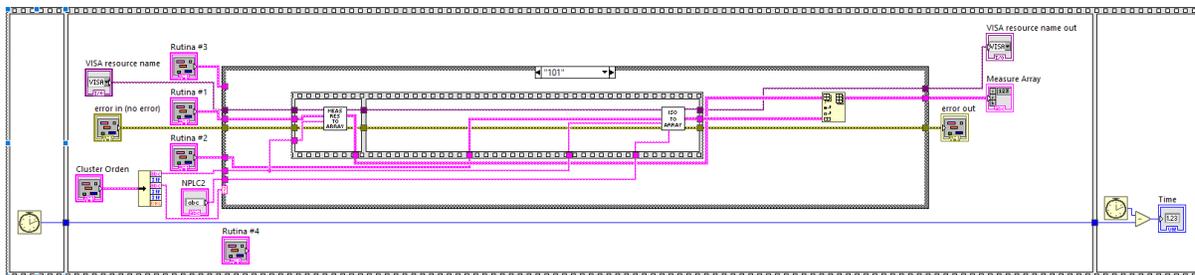


Figura D.26: Ejecución de las pruebas para producto tipo 101.

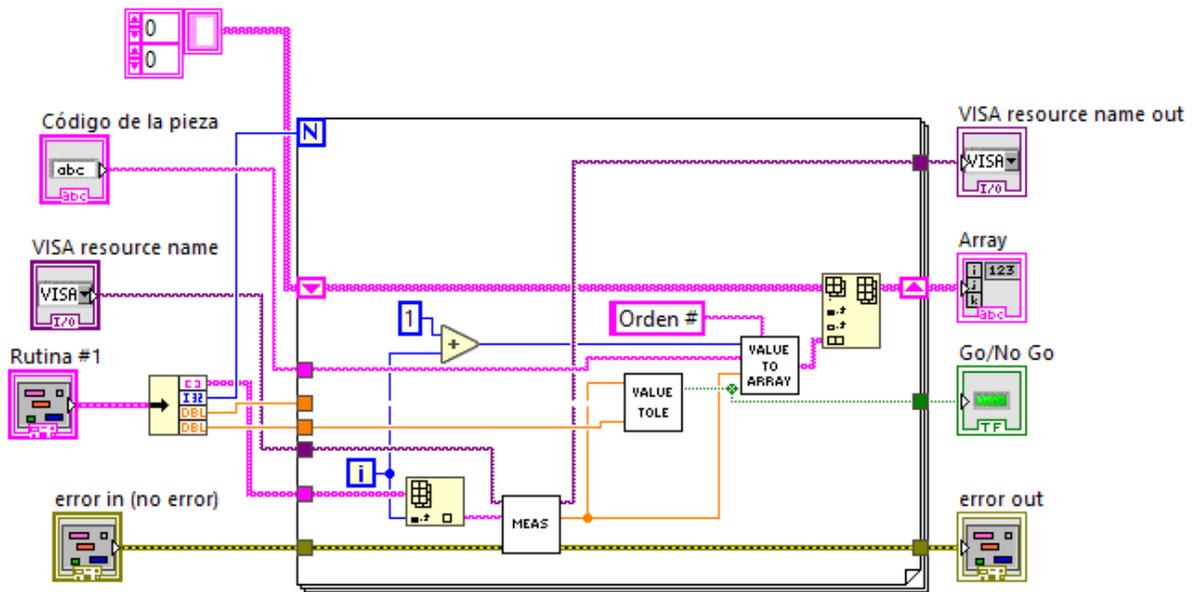


Figura D.27: Rutina del tipo de producto a arreglo de resultados.

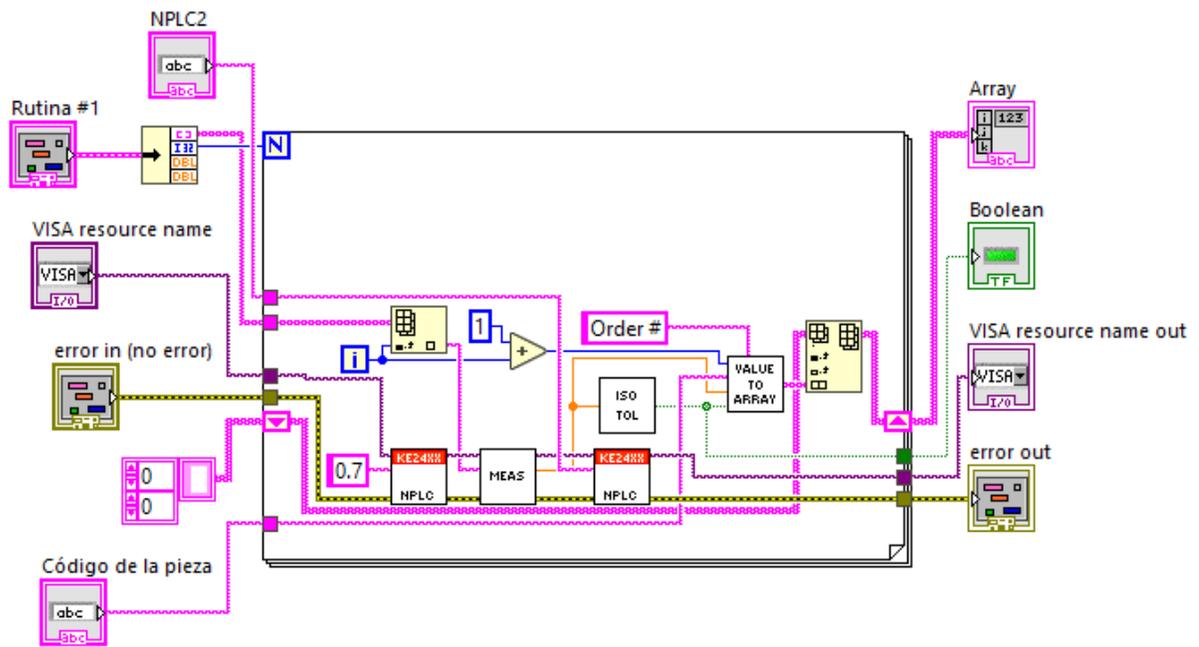


Figura D.28: Rutina del tipo de producto para pruebas de aislamiento a arreglo de resultados.

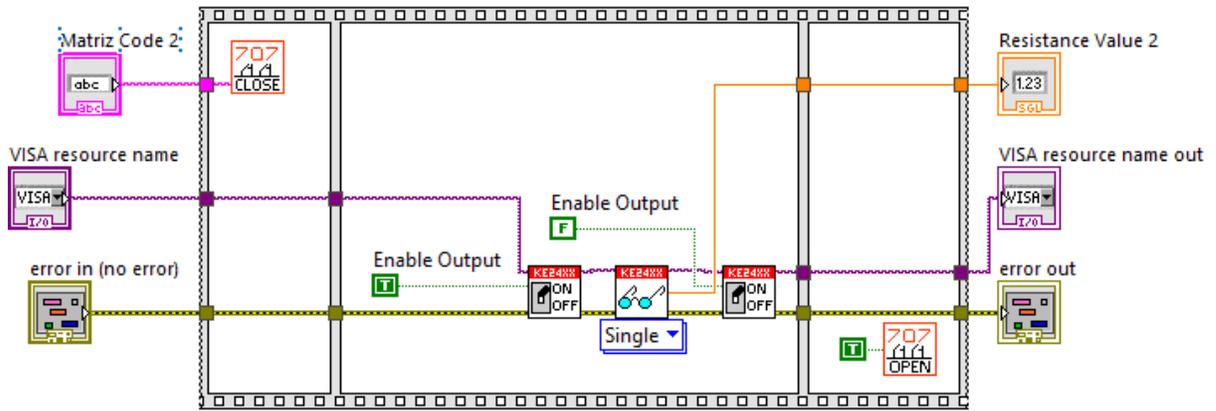


Figura D.29: Secuencia de las pruebas

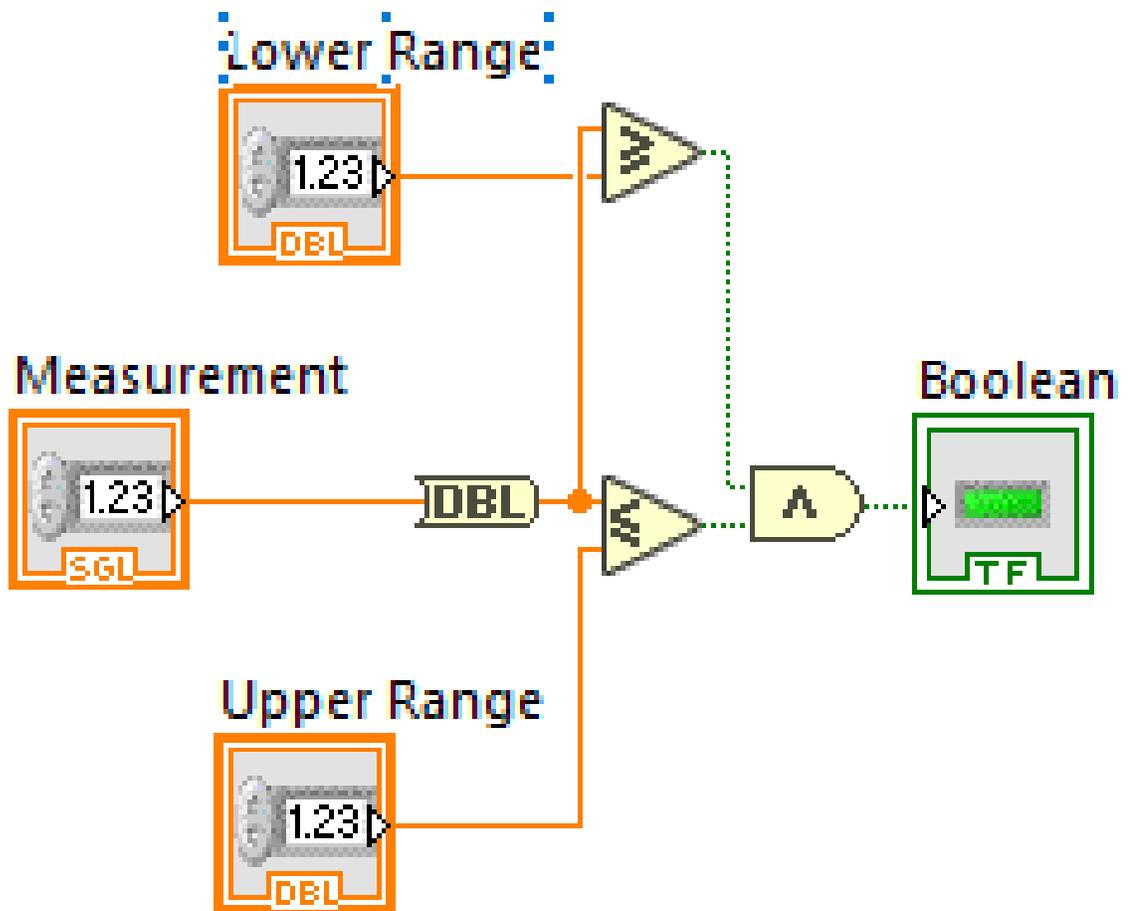


Figura D.30: Comparación de resultados con tolerancia.

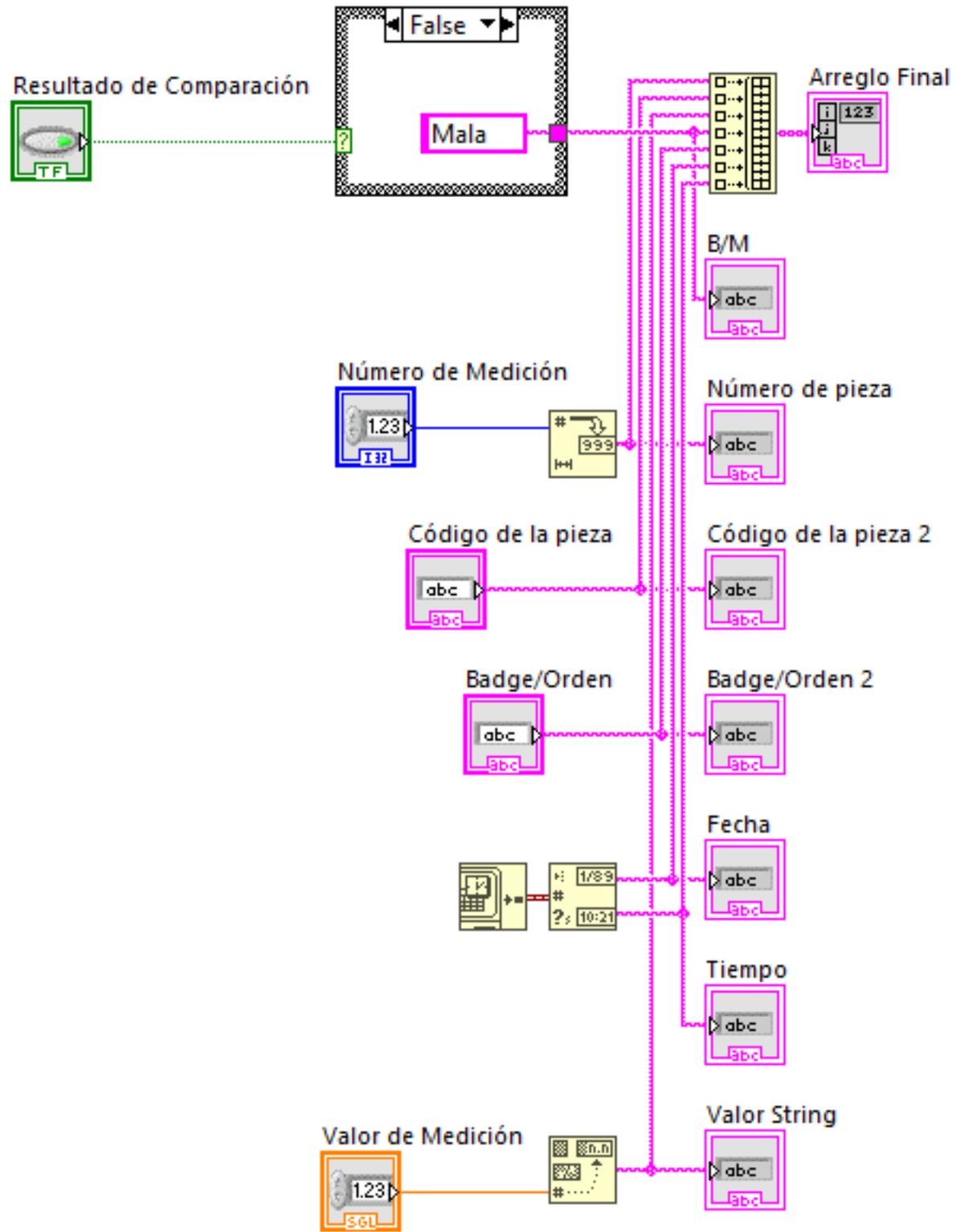


Figura D.31: Generación de la matriz de resultados del producto bajo la prueba



Figura D.32: Interfaz principal de la aplicación.

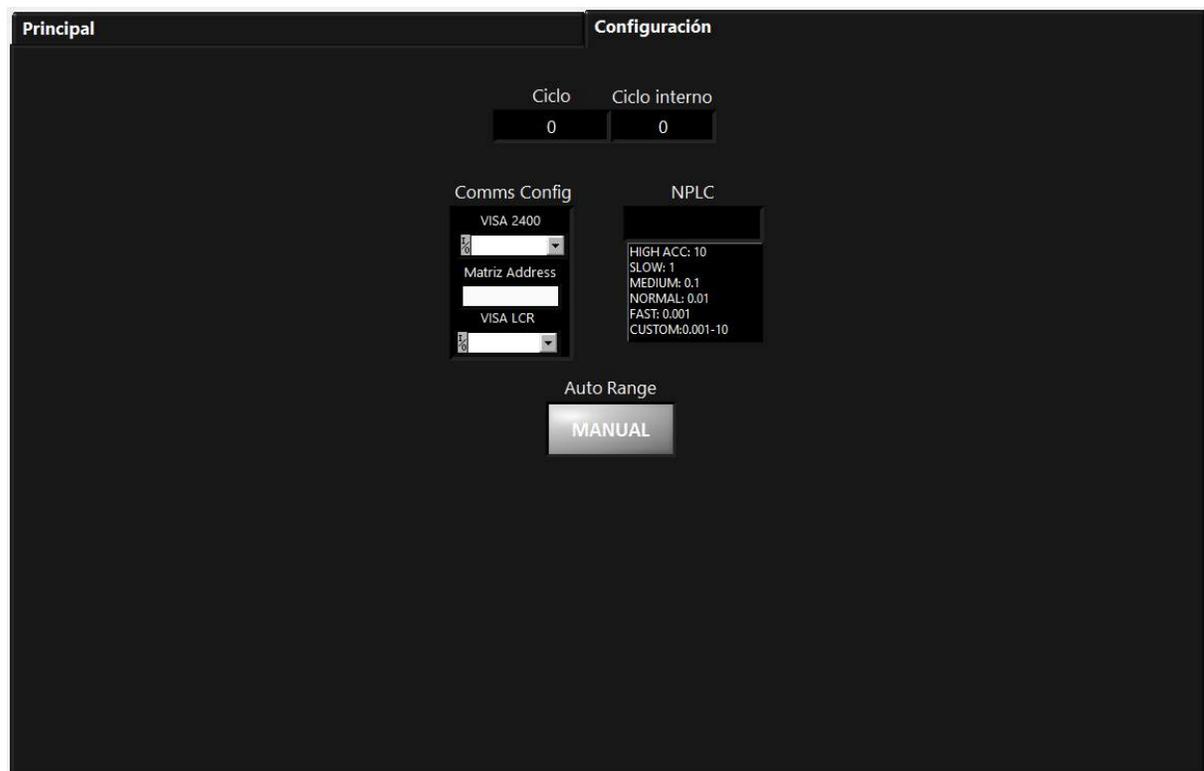


Figura D.33: Ventana de configuración de la interfaz de usuario.

# Apéndice E

## Señalización de advertencia de peligros

Es este Apéndice se muestra la señalización que necesita ser colocada en la estación de acople para cumplir con los requisitos de seguridad laboral de la empresa.



Figura E.1: Mensaje de advertencia



Figura E.2: Señal de peligro de aplastamiento. Fuente [19]

## Apéndice F

Hojas de datos de los productos de  
redes de resistencias de Bourns  
Costa Rica



**Features**

- RoHS compliant\* versions available (see How to Order "Termination" option)
- Compatible with automatic insertion equipment
- Superior package integrity
- Now available with improved tolerance to  $\pm 0.5\%$

For information on specific applications, download Bourns' application notes:

- DRAM Applications
- Dual Terminator Resistor Networks
- R/2R Ladder Networks
- SCSI Applications

**4100R Series - Thick Film Molded DIPs**

**Product Characteristics**

Resistance Range ..... 10 ohms to 10 megohms  
 Maximum Operating Voltage ..... 100 V  
 Temperature Coefficient of Resistance  
 50  $\Omega$  to 2.2 M $\Omega$  .....  $\pm 100$  ppm/ $^{\circ}$ C  
 below 50  $\Omega$  .....  $\pm 250$  ppm/ $^{\circ}$ C  
 above 2.2 M $\Omega$  .....  $\pm 250$  ppm/ $^{\circ}$ C  
 TCR Tracking ..... 50 ppm/ $^{\circ}$ C  
 maximum; equal values  
 Resistor Tolerance ..... See circuits  
 Operating Temperature .....  $-55^{\circ}$ C to  $+125^{\circ}$ C  
 Insulation Resistance ..... 10,000 megohms minimum  
 Dielectric Withstanding Voltage ..... 200 VRMS  
 Lead Solderability ..... Meet requirements of MIL-STD-202 Method 208

**Environmental Characteristics**

TESTS PER MIL-STD-202 .....  $\Delta R$  MAX.  
 Short Time Overload .....  $\pm 0.25\%$   
 Load Life .....  $\pm 1.00\%$   
 Moisture Resistance .....  $\pm 0.50\%$   
 Resistance to Soldering Heat .....  $\pm 0.25\%$   
 Terminal Strength .....  $\pm 0.25\%$   
 Thermal Shock .....  $\pm 0.25\%$

**Physical Characteristics**

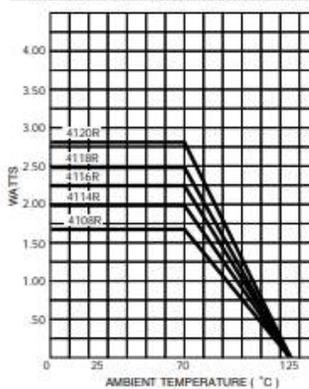
Flammability ..... Conforms to UL94V-0  
 Lead Frame Material ..... Copper, solder coated  
 Body Material ..... Novolac epoxy

**How To Order**

**41 14 R - 1 - 152**

Model (41 = Molded DIP)  
 Number of Pins  
 Physical Configuration (R = Thick Film Low Profile)  
 Electrical Configuration  
 • 1 = Isolated  
 • 2 = Bussed  
 • 3 = Dual Terminator  
 Resistance Code  
 • First 2 digits are significant  
 • Third digit represents the number of zeros to follow.  
 Resistance Tolerance  
 • Blank =  $\pm 2\%$  (see "Resistance Tolerance" on next page for resistance range)  
 • F =  $\pm 1\%$  (100 ohms - 1 megohm)  
 • D =  $\pm 0.5\%$  (100 ohms - 1 megohm)  
 Terminations  
 • LF = Tin-plated (RoHS compliant version)  
 • Blank = Tin/Lead-plated  
 Consult factory for other available options.

**Package Power Temp. Derating Curve**

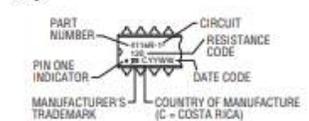


**Package Power Rating at 70 °C**

4108R	1.69 watts
4114R	2.00 watts
4116R	2.25 watts
4118R	2.50 watts
4120R	2.80 watts

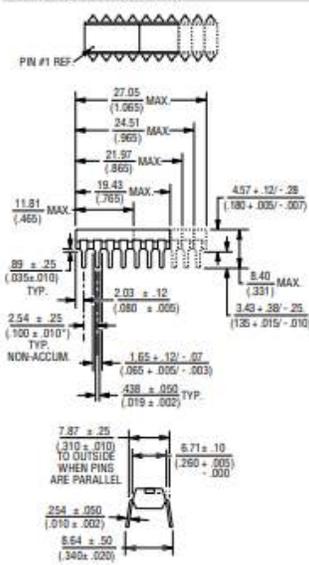
**Typical Part Marking**

Represents total content. Layout may vary.



For Standard Values Used in Capacitors, Inductors, and Resistors, [click here](#).

**Product Dimensions**



Governing dimensions are in metric. Dimensions in parentheses are inches and are approximate.

\*Terminal centerline to centerline measurements made at point of emergence of the lead from the body.

**WARNING Cancer and Reproductive Harm**  
[www.P65Warnings.ca.gov](http://www.P65Warnings.ca.gov)

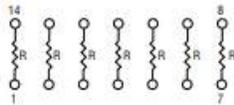
\*RoHS Directive 2015/863, Mar 31, 2015 and Annex. Specifications are subject to change without notice. Users should verify actual device performance in their specific applications. The products described herein and this document are subject to specific legal disclaimers as set forth on the last page of this document, and at [www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf](http://www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf)

Figura F.1: Hoja de datos del 4100R página 1. Fuente [13]

**4100R Series - Thick Film Molded DIPs** **BOURNS®**

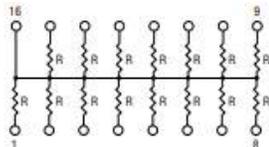
**Isolated Resistors (1 Circuit)**

- Model 4108R-1-RC  
(4 Isolated Resistors)
- Model 4114R-1-RC  
(7 Isolated Resistors)
- Model 4116R-1-RC  
(8 Isolated Resistors)
- Model 4118R-1-RC  
(9 Isolated Resistors)
- Model 4120R-1-RC  
(10 Isolated Resistors)



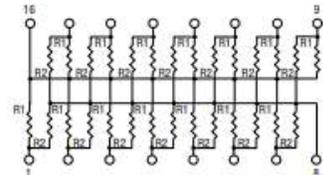
**Bussed Resistors (2 Circuit)**

- Model 4108R-2-RC  
(7 Resistors, Pin 8 Common)
- Model 4114R-2-RC  
(13 Resistors, Pin 14 Common)
- Model 4116R-2-RC  
(15 Resistors, Pin 16 Common)
- Model 4118R-2-RC  
(17 Resistors, Pin 18 Common)
- Model 4120R-2-RC  
(19 Resistors, Pin 20 Common)



**Dual Resistors (3 Circuit)**

- Model 4108R-3-R1/R2
- Model 4114R-3-R1/R2
- Model 4116R-3-R1/R2 (shown)
- Model 4118R-3-R1/R2
- Model 4120R-3-R1/R2



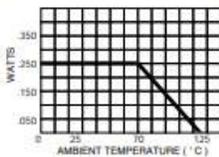
**Resistance Tolerance**

- 10 ohms to 49 ohms ..... ±1 ohm
- 50 ohms to 5 megohms ..... ±2 %\*
- Above 5 megohms ..... ±5 %

**Power Rating per Resistor**

At 70 °C ..... 0.250 watt

**Power Temperature Derating Curve**



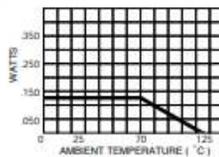
**Resistance Tolerance**

- 10 ohms to 49 ohms ..... ±1 ohm
- 50 ohms to 5 megohms ..... ±2 %\*
- Above 5 megohms ..... ±5 %

**Power Rating per Resistor**

At 70 °C ..... 0.125 watt

**Power Temperature Derating Curve**



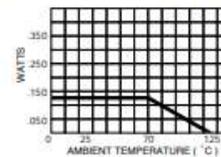
**Resistance Tolerance**

- Below 100 ohms ..... ±2 ohms
- 100 ohms to 5 megohms ..... ±2 %\*
- Above 5 megohms ..... ±5 %

**Power Rating per Resistor**

At 70 °C ..... 0.125 watt

**Power Temperature Derating Curve**



**Popular Resistance Values (1, 2 Circuits)\*\***

Ohms	Code	Ohms	Code	Ohms	Code	Ohms	Code	Ohms	Code
10	100	180	181	1,800	182	15,000	153	120,000	124
22	220	220	221	2,000	202	18,000	183	150,000	154
27	270	270	271	2,200	222	20,000	203	180,000	184
33	330	330	331	2,700	272	22,000	223	220,000	224
39	390	390	391	3,300	332	27,000	273	270,000	274
47	470	470	471	3,900	392	33,000	333	330,000	334
56	560	560	561	4,700	472	39,000	393	390,000	394
68	680	680	681	5,800	562	47,000	473	470,000	474
82	820	820	821	6,800	682	56,000	563	560,000	564
100	101	1,000	102	8,200	822	68,000	683	680,000	684
120	121	1,200	122	10,000	103	82,000	823	820,000	824
150	151	1,500	152	12,000	123	100,000	104	1,000,000	105

**Popular Resistance Values (3 Circuit)\*\***

Resistance			
Ohms		Code	
R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
180	240	161	241
180	390	181	391
220	270	221	271
220	330	221	331
330	390	331	391
330	470	331	471
3,000	6,200	302	622

\* Add "F" after resistance code for ±1 % tolerance available from 100 Ω through 1M Ω, or add "D" after resistance code for ±0.5 % tolerance available from 100 Ω through 1M Ω.  
Part number suffix examples: -103 = 10K Ω, ±2 %; -103F = 10K Ω, ±1 %; -103D = 10K Ω, ±0.5 %  
\*\* Non-standard values available, within resistance range.

Specifications are subject to change without notice. Users should verify actual device performance in their specific applications. REV. 09/19  
The products described herein and this document are subject to specific legal disclaimers as set forth on the last page of this document, and at [www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf](http://www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf).

Figura F.2: Hoja de datos del 4100R página 2. Fuente [13]

**Legal Disclaimer Notice****BOURNS®**

This legal disclaimer applies to purchasers and users of Bourns® products manufactured by or on behalf of Bourns, Inc. and its affiliates (collectively, "Bourns").

Unless otherwise expressly indicated in writing, Bourns® products and data sheets relating thereto are subject to change without notice. Users should check for and obtain the latest relevant information and verify that such information is current and complete before placing orders for Bourns® products.

The characteristics and parameters of a Bourns® product set forth in its data sheet are based on laboratory conditions, and statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on Bourns' knowledge of typical requirements in generic applications. The characteristics and parameters of a Bourns® product in a user application may vary from the data sheet characteristics and parameters due to (i) the combination of the Bourns® product with other components in the user's application, or (ii) the environment of the user application itself. The characteristics and parameters of a Bourns® product also can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. Users should always verify the actual performance of the Bourns® product in their specific devices and applications, and make their own independent judgments regarding the amount of additional test margin to design into their device or application to compensate for differences between laboratory and real world conditions.

Unless Bourns has explicitly designated an individual Bourns® product as meeting the requirements of a particular industry standard (e.g., ISO/TS 16949) or a particular qualification (e.g., UL listed or recognized), Bourns is not responsible for any failure of an individual Bourns® product to meet the requirements of such industry standard or particular qualification. Users of Bourns® products are responsible for ensuring compliance with safety-related requirements and standards applicable to their devices or applications.

Bourns® products are not recommended, authorized or intended for use in nuclear, lifesaving, life-critical or life-sustaining applications, nor in any other applications where failure or malfunction may result in personal injury, death, or severe property or environmental damage. Unless expressly and specifically approved in writing by two authorized Bourns representatives on a case-by-case basis, use of any Bourns® products in such unauthorized applications might not be safe and thus is at the user's sole risk. Life-critical applications include devices identified by the U.S. Food and Drug Administration as Class III devices and generally equivalent classifications outside of the United States.

Bourns expressly identifies those Bourns® standard products that are suitable for use in automotive applications on such products' data sheets in the section entitled "Applications." Unless expressly and specifically approved in writing by two authorized Bourns representatives on a case-by-case basis, use of any other Bourns® standard products in an automotive application might not be safe and thus is not recommended, authorized or intended and is at the user's sole risk. If Bourns expressly identifies a sub-category of automotive application in the data sheet for its standard products (such as infotainment or lighting), such identification means that Bourns has reviewed its standard product and has determined that if such Bourns® standard product is considered for potential use in automotive applications, it should only be used in such sub-category of automotive applications. Any reference to Bourns® standard product in the data sheet as compliant with the AEC-Q standard or "automotive grade" does not by itself mean that Bourns has approved such product for use in an automotive application.

Bourns® standard products are not tested to comply with United States Federal Aviation Administration standards generally or any other generally equivalent governmental organization standard applicable to products designed or manufactured for use in aircraft or space applications. Bourns expressly identifies Bourns® standard products that are suitable for use in aircraft or space applications on such products' data sheets in the section entitled "Applications." Unless expressly and specifically approved in writing by two authorized Bourns representatives on a case-by-case basis, use of any other Bourns® standard product in an aircraft or space application might not be safe and thus is not recommended, authorized or intended and is at the user's sole risk.

The use and level of testing applicable to Bourns® custom products shall be negotiated on a case-by-case basis by Bourns and the user for which such Bourns® custom products are specially designed. Absent a written agreement between Bourns and the user regarding the use and level of such testing, the above provisions applicable to Bourns® standard products shall also apply to such Bourns® custom products.

Users shall not sell, transfer, export or re-export any Bourns® products or technology for use in activities which involve the design, development, production, use or stockpiling of nuclear, chemical or biological weapons or missiles, nor shall they use Bourns® products or technology in any facility which engages in activities relating to such devices. The foregoing restrictions apply to all uses and applications that violate national or international prohibitions, including embargos or international regulations. Further, Bourns® products and Bourns technology and technical data may not under any circumstance be exported or re-exported to countries subject to international sanctions or embargoes. Bourns® products may not, without prior authorization from Bourns and/or the U.S. Government, be resold, transferred, or re-exported to any party not eligible to receive U.S. commodities, software, and technical data.

To the maximum extent permitted by applicable law, Bourns disclaims (i) any and all liability for special, punitive, consequential, incidental or indirect damages or lost revenues or lost profits, and (ii) any and all implied warranties, including implied warranties of fitness for particular purpose, non-infringement and merchantability.

For your convenience, copies of this Legal Disclaimer Notice with German, Spanish, Japanese, Traditional Chinese and Simplified Chinese bilingual versions are available at:

Web Page: <http://www.bourns.com/legal/disclaimers-terms-and-policies>

PDF: <http://www.bourns.com/docs/Legal/disclaimer.pdf>

C1753 05/17/18R

Figura F.3: Hoja de datos del 4100R página 3. Fuente [13]



**Features**

- RoHS compliant\* versions available (see How to Order "Termination" option)
  - Low profile provides compatibility with DIPs
  - Compatible with automatic insertion equipment
  - Superior package integrity
- Now available with improved tolerance to  $\pm 0.5\%$

**4300R Series - Thick Film Molded SIPs**

**Product Characteristics**

Resistance Range ..... 10 ohms to 10 megohms  
 Maximum Operating Voltage ..... 100 V  
 Temperature Coefficient of Resistance  
 50  $\Omega$  to 2.2 megohms .....  $\pm 100$  ppm/ $^{\circ}$ C  
 below 50  $\Omega$  .....  $\pm 250$  ppm/ $^{\circ}$ C  
 above 2.2 megohms .....  $\pm 250$  ppm/ $^{\circ}$ C  
 TCR Tracking ..... 50 ppm/ $^{\circ}$ C maximum; equal values  
 Resistor Tolerance ..... See circuits  
 Operating Temperature ..... -55  $^{\circ}$ C to +125  $^{\circ}$ C  
 Power Rating ..... Derate to zero power from +70  $^{\circ}$ C to +125  $^{\circ}$ C  
 Insulation Resistance ..... 10,000 megohms minimum  
 Dielectric Withstanding Voltage ..... 200 VRMS  
 Lead Solderability ..... Meet requirements of MIL-STD-202 Method 208

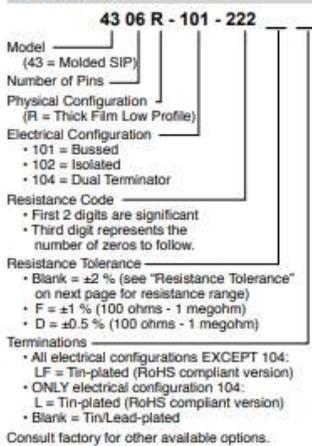
**Environmental Characteristics**

TESTS PER MIL-STD-202 .....  $\Delta R$  MAX.  
 Short Time Overload .....  $\pm 0.25\%$   
 Load Life .....  $\pm 1.00\%$   
 Moisture Resistance .....  $\pm 0.50\%$   
 Resistance to Soldering Heat .....  $\pm 0.25\%$   
 Terminal Strength .....  $\pm 0.25\%$   
 Thermal Shock .....  $\pm 0.25\%$

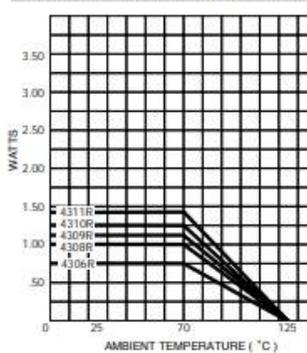
**Physical Characteristics**

Flammability ..... Conforms to UL94V-0  
 Lead Frame Material ..... Copper, solder coated  
 Body Material ..... Novolac epoxy

**How To Order**



**Package Power Temp. Derating Curve**

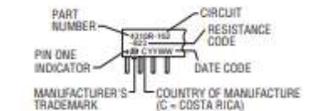


**Package Power Rating at 70  $^{\circ}$ C**

4306R	0.75 watts
4308R	1.00 watts
4309R	1.13 watts
4310R	1.25 watts
4311R	1.38 watts

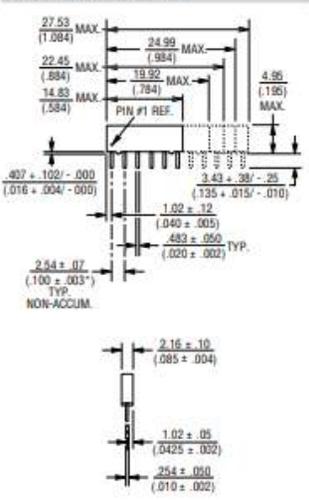
**Typical Part Marking**

Represents total content. Layout may vary. Marking may be truncated on shorter versions due to size constraints.



For Standard Values Used in Capacitors, Inductors, and Resistors, [click here](#).

**Product Dimensions**



Governing dimensions are in metric. Dimensions in parentheses are inches and are approximate.  
 \*Terminal centerline to centerline measurements made at point of emergence of the lead from the body.

**WARNING Cancer and Reproductive Harm**  
[www.P65Warnings.ca.gov](http://www.P65Warnings.ca.gov)

\*RoHS Directive 2015/863, Mar 31, 2015 and Annex. Specifications are subject to change without notice. Users should verify actual device performance in their specific applications. The products described herein and this document are subject to specific legal disclaimers as set forth on the last page of this document, and at [www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf](http://www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf)

Figura F.4: Hoja de datos del 4300R página 1. Fuente [14]

For information on specific applications, download Bourns' application notes:

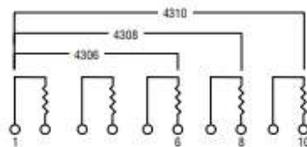
- DRAM Applications
- Dual Terminator Resistor Networks
- R/2R Ladder Networks
- SCSI Applications

**4300R Series - Thick Film Molded SIPs**



**Isolated Resistors (102 Circuit)**

- Model 4306R-102-RC (6 Pin)
- Model 4308R-102-RC (8 Pin)
- Model 4310R-102-RC (10 Pin)



These models incorporate 3, 4 or 5 isolated thick-film resistors of equal value, each connected between two pins.

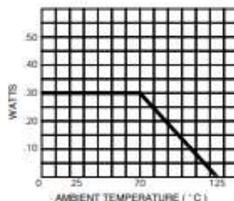
**Resistance Tolerance**

- 10 ohms to 49 ohms ..... ±1 ohm
- 50 ohms to 5 megohms ..... ±2 %\*
- Above 5 megohms ..... ±5 %

**Power Rating per Resistor**

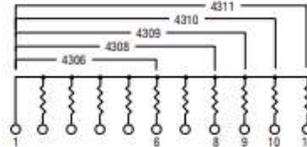
At 70 °C ..... 0.30 watt

**Power Temperature Derating Curve**



**Bussed Resistors (101 Circuit)**

- Model 4306R-101-RC (6 Pin)
- Model 4308R-101-RC (8 Pin)
- Model 4309R-101-RC (9 Pin)
- Model 4310R-101-RC (10 Pin)
- Model 4311R-101-RC (11 Pin)



These models incorporate 5, 7, 8, 9 or 10 thick-film resistors of equal value, each connected between a separate pin.

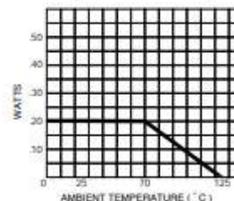
**Resistance Tolerance**

- 10 ohms to 49 ohms ..... ±1 ohm
- 50 ohms to 5 megohms ..... ±2 %\*
- Above 5 megohms ..... ±5 %

**Power Rating per Resistor**

At 70 °C ..... 0.20 watt

**Power Temperature Derating Curve**



**Popular Resistance Values (101, 102 Circuits)\*\***

Ohms	Code	Ohms	Code	Ohms	Code	Ohms	Code	Ohms	Code
10	100	180	181	1,800	182	15,000	153	120,000	124
22	220	220	221	2,000	202	18,000	183	150,000	154
27	270	270	271	2,200	222	20,000	203	180,000	184
33	330	330	331	2,700	272	22,000	223	220,000	224
39	390	390	391	3,300	332	27,000	273	270,000	274
47	470	470	471	3,900	392	33,000	333	330,000	334
56	560	560	561	4,700	472	39,000	393	390,000	394
68	680	680	681	5,600	562	47,000	473	470,000	474
82	820	820	821	6,800	682	56,000	563	560,000	564
100	101	1,000	102	8,200	822	68,000	683	680,000	684
120	121	1,200	122	10,000	103	82,000	823	820,000	824
150	151	1,500	152	12,000	123	100,000	104	1,000,000	105

\* Add "F" after resistance code for ±1 % tolerance available from 100 Ω through 1M Ω, or add "D" after resistance code for ±0.5 % tolerance available from 100 Ω through 1M Ω.  
Part number suffix examples: -103 = 10K Ω, ±2 %; -103F = 10K Ω, ±1 %; -103D = 10K Ω, ±0.5 %

\*\* Non-standard values available, within resistance range.

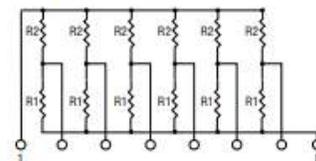
Specifications are subject to change without notice. Users should verify actual device performance in their specific applications.

The products described herein and this document are subject to specific legal disclaimers as set forth on the last page of this document, and at [www.bourns.com/tns/legal/disclaimer.pdf](http://www.bourns.com/tns/legal/disclaimer.pdf)

REV. 09/19

**Dual Terminator (104 Circuit)**

- Model 4306R-104-R1/R2
- Model 4308R-104-R1/R2 (shown)
- Model 4309R-104-R1/R2
- Model 4310R-104-R1/R2
- Model 4311R-104-R1/R2



4308R-104 (shown above) is an 8-pin configuration and terminates 6 lines. Pins 1 and 8 are common for ground and power, respectively. Twelve thick-film resistors are paired in series between the common lines (pins 1 and 8).

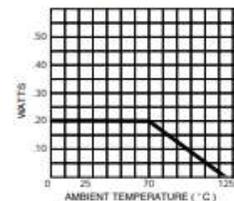
**Resistance Tolerance**

- Below 100 ohms ..... ±2 ohms
- 100 ohms to 5 megohms ..... ±2 %\*
- Above 5 megohms ..... ±5 %

**Power Rating per Resistor**

At 70 °C ..... 0.20 watt

**Power Temperature Derating Curve**



**Popular Resistance Values (104 Circuit)\*\***

Resistance			
Ohms		Code	
R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
160	240	161	241
180	390	181	391
220	270	221	271
220	330	221	331
330	390	331	391
330	470	331	471
3,000	6,200	302	622

Figura F.5: Hoja de datos del 4300R página 2. Fuente [14]

**Legal Disclaimer Notice****BOURNS®**

This legal disclaimer applies to purchasers and users of Bourns® products manufactured by or on behalf of Bourns, Inc. and its affiliates (collectively, "Bourns").

Unless otherwise expressly indicated in writing, Bourns® products and data sheets relating thereto are subject to change without notice. Users should check for and obtain the latest relevant information and verify that such information is current and complete before placing orders for Bourns® products.

The characteristics and parameters of a Bourns® product set forth in its data sheet are based on laboratory conditions, and statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on Bourns' knowledge of typical requirements in generic applications. The characteristics and parameters of a Bourns® product in a user application may vary from the data sheet characteristics and parameters due to (i) the combination of the Bourns® product with other components in the user's application, or (ii) the environment of the user application itself. The characteristics and parameters of a Bourns® product also can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. Users should always verify the actual performance of the Bourns® product in their specific devices and applications, and make their own independent judgments regarding the amount of additional test margin to design into their device or application to compensate for differences between laboratory and real world conditions.

Unless Bourns has explicitly designated an individual Bourns® product as meeting the requirements of a particular industry standard (e.g., ISO/TS 16949) or a particular qualification (e.g., UL listed or recognized), Bourns is not responsible for any failure of an individual Bourns® product to meet the requirements of such industry standard or particular qualification. Users of Bourns® products are responsible for ensuring compliance with safety-related requirements and standards applicable to their devices or applications.

Bourns® products are not recommended, authorized or intended for use in nuclear, lifesaving, life-critical or life-sustaining applications, nor in any other applications where failure or malfunction may result in personal injury, death, or severe property or environmental damage. Unless expressly and specifically approved in writing by two authorized Bourns representatives on a case-by-case basis, use of any Bourns® products in such unauthorized applications might not be safe and thus is at the user's sole risk. Life-critical applications include devices identified by the U.S. Food and Drug Administration as Class III devices and generally equivalent classifications outside of the United States.

Bourns expressly identifies those Bourns® standard products that are suitable for use in automotive applications on such products' data sheets in the section entitled "Applications." Unless expressly and specifically approved in writing by two authorized Bourns representatives on a case-by-case basis, use of any other Bourns® standard products in an automotive application might not be safe and thus is not recommended, authorized or intended and is at the user's sole risk. If Bourns expressly identifies a sub-category of automotive application in the data sheet for its standard products (such as infotainment or lighting), such identification means that Bourns has reviewed its standard product and has determined that if such Bourns® standard product is considered for potential use in automotive applications, it should only be used in such sub-category of automotive applications. Any reference to Bourns® standard product in the data sheet as compliant with the AEC-Q standard or "automotive grade" does not by itself mean that Bourns has approved such product for use in an automotive application.

Bourns® standard products are not tested to comply with United States Federal Aviation Administration standards generally or any other generally equivalent governmental organization standard applicable to products designed or manufactured for use in aircraft or space applications. Bourns expressly identifies Bourns® standard products that are suitable for use in aircraft or space applications on such products' data sheets in the section entitled "Applications." Unless expressly and specifically approved in writing by two authorized Bourns representatives on a case-by-case basis, use of any other Bourns® standard product in an aircraft or space application might not be safe and thus is not recommended, authorized or intended and is at the user's sole risk.

The use and level of testing applicable to Bourns® custom products shall be negotiated on a case-by-case basis by Bourns and the user for which such Bourns® custom products are specially designed. Absent a written agreement between Bourns and the user regarding the use and level of such testing, the above provisions applicable to Bourns® standard products shall also apply to such Bourns® custom products.

Users shall not sell, transfer, export or re-export any Bourns® products or technology for use in activities which involve the design, development, production, use or stockpiling of nuclear, chemical or biological weapons or missiles, nor shall they use Bourns® products or technology in any facility which engages in activities relating to such devices. The foregoing restrictions apply to all uses and applications that violate national or international prohibitions, including embargos or international regulations. Further, Bourns® products and Bourns technology and technical data may not under any circumstance be exported or re-exported to countries subject to international sanctions or embargoes. Bourns® products may not, without prior authorization from Bourns and/or the U.S. Government, be resold, transferred, or re-exported to any party not eligible to receive U.S. commodities, software, and technical data.

To the maximum extent permitted by applicable law, Bourns disclaims (i) any and all liability for special, punitive, consequential, incidental or indirect damages or lost revenues or lost profits, and (ii) any and all implied warranties, including implied warranties of fitness for particular purpose, non-infringement and merchantability.

For your convenience, copies of this Legal Disclaimer Notice with German, Spanish, Japanese, Traditional Chinese and Simplified Chinese bilingual versions are available at:

Web Page: <http://www.bourns.com/legal/disclaimers-terms-and-policies>

PDF: <http://www.bourns.com/docs/Legal/Disclaimer.pdf>

C1753 05/17/18R

Figura F.6: Hoja de datos del 4300R página 3. Fuente [14]



**Features**

- RoHS compliant\*
- Standard E.I.A. package compatible with automatic placement equipment
- Compliant leads to reduce solder joint fatiguing
- Tape and reel packaging standard
- Standard electrical schematics: isolated, bussed, dual terminator
- Custom circuits are available
- Now available with improved tolerance to  $\pm 0.5\%$

**4400P Series - Thick Film Surface Mounted Wide Body**

**Product Characteristics**

Resistance Range ..... 10 ohms to 2.2 megohms  
 Maximum Operating Voltage ..... 50 V  
 Temperature Coefficient of Resistance  
 50  $\Omega$  and above .....  $\pm 100$  ppm/ $^{\circ}$ C  
 below 50  $\Omega$  .....  $\pm 250$  ppm/ $^{\circ}$ C  
 TCR Tracking ..... 50 ppm/ $^{\circ}$ C  
 maximum; equal values  
 Operating Temperature  
 ..... -55  $^{\circ}$ C to +125  $^{\circ}$ C  
 Insulation Resistance  
 ..... 10,000 megohms minimum  
 Dielectric Withstanding Voltage  
 ..... 200 VRMS  
 Lead Solderability ..... Meet requirements  
 of MIL-STD-202 Method 208

**Environmental Characteristics**

TESTS PER MIL-STD-202 .....  $\Delta R$  MAX.  
 Short Time Overload .....  $\pm 0.25\%$   
 Load Life .....  $\pm 1.00\%$   
 Moisture Resistance .....  $\pm 0.50\%$   
 Resistance to Soldering Heat .....  $\pm 0.25\%$   
 Thermal Shock .....  $\pm 0.25\%$

**Physical Characteristics**

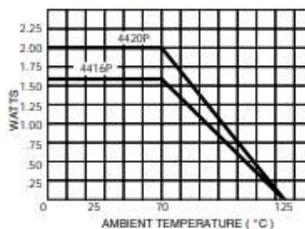
Flammability ..... Conforms to UL94V-0  
 Lead Frame Material  
 ..... Copper, solder coated  
 Body Material ..... Novolac epoxy

**How To Order**

**44 20 P - 1 - 103 LF**

Model (44 = SMD SOL Pkg.)  
 Number of Pins  
 Electrical Configuration  
 • 1 or 4 = Isolated\*  
 • 2 = Bussed\*  
 • 3 = Dual Terminator\*  
 Resistance Code  
 • First 2 digits are significant  
 • Third digit represents the number of zeros to follow.  
 Resistance Tolerance  
 • Blank =  $\pm 2\%$  (see "Resistance Tolerance" on next page for resistance range)  
 • F =  $\pm 1\%$  (100 ohms - 1 megohm)  
 • D =  $\pm 0.5\%$  (100 ohms - 1 megohm)  
 Terminations  
 • All electrical configurations EXCEPT T03:  
 LF = Tin-plated (RoHS compliant)  
 • ONLY electrical configuration T03:  
 L = Tin-plated (RoHS compliant)  
 \*For tube packaging, use T01, T02, T03 or T04.  
 Consult factory for other available options.

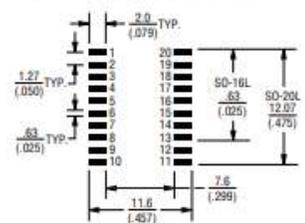
**Package Power Temp. Derating Curve**



**Package Power Rating at 70  $^{\circ}$ C**

4420P ..... 2.00 watts  
 4416P ..... 1.60 watts

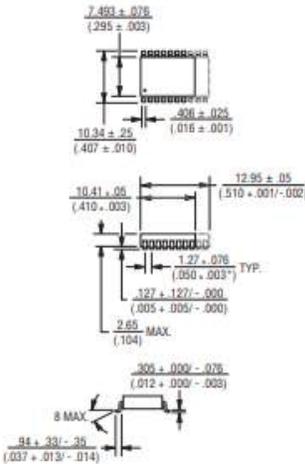
**Recommended Land Pattern**



NOTE: Land pattern dimensions are based on design rules established by the Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits in IPC-SM-782.

For Standard Values Used in Capacitors, Inductors, and Resistors, [click here](#).

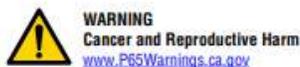
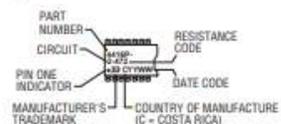
**Product Dimensions**



Governing dimensions are in metric. Dimensions in parentheses are inches and are approximate.  
 \*Terminal centerline to centerline measurements made at point of emergence of the lead from the body.

**Typical Part Marking**

Represents total content. Layout may vary.



\*RoHS Directive 2015/863, Mar 31, 2015 and Annex. Specifications are subject to change without notice. Users should verify actual device performance in their specific applications. The products described herein and this document are subject to specific legal disclaimers as set forth on the last page of this document, and at [www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf](http://www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf).

Figura F.7: Hoja de datos del 4400P página 1. Fuente [15]

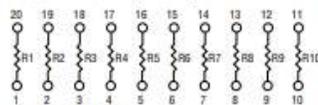
For information on specific applications, download Bourns' application notes:

- [DRAM Applications](#)
- [Dual Terminator Resistor Networks](#)
- [R/2R Ladder Networks](#)
- [SCSI Applications](#)

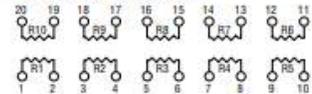
**4400P Series - Thick Film Surface Mounted Wide Body** **BOURNS®**

**Isolated Resistors (1 and 4 Circuits)**

**Model 4416P-1**  
**Model 4420P-1 (Shown)**



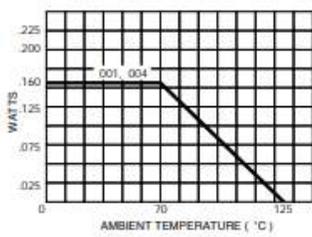
**Model 4416P-4**  
**Model 4420P-4 (Shown)**



**Resistance Tolerance**  
10 ohms to 49 ohms ..... ±1 ohm  
50 ohms to 2.2 megohms ..... ±2 %\*

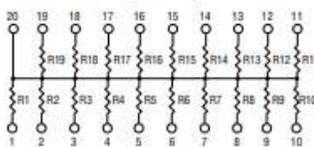
**Power Rating per Resistor**  
1 Circuit at 70 °C ..... 0.160 watt  
4 Circuit at 70 °C ..... 0.160 watt

**Resistor Power Temp. Derating Curve**



**Bussed Resistors (2 Circuit)**

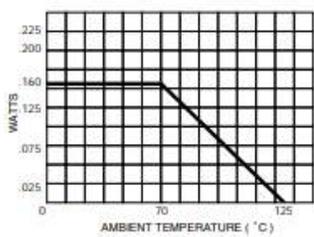
**Model 4416P-2**  
**Model 4420P-2 (Shown)**



**Resistance Tolerance**  
10 ohms to 49 ohms ..... ±1 ohm  
50 ohms to 2.2 megohms ..... ±2 %\*

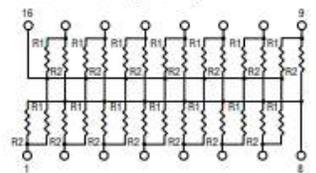
**Power Rating per Resistor**  
2 Circuit at 70 °C ..... 0.160 watt

**Resistor Power Temp. Derating Curve**



**Dual Terminator (3 Circuit)**

**Model 4416P-3**  
**Model 4420P-3 (Shown)**

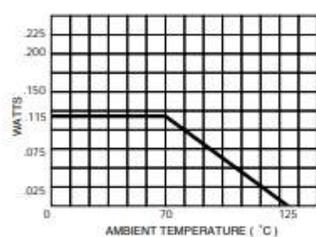


4420P-3 terminates 16 lines, convenient for a 16-bit computer bus.

**Resistance Tolerance**  
Below 100 ohms ..... ±2 ohms  
100 ohms to 2.2 megohms ..... ±2 %\*

**Power Rating per Resistor**  
3 Circuit at 70 °C ..... 0.115 watt

**Resistor Power Temp. Derating Curve**



**Popular Resistance Values (1, 4 and 2 Circuits)\*\***

Ohms	Code	Ohms	Code	Ohms	Code	Ohms	Code	Ohms	Code
10	100	180	181	1,800	182	15,000	153	120,000	124
22	220	220	221	2,000	202	18,000	183	150,000	154
27	270	270	271	2,200	222	20,000	203	180,000	184
33	330	330	331	2,700	272	22,000	223	220,000	224
39	390	390	391	3,300	332	27,000	273	270,000	274
47	470	470	471	3,900	392	33,000	333	330,000	334
56	560	560	561	4,700	472	39,000	393	390,000	394
68	680	680	681	5,600	562	47,000	473	470,000	474
82	820	820	821	6,800	682	56,000	563	560,000	564
100	101	1,000	102	8,200	822	68,000	683	680,000	684
120	121	1,200	122	10,000	103	82,000	823	820,000	824
150	151	1,500	152	12,000	123	100,000	104	1,000,000	105

\* Add "F" after resistance code for ±1 % tolerance available from 100 Ω through 1M Ω, or add "D" after resistance code for ±0.5 % tolerance available from 100 Ω through 1M Ω.  
Part number suffix examples: -103 = 10K Ω, ±2 %; -103F = 10K Ω, ±1 %; -103D = 10K Ω, ±0.5 %  
\*\* Non-standard values available, within resistance range.

**Popular Resistance Values (3 Circuit)\*\***

Resistance			
Ohms		Code	
R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
160	240	161	241
180	390	181	391
220	270	221	271
220	330	221	331
330	390	331	391
330	470	331	471
3,000	6,200	302	622

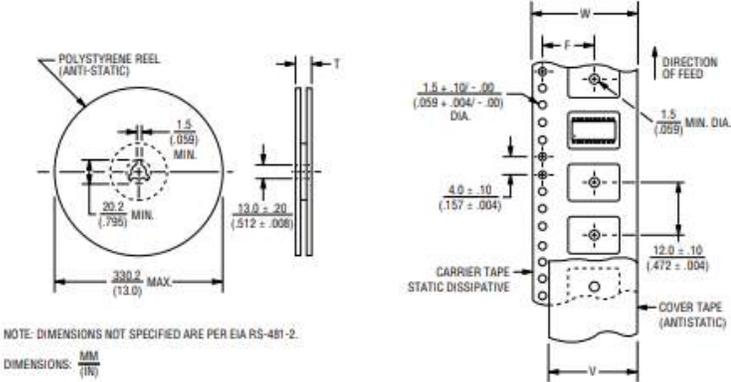
Specifications are subject to change without notice.  
Users should verify actual device performance in their specific applications.  
The products described herein and this document are subject to specific legal disclaimers as set forth on the last page of this document, and at [www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf](http://www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf).

Figura F.8: Hoja de datos del 4400P página 2. Fuente [15]

**Surface Mounted Ordering Guide** **BOURNS®**

Electrical Configuration	*Circuit Codes		Examples
	Tape & Reel	Tubes	
Isolated	1	T01	4416P-1-101
Bussed	2	T02	Isolated Circuit in Tape & Reel Package
Dual Terminated	3	T03	4416P-T01-101
Adj. Isolated	4	T04	Isolated Circuit in Slide Tube Package

\*4416P-X-RC: To specify package type, replace "X" with appropriate "Circuit Code".



Model	Standard Quantity per Reel	Carrier Tape Width (W)	Cover Tape Width (W)	Reel Width (T)	Pocket Center (F)
4416P	1,500	$\frac{24.0 \pm .30}{(.945 \pm .012)}$	$\frac{21.0}{(.827)}$ NOM.	$\frac{30.4}{(1.197)}$ MAX.	$\frac{11.5 \pm .10}{(.453 \pm .004)}$
4420P	1,500				

Leader Length = 500 mm min. } Empty Component Pockets  
Trailer Length = 500 mm min. } Sealed with Cover Tape

**BOURNS®**  
 Asia-Pacific: Tel: +886-2 2562-4117 • Email: asiacus@bourns.com  
 EMEA: Tel: +36 88 885 877 • Email: eurocus@bourns.com  
 The Americas: Tel: +1-951 781-5500 • Email: americus@bourns.com  
 www.bourns.com

REV. 09/19  
 Specifications are subject to change without notice.  
 Users should verify actual device performance in their specific applications.  
 The products described herein and this document are subject to specific legal disclaimers as set forth on the last page of this document, and at [www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf](http://www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf).

Figura F.9: Hoja de datos del 4400P página 3. Fuente [15]

**Legal Disclaimer Notice****BOURNS®**

This legal disclaimer applies to purchasers and users of Bourns® products manufactured by or on behalf of Bourns, Inc. and its affiliates (collectively, "Bourns").

Unless otherwise expressly indicated in writing, Bourns® products and data sheets relating thereto are subject to change without notice. Users should check for and obtain the latest relevant information and verify that such information is current and complete before placing orders for Bourns® products.

The characteristics and parameters of a Bourns® product set forth in its data sheet are based on laboratory conditions, and statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on Bourns' knowledge of typical requirements in generic applications. The characteristics and parameters of a Bourns® product in a user application may vary from the data sheet characteristics and parameters due to (i) the combination of the Bourns® product with other components in the user's application, or (ii) the environment of the user application itself. The characteristics and parameters of a Bourns® product also can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. Users should always verify the actual performance of the Bourns® product in their specific devices and applications, and make their own independent judgments regarding the amount of additional test margin to design into their device or application to compensate for differences between laboratory and real world conditions.

Unless Bourns has explicitly designated an individual Bourns® product as meeting the requirements of a particular industry standard (e.g., ISO/TS 16949) or a particular qualification (e.g., UL listed or recognized), Bourns is not responsible for any failure of an individual Bourns® product to meet the requirements of such industry standard or particular qualification. Users of Bourns® products are responsible for ensuring compliance with safety-related requirements and standards applicable to their devices or applications.

Bourns® products are not recommended, authorized or intended for use in nuclear, lifesaving, life-critical or life-sustaining applications, nor in any other applications where failure or malfunction may result in personal injury, death, or severe property or environmental damage. Unless expressly and specifically approved in writing by two authorized Bourns representatives on a case-by-case basis, use of any Bourns® products in such unauthorized applications might not be safe and thus is at the user's sole risk. Life-critical applications include devices identified by the U.S. Food and Drug Administration as Class III devices and generally equivalent classifications outside of the United States.

Bourns expressly identifies those Bourns® standard products that are suitable for use in automotive applications on such products' data sheets in the section entitled "Applications." Unless expressly and specifically approved in writing by two authorized Bourns representatives on a case-by-case basis, use of any other Bourns® standard products in an automotive application might not be safe and thus is not recommended, authorized or intended and is at the user's sole risk. If Bourns expressly identifies a sub-category of automotive application in the data sheet for its standard products (such as infotainment or lighting), such identification means that Bourns has reviewed its standard product and has determined that if such Bourns® standard product is considered for potential use in automotive applications, it should only be used in such sub-category of automotive applications. Any reference to Bourns® standard product in the data sheet as compliant with the AEC-Q standard or "automotive grade" does not by itself mean that Bourns has approved such product for use in an automotive application.

Bourns® standard products are not tested to comply with United States Federal Aviation Administration standards generally or any other generally equivalent governmental organization standard applicable to products designed or manufactured for use in aircraft or space applications. Bourns expressly identifies Bourns® standard products that are suitable for use in aircraft or space applications on such products' data sheets in the section entitled "Applications." Unless expressly and specifically approved in writing by two authorized Bourns representatives on a case-by-case basis, use of any other Bourns® standard product in an aircraft or space application might not be safe and thus is not recommended, authorized or intended and is at the user's sole risk.

The use and level of testing applicable to Bourns® custom products shall be negotiated on a case-by-case basis by Bourns and the user for which such Bourns® custom products are specially designed. Absent a written agreement between Bourns and the user regarding the use and level of such testing, the above provisions applicable to Bourns® standard products shall also apply to such Bourns® custom products.

Users shall not sell, transfer, export or re-export any Bourns® products or technology for use in activities which involve the design, development, production, use or stockpiling of nuclear, chemical or biological weapons or missiles, nor shall they use Bourns® products or technology in any facility which engages in activities relating to such devices. The foregoing restrictions apply to all uses and applications that violate national or international prohibitions, including embargos or international regulations. Further, Bourns® products and Bourns technology and technical data may not under any circumstance be exported or re-exported to countries subject to international sanctions or embargoes. Bourns® products may not, without prior authorization from Bourns and/or the U.S. Government, be resold, transferred, or re-exported to any party not eligible to receive U.S. commodities, software, and technical data.

To the maximum extent permitted by applicable law, Bourns disclaims (i) any and all liability for special, punitive, consequential, incidental or indirect damages or lost revenues or lost profits, and (ii) any and all implied warranties, including implied warranties of fitness for particular purpose, non-infringement and merchantability.

For your convenience, copies of this Legal Disclaimer Notice with German, Spanish, Japanese, Traditional Chinese and Simplified Chinese bilingual versions are available at:

Web Page: <http://www.bourns.com/legal/disclaimers-terms-and-policies>

PDF: <http://www.bourns.com/docs/Legal/disclaimer.pdf>

C1753 05/17/18R

Figura F.10: Hoja de datos del 4400P página 4. Fuente [15]



**Features**

- RoHS compliant\* (see How to Order "Termination" option)
- Standard EIA package compatible with automatic placement equipment
- Tape and reel packaging standard
- Custom circuits are available
- Compliant leads to reduce solder joint fatiguing
- Standard electrical schematics: isolated, bussed, dual terminator
- Now available with improved tolerance to ±0.5 %

**4800P Series - Thick Film Surface Mounted Medium Body**

**Product Characteristics**

Resistance Range ..... 10 ohms to 2.2 megohms  
 Maximum Operating Voltage ..... 50 V  
 Temperature Coefficient of Resistance  
 50 Ω and above ..... ±100 ppm/°C  
 below 50 Ω ..... ±250 ppm/°C  
 TCR Tracking  
 (for equal values within a package)  
 ..... 50 ppm/°C max. for values > 50 Ω;  
 ..... 100 ppm/°C for values ≤ 50 Ω  
 Operating Temperature ..... -55 °C to +125 °C  
 Insulation Resistance  
 ..... 10,000 megohms min.  
 Dielectric Withstanding Voltage  
 ..... 200 VRMS  
 Lead Solderability ..... Meet requirements  
 of MIL-STD-202 Method 208

**Environmental Characteristics**

TESTS PER MIL-STD-202 ..... ΔR MAX.  
 Short Time Overload ..... ±0.25 %  
 Load Life ..... ±1.00 %  
 Moisture Resistance ..... ±0.50 %  
 Resistance to Soldering Heat ..... ±0.25 %  
 Thermal Shock ..... ±0.25 %

**Physical Characteristics**

Flammability ..... Conforms to UL94V-0  
 Lead Frame Material  
 ..... Copper, solder coated  
 Body Material ..... Thermoplastic

**How To Order**

**48 16 P - 1 - 103**

Model (48 = SOM Pkg.)

Number of Pins

Electrical Configuration  
 • 1 or 4 = Isolated\*  
 • 2 = Bussed\*  
 • 3 = Dual Terminator\*

Resistance Code  
 • First 2 digits are significant  
 • Third digit represents the number of zeros to follow.

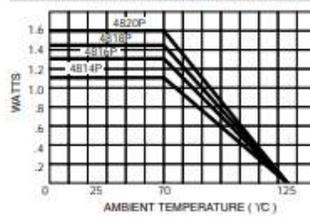
Resistance Tolerance  
 • Blank = ±2 % (see "Resistance Tolerance" on next page for resistance range)  
 • F = ±1 % (100 ohms - 1 megohm)  
 • D = ±0.5 % (100 ohms - 1 megohm)

Terminations  
 • All electrical configurations EXCEPT T03:  
 LF = RoHS compliant  
 • ONLY electrical configuration T03:  
 L = RoHS compliant  
 • Blank = Tin/Lead-plated

\*For tube packaging, use T01, T02, T03 or T04.  
 Consult factory for other available options.



**Package Power Temp. Derating Curve**

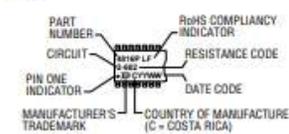


**Package Power Rating at 70 °C**

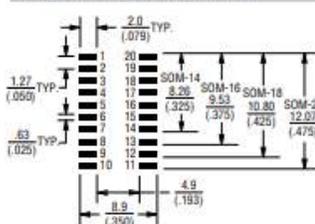
4814P	1.12 watts
4816P	1.28 watts
4818P	1.44 watts
4820P	1.60 watts

**Typical Part Marking**

Represents total content. Layout may vary.



**Recommended Land Pattern**

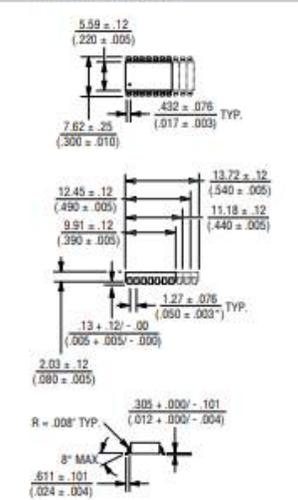


NOTE: Land pattern dimensions are based on design rules established by the Institute for Inter-IC connecting and Packaging Electronic Circuits Inc. IPC-SM-782.

For Standard Values Used in Capacitors, Inductors, and Resistors, [click here.](#)

\*RoHS Directive 2015/863, Mar 31, 2015 and Annex. Specifications are subject to change without notice. Users should verify actual device performance in their specific applications. The products described herein and this document are subject to specific legal disclaimers as set forth on the last page of this document, and at [www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf](http://www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf)

**Product Dimensions**



Lead coplanarity .102mm (.004 inch) max. at mounting surface.

Governing dimensions are in metric. Dimensions in parentheses are inches and are approximate.

\*Terminal centerline to centerline measurements made at point of emergence of the lead from the body.

Figura F.11: Hoja de datos del 4800P página 1. Fuente [16]

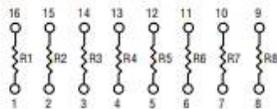
For information on specific applications, download Bourns' application notes:

- [DRAM Applications](#)
- [Dual Terminator Resistor Networks](#)
- [R/2R Ladder Networks](#)
- [SCSI Applications](#)

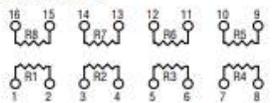
**4800P Series - Thick Film Surface Mounted Medium Body** **BOURNS®**

**Isolated Resistors (1 and 4 Circuits)**

Model 4814P-1  
Model 4816P-1 (Shown)  
Model 4818P-1  
Model 4820P-1



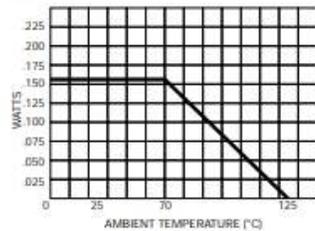
Model 4816P-4 (Shown)  
Model 4820P-4



**Resistance Tolerance**  
10 ohms to 49 ohms.....±1 ohm  
50 ohms to 2.2 megohms.....±2 %\*

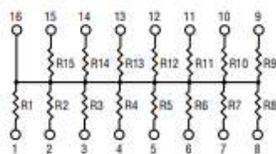
**Power Rating per Resistor**  
1 Circuit at 70 °C ..... 0.160 watt  
4 Circuit at 70 °C ..... 0.160 watt

**Resistor Power Temp. Derating Curve**



**Bussed Resistors (2 Circuit)**

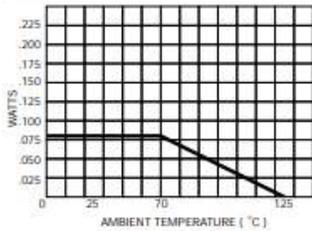
Model 4814P-2  
Model 4816P-2 (Shown)  
Model 4818P-2  
Model 4820P-2



**Resistance Tolerance**  
10 ohms to 49 ohms.....±1 ohm  
50 ohms to 2.2 megohms.....±2 %\*

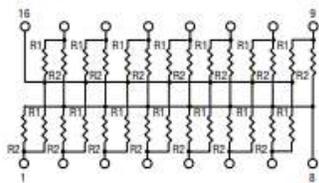
**Power Rating per Resistor**  
2 Circuit at 70 °C ..... 0.080 watt

**Resistor Power Temp. Derating Curve**



**Dual Terminator (3 Circuit)**

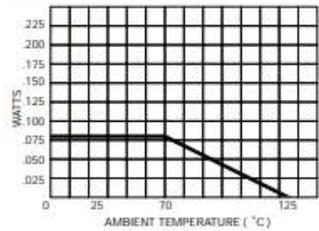
Model 4814P-3  
Model 4816P-3 (Shown)  
Model 4818P-3  
Model 4820P-3



**Resistance Tolerance**  
Below 100 ohms .....±2 ohms  
100 ohms to 2.2 megohms.....±2 %\*

**Power Rating per Resistor**  
3 Circuit at 70 °C ..... 0.080 watt

**Resistor Power Temp. Derating Curve**



**Popular Resistance Values (1, 4 and 2 Circuits)\*\***

Ohms	Code	Ohms	Code	Ohms	Code	Ohms	Code	Ohms	Code
10	100	180	181	1,800	182	15,000	153	120,000	124
22	220	220	221	2,000	202	18,000	183	150,000	154
27	270	270	271	2,200	222	20,000	203	180,000	184
33	330	330	331	2,700	272	22,000	223	220,000	224
39	390	390	391	3,300	332	27,000	273	270,000	274
47	470	470	471	3,900	392	33,000	333	330,000	334
56	560	560	561	4,700	472	39,000	393	390,000	394
68	680	680	681	5,600	562	47,000	473	470,000	474
82	820	820	821	6,800	682	56,000	563	560,000	564
100	101	1,000	102	8,200	822	68,000	683	680,000	684
120	121	1,200	122	10,000	103	82,000	823	820,000	824
150	151	1,500	152	12,000	123	100,000	104	1,000,000	105

\* Add "F" after resistance code for ±1 % tolerance available from 100 Ω through 1M Ω, or add "D" after resistance code for ±0.5 % tolerance available from 100 Ω through 1M Ω.  
Part number suffix examples: -103 = 10K Ω, ±2 %; -103F = 10K Ω, ±1 %; -103D = 10K Ω, ±0.5 %  
\*\* Non-standard values available, within resistance range.

**Popular Resistance Values (3 Circuit)\*\***

Resistance			
Ohms		Code	
R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
160	240	161	241
180	390	181	391
220	270	221	271
220	330	221	331
330	390	331	391
330	470	331	471
3,000	6,200	302	622

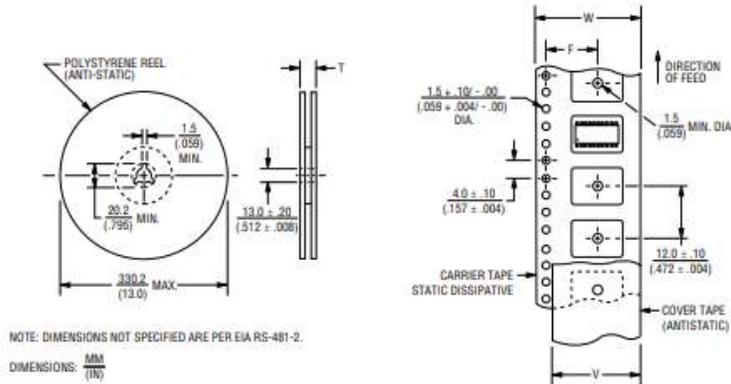
REV. 09/19  
Specifications are subject to change without notice. Users should verify actual device performance in their specific applications. The products described herein and this document are subject to specific legal disclaimers as set forth on the last page of this document, and at [www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf](http://www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf).

Figura F.12: Hoja de datos del 4800R página 2. Fuente [16]

**Surface Mount Ordering Guide** **BOURNS®**

Electrical Configuration	*Circuit Codes		Examples
	Tape & Reel	Tubes	
Isolated	1	T01	4816P-1-101
Bussed	2	T02	Isolated Circuit in Tape & Reel Package
Dual Terminated	3	T03	4816P-T01-101
Adj. Isolated	4	T04	Isolated Circuit in Slide Tube Package

\*4816P-X-RC: To specify package type, replace "X" with appropriate "Circuit Code".



Model	Standard Quantity per Reel	Carrier Tape Width (W)	Cover Tape Width (W)	Reel Width (T)	Pocket Center (F)
4814P	2,000	$\frac{24.0 \pm .30}{(.945 \pm .012)}$	$\frac{21.0}{(.827)}$ NOM.	$\frac{30.4}{(1.197)}$ MAX.	$\frac{11.5 \pm .10}{(.453 \pm .004)}$
4816P					
4818P					
4820P					

Leader Length = 500 min. } Empty Component Pockets  
 Trailer Length = 500 mm min. } Sealed with Cover Tape

**BOURNS®**

Asia-Pacific: Tel: +886-2 2562-4117 • Email: asiacus@bourns.com  
 EMEA: Tel: +36 88 885 877 • Email: eurocus@bourns.com  
 The Americas: Tel: +1-951 781-5500 • Email: americus@bourns.com  
[www.bourns.com](http://www.bourns.com)

REV. 09/19  
 Specifications are subject to change without notice.  
 Users should verify actual device performance in their specific applications.  
 The products described herein and this document are subject to specific legal disclaimers as set forth on the last page of this document, and at [www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf](http://www.bourns.com/docs/legal/disclaimer.pdf).

Figura F.13: Hoja de datos del 4800P página 3. Fuente [16]

**Legal Disclaimer Notice****BOURNS®**

This legal disclaimer applies to purchasers and users of Bourns® products manufactured by or on behalf of Bourns, Inc. and its affiliates (collectively, "Bourns").

Unless otherwise expressly indicated in writing, Bourns® products and data sheets relating thereto are subject to change without notice. Users should check for and obtain the latest relevant information and verify that such information is current and complete before placing orders for Bourns® products.

The characteristics and parameters of a Bourns® product set forth in its data sheet are based on laboratory conditions, and statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on Bourns' knowledge of typical requirements in generic applications. The characteristics and parameters of a Bourns® product in a user application may vary from the data sheet characteristics and parameters due to (i) the combination of the Bourns® product with other components in the user's application, or (ii) the environment of the user application itself. The characteristics and parameters of a Bourns® product also can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. Users should always verify the actual performance of the Bourns® product in their specific devices and applications, and make their own independent judgments regarding the amount of additional test margin to design into their device or application to compensate for differences between laboratory and real world conditions.

Unless Bourns has explicitly designated an individual Bourns® product as meeting the requirements of a particular industry standard (e.g., ISO/TS 16949) or a particular qualification (e.g., UL listed or recognized), Bourns is not responsible for any failure of an individual Bourns® product to meet the requirements of such industry standard or particular qualification. Users of Bourns® products are responsible for ensuring compliance with safety-related requirements and standards applicable to their devices or applications.

Bourns® products are not recommended, authorized or intended for use in nuclear, lifesaving, life-critical or life-sustaining applications, nor in any other applications where failure or malfunction may result in personal injury, death, or severe property or environmental damage. Unless expressly and specifically approved in writing by two authorized Bourns representatives on a case-by-case basis, use of any Bourns® products in such unauthorized applications might not be safe and thus is at the user's sole risk. Life-critical applications include devices identified by the U.S. Food and Drug Administration as Class III devices and generally equivalent classifications outside of the United States.

Bourns expressly identifies those Bourns® standard products that are suitable for use in automotive applications on such products' data sheets in the section entitled "Applications." Unless expressly and specifically approved in writing by two authorized Bourns representatives on a case-by-case basis, use of any other Bourns® standard products in an automotive application might not be safe and thus is not recommended, authorized or intended and is at the user's sole risk. If Bourns expressly identifies a sub-category of automotive application in the data sheet for its standard products (such as infotainment or lighting), such identification means that Bourns has reviewed its standard product and has determined that if such Bourns® standard product is considered for potential use in automotive applications, it should only be used in such sub-category of automotive applications. Any reference to Bourns® standard product in the data sheet as compliant with the AEC-Q standard or "automotive grade" does not by itself mean that Bourns has approved such product for use in an automotive application.

Bourns® standard products are not tested to comply with United States Federal Aviation Administration standards generally or any other generally equivalent governmental organization standard applicable to products designed or manufactured for use in aircraft or space applications. Bourns expressly identifies Bourns® standard products that are suitable for use in aircraft or space applications on such products' data sheets in the section entitled "Applications." Unless expressly and specifically approved in writing by two authorized Bourns representatives on a case-by-case basis, use of any other Bourns® standard product in an aircraft or space application might not be safe and thus is not recommended, authorized or intended and is at the user's sole risk.

The use and level of testing applicable to Bourns® custom products shall be negotiated on a case-by-case basis by Bourns and the user for which such Bourns® custom products are specially designed. Absent a written agreement between Bourns and the user regarding the use and level of such testing, the above provisions applicable to Bourns® standard products shall also apply to such Bourns® custom products.

Users shall not sell, transfer, export or re-export any Bourns® products or technology for use in activities which involve the design, development, production, use or stockpiling of nuclear, chemical or biological weapons or missiles, nor shall they use Bourns® products or technology in any facility which engages in activities relating to such devices. The foregoing restrictions apply to all uses and applications that violate national or international prohibitions, including embargos or international regulations. Further, Bourns® products and Bourns technology and technical data may not under any circumstance be exported or re-exported to countries subject to international sanctions or embargoes. Bourns® products may not, without prior authorization from Bourns and/or the U.S. Government, be resold, transferred, or re-exported to any party not eligible to receive U.S. commodities, software, and technical data.

To the maximum extent permitted by applicable law, Bourns disclaims (i) any and all liability for special, punitive, consequential, incidental or indirect damages or lost revenues or lost profits, and (ii) any and all implied warranties, including implied warranties of fitness for particular purpose, non-infringement and merchantability.

For your convenience, copies of this Legal Disclaimer Notice with German, Spanish, Japanese, Traditional Chinese and Simplified Chinese bilingual versions are available at:

Web Page: <http://www.bourns.com/legal/disclaimers-terms-and-policies>

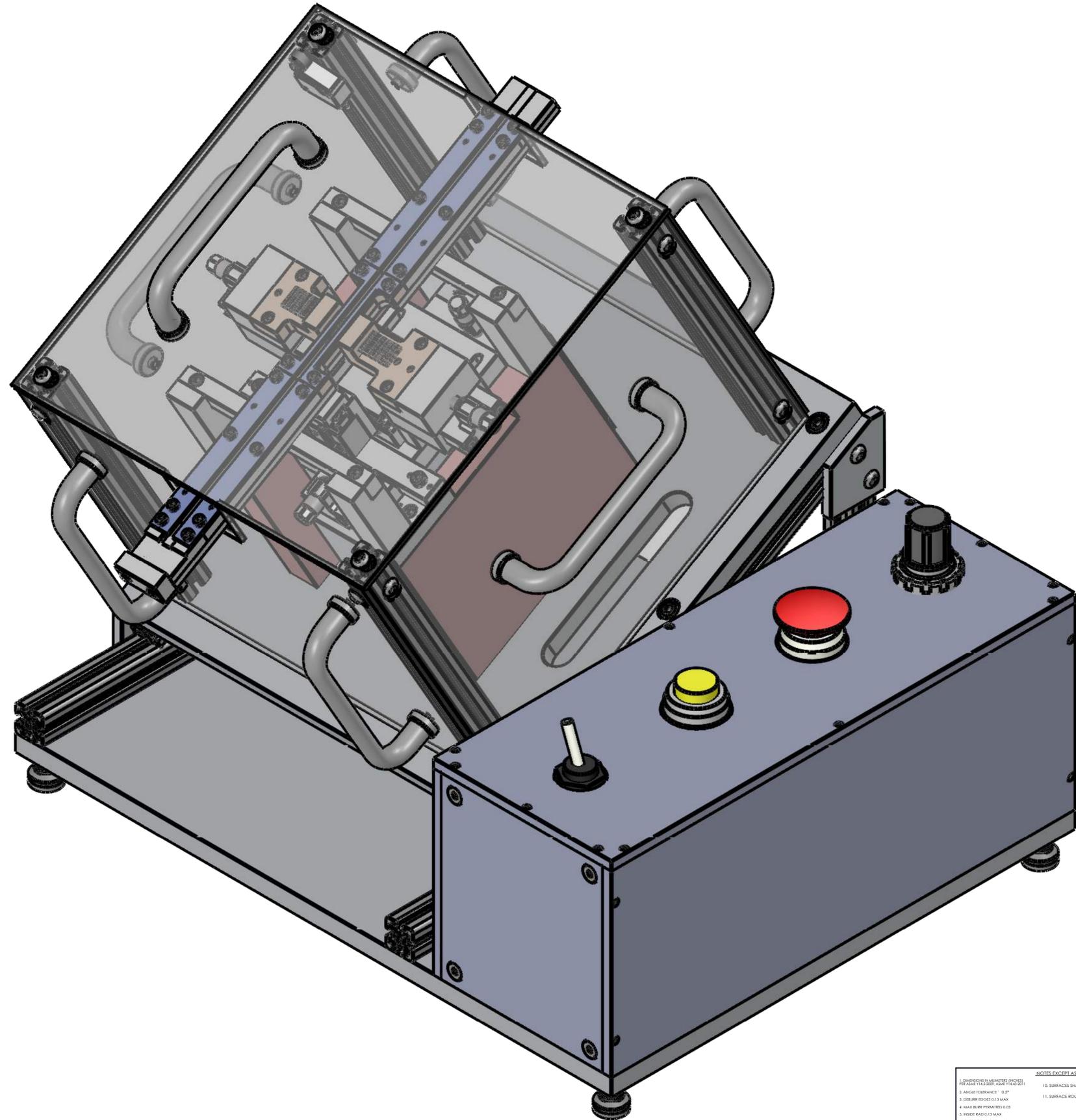
PDF: <http://www.bourns.com/docs/Legal/disclaimer.pdf>

C1753 05/17/18R

Figura F.14: Hoja de datos del 4800P página 4. Fuente [16]

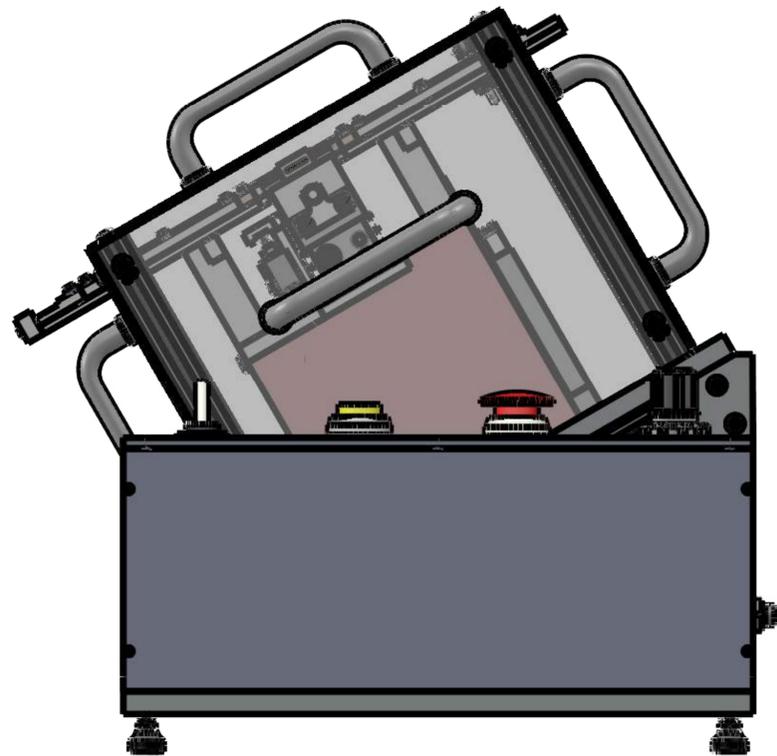
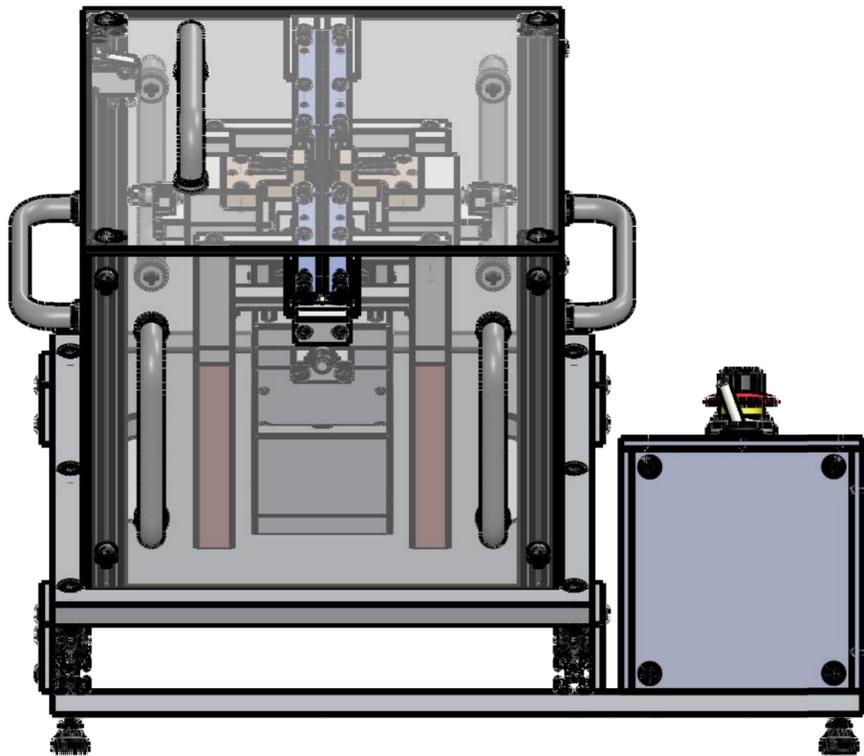
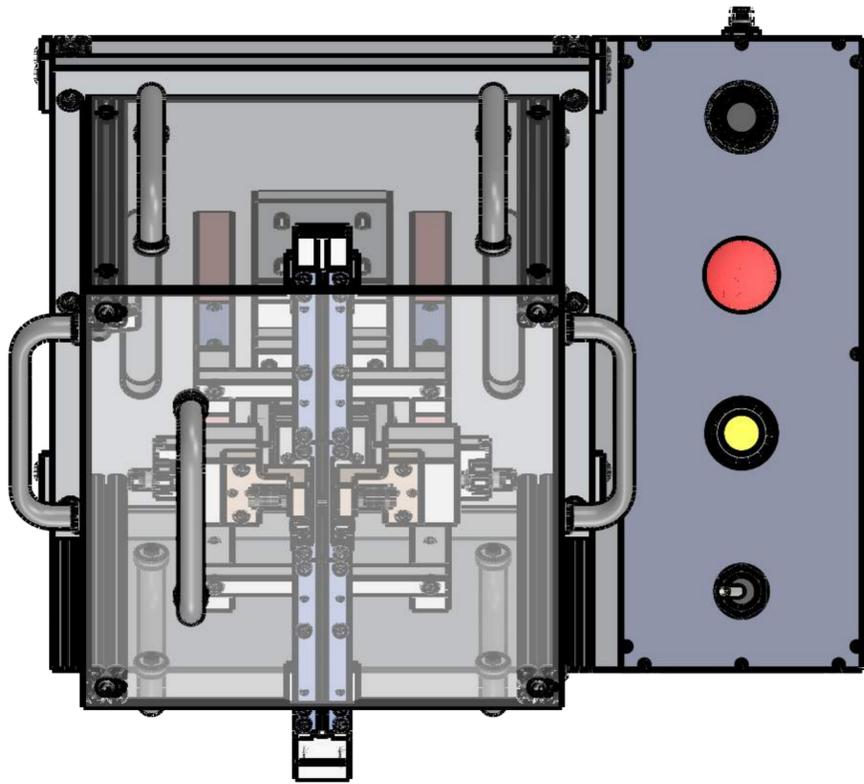
# Apéndice G

## Planos constructivos del acople mecánico



<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>1. DIMENSIONS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED PER ASME Y14.5M OR ASME Y14.5B</p> <p>2. HOLE TOLERANCE: <math>\pm 0.03</math></p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. HOLE RAO 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAO 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN DIMENSION OF FEATURE</p> <p>9. TOLERANCES: X.X 0.20 X.XX 0.05 X.XXX 0.005 X.XXX 0.0127</p>		<p>10. SURFACES SHALL BE S205 FLATNESS <math>\sqrt{0.025}</math></p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE <math>1.4 \mu\text{m}</math> / <math>63 \mu\text{in}</math></p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS <math>\sqrt{0.025}</math></p>		<p>Name: Eduardo González</p> <p>Date: 08/15/2021</p> <p>Design: Eduardo González</p> <p>Drawn: Eduardo González</p> <p>Check: -</p> <p>Approved: -</p>		<p>TRIMPOT HEREDIA, COSTA RICA</p> <p><b>ENSAMBLE GENERAL ACOPLE MECÁNICO</b></p> <p>SIZE: D MODIFI: 4XXX DWG NUMBER: EG4XXX</p> <p>Material: - HRC</p> <p>Heat Treat Finish: -</p> <p>QTY: 1 SHEET: 1 OF 57</p>	
--	--	--	--	---	--	--	--

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



#	Parte	Descripción	Cantidad	#	Parte estándar	Cantidad
1	RA4800	Guía aislante para 4800	1	1	M3 X 0.5 X 12mm Socket	16
2	RA4100	Guía aislante para 4100	1	2	M3 X 0.5 X 8mm Socket	4
3	RA4300	Guía aislante para 4300	1	3	M3 X 0.5 X 16mm Socket	12
4	RA4400	Guía aislante para 4400	1	4	M4 X 0.7 X 12mm Flat	12
5	F127	Acople para sondas 1.27mm	2	5	M4 X 0.7 X 10mm Socket	4
6	F254	Acople para sondas 2.54mm	2	6	M4 X 0.7 X 8mm Socket	2
7	VSR	Soporte de guías	4	7	M4 X 0.7 X 16mm Socket	12
8	ER4800	Extensión de guía para 4800	2	8	M5 X 0.8 X 12mm Socket	8
9	ER4100	Extensión de guía para 4100	2	9	M5 X 0.8 X 20mm Bottom	24
10	ER4300	Extensión de guía para 4300	2	10	M5 X 0.8 X 16mm Socket	14
11	ER4400	Extensión de guía para 4400	2	11	M5 X 0.8 X 12mm Socket	2
12	IR4800	Entrada para guía 4800	1	12	M2 X 0.4 X 12mm Flat	8
13	IR4100	Entrada para guía 4100	1	13	M8 X 1.0 X 20mm Socket	8
14	IR4300	Entrada para guía 4300	1	14	M8 X 1.0 X 24mm Socket	12
15	IR4400	Entrada para guía 4400	1	15	Dowel 3 X 12mm Socket	12
16	OR4800	Salida para guía 4800	1	16	Dowel 3 X 8mm	8
17	OR4100	Salida para guía 4100	1	17	Dowel 2 X 10mm	4
18	OR4300	Salida para guía 4300	1	18	Dowel 2 X 2mm	8
19	OR4400	Salida para guía 4400	1	19	Dowel 4mm	4
20	SOR	Tope de salida de la guía	1	20	Dowel 5 X 12mm	8
21	VTR	Soporte transversal de guías	2	21	Gota Perfil T 5 x20mm	24
22	CSR	Columna de soporte transversal	4	22	Acople 30 grados para Perfil T 20mm	2
23	ESC	Soporte de columnas	2	23	Sondas de pruebas 0.039"	20
24	SS	Pieza de seguro	2	24	Acople de sondas de prueba 0.039"	20
25	FPB	Acople para viga de pistón	2	25	MHL2.10D M4x3	1
26	VPP	Viga para acople del pistón	1	26	VM220U-02-30RA	1
27	SPP	Tope para pieza en guía	1	27	VFM2520-02-32Y-F	1
28	SPS	Tope para pistón	1	28	VFM250-02-08-F	1
29	YAA	Ajuste de pinza en eje Y	2	29	VM1010-4N-01	1
30	YAB	Guía de ajuste en eje Y	1	30	1976A	5
31	XAA	Ajuste de pinza en eje X	1	31	AR20-02B-RY-B	1
32	XAB	Guía de ajuste en eje X	1	32		
33	ZAA	Ajuste de pinza en eje Z	1	33		
34	ZAB	Ajuste de pinza posterior en eje Z	1			
35	ZAL	Ajuste de pinza lateral en eje Z	2			
36	ZAR	Guía de ajuste en eje Z	1			
37	FZA	Acople para ajuste en Z	1			
38	FSA	Acople para tornillo de ajuste	4			
39	AS	Tornillo de ajuste	4			
40	RRS	Tope de techo para guía	2			
41	ERS	Tope de techo para extensión de la guía	4			
42	SBASE	Base del acople	1			
43	BASE	Base estructural	1			
44	NCF	Cobertor neumático frontal	1			
45	NCL	Cobertor neumático lateral	1			
46	NCB	Cobertor neumático posterior	1			
47	NCT	Cobertor neumático superior	1			
48	NCLI	Cobertor neumático lateral con entrada de aire	1			
49	CSL	Cobertor de seguridad lateral	2			
50	CST	Cobertor de seguridad superior	1			
51	CSF	Cobertor de seguridad frontal	2			
52	PTSB	Perfil T 20mm base del acople	2			
53	PTB	Perfil T 20mm base estructural	2			
54	PTCS	Perfil T 20mm cobertor de seguridad	4			
55	PTNC	Perfil T 20mm cobertor neumático	4			

NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:

- 2-DIMENSIONAL DIMENSIONS (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED) PER ASME Y14.5M OR ASME Y14.5-2011
- ANGLE TOLERANCE: 0.5°
- DEBURR EDGES 0.15 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- ANGLE RAO 0.13 MAX
- OUTSIDE RAO 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTES CRITICAL DIMENSION
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN DIMENSION OF FEATURE
- TOLERANCES: XX 0.20, XXX 0.10, XXXX 0.05, XXXX 0.02
- SURFACE FINISH: 10. SURFACE SHALL BE 0.025 PLAINNESS (0.025) 11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.4 µm / 63 µm
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE 0.025

Production:

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE REPRODUCTION OR DISSEMINATION OF THIS PRINT OR THE CONTENTS THEREOF OR THE INFORMATION DERIVED THEREFROM WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF BOURNS INC. IS PROHIBITED. THIS PRINT IS THE PROPERTY OF BOURNS INC. AND IS TO BE RETURNED TO BOURNS INC. UPON REQUEST.

Material: **4XXX** **EG4XXX**

Recificado

QTY: 1 SHEET: 2 OF 57

NAME: Eduardo González DATE: 8/15/2021

DESIGN: Eduardo González 10/29/2021

CHECK: 10/29/2021

APPROVE: 10/29/2021

Stock Code: -----

Production:

Material: **4XXX** **EG4XXX**

Recificado

QTY: 1 SHEET: 2 OF 57

Rev: A

TRIMPOT  
HEREDIA, COSTA RICA

**LISTA DE PARTES**

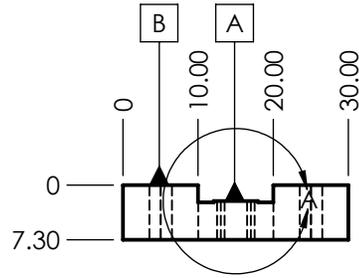
BOURNS®  
COSTA RICA

EG4XXX

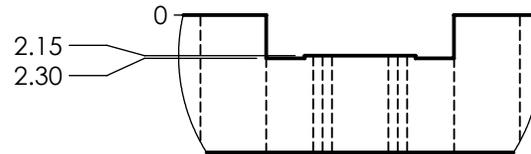
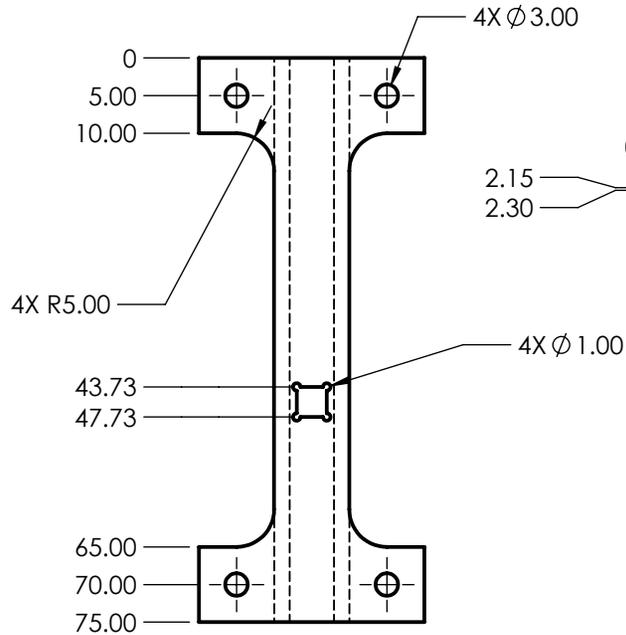
Recificado

QTY: 1 SHEET: 2 OF 57

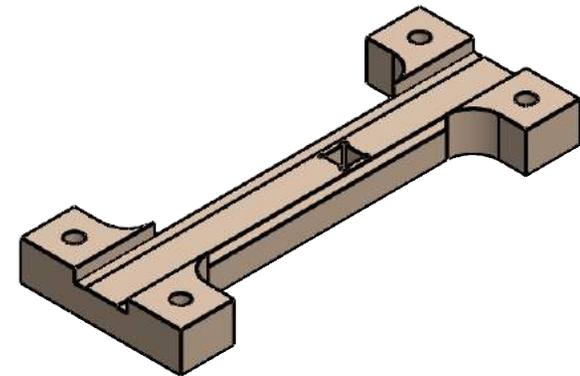
A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



0.025 A - B



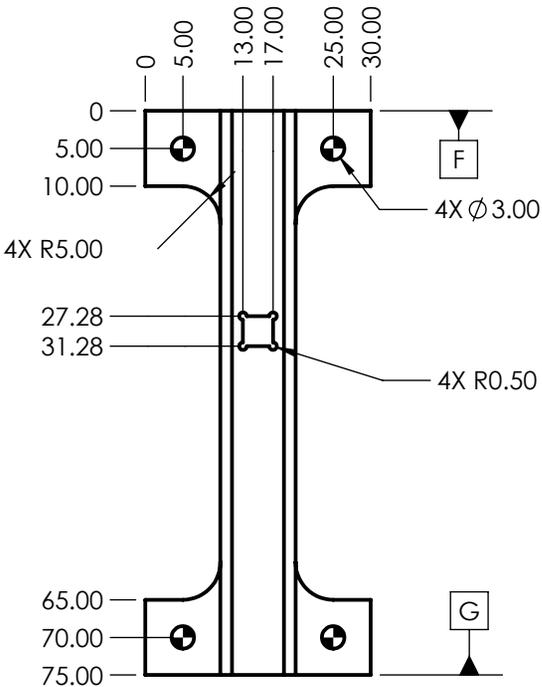
DETAIL A  
SCALE 2.5 : 1



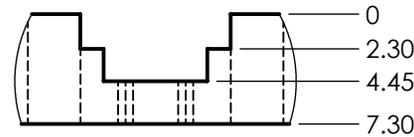
<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>
	<p>Stock Code: -----</p>
	<p>Projection: </p>
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

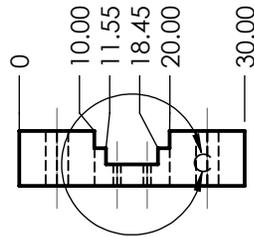
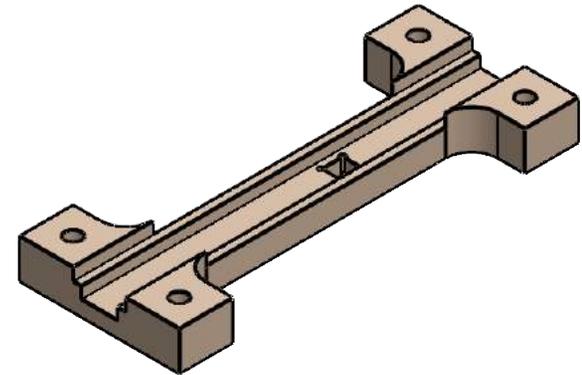
<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>		<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
<p>TITLE:</p> <p><b>GUÍA AISLANTE PARA 4800</b></p>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
A	48XX	<b>RA4800</b>	A
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:
PEEK	- HRC	Rectificado	1
		SHEET:	
		3 OF 57	



0.025 F G



DETAIL C  
SCALE 2 : 1

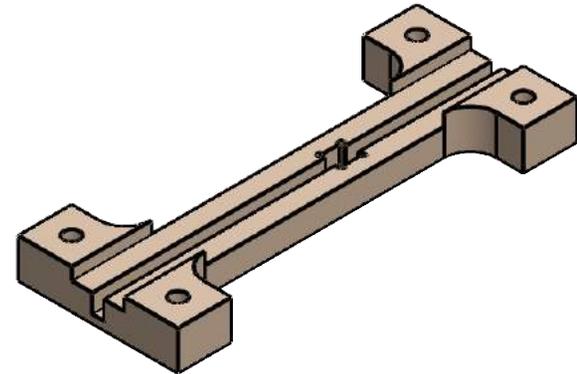
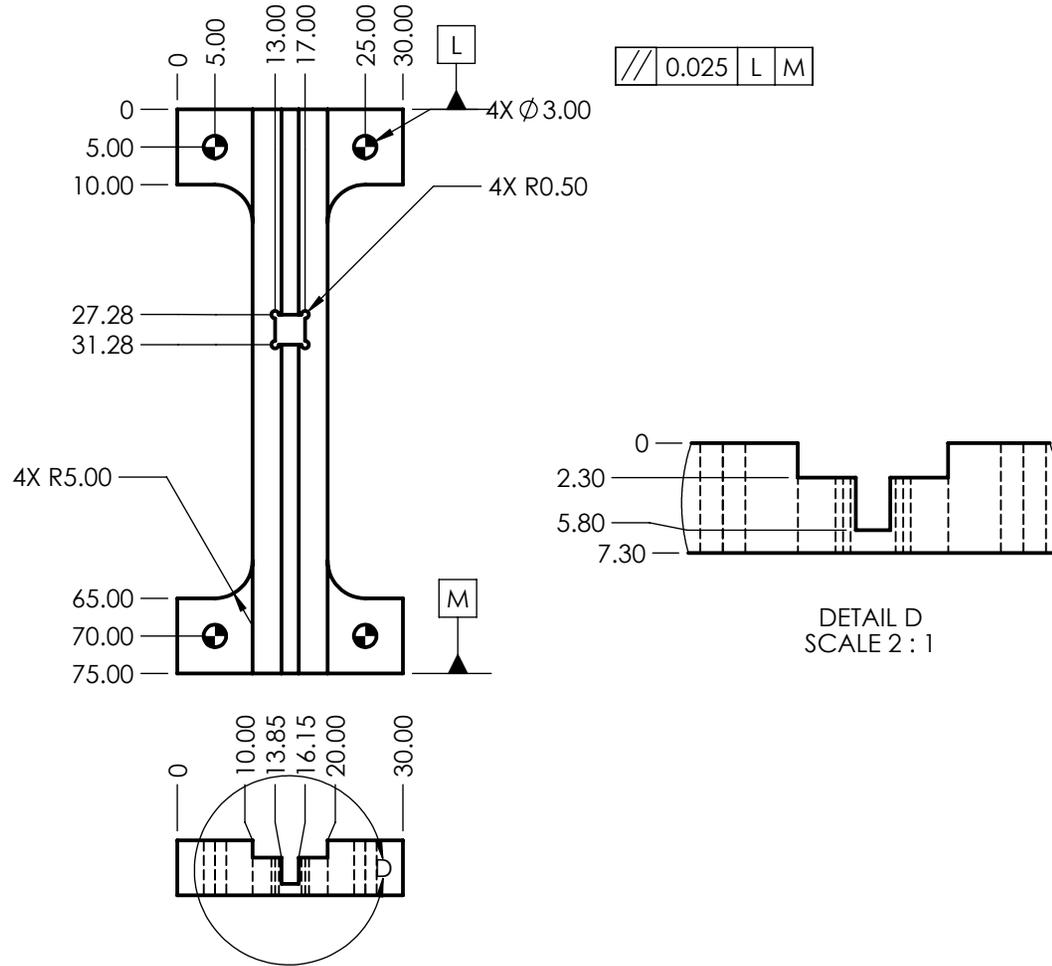


<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>		<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>
Stock Code:	-----	
Projection:		

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>		<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
TITLE:			
<p><b>GUÍA AISLANTE PARA 4100</b></p>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
A	41XX	<b>RA4100</b>	A
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:
PEEK	- HRc	Rectificado	1
		SHEET:	4 OF 57



NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:

- DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- ANGLE TOLERANCE ° 0.5°
- DEBURR EDGES 0.13 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- INSIDE RAD 0.13 MAX
- OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- TOLERANCES: X.X ° 0.20  
X.XX ° 0.05  
X.XXX ° 0.025  
X.XXXX ° 0.0127
- SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS
- SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm / 63 µin
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:

Stock Code: -----

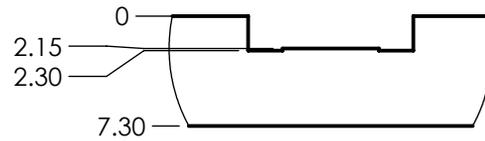
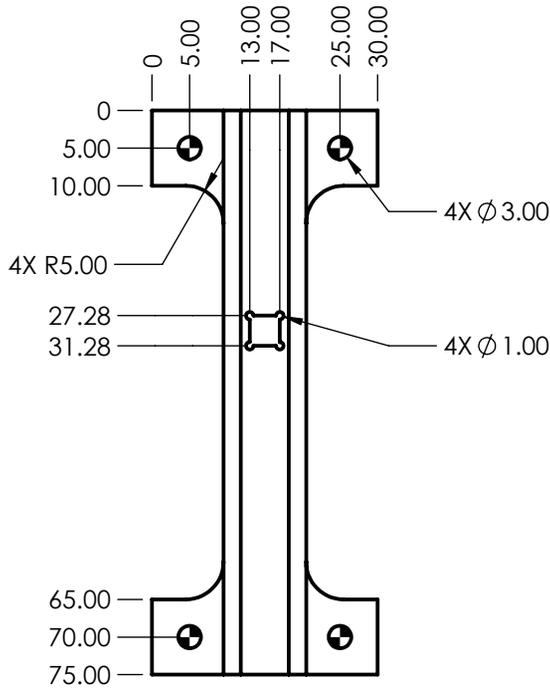
Projection:

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

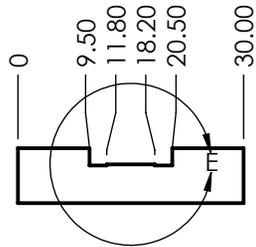
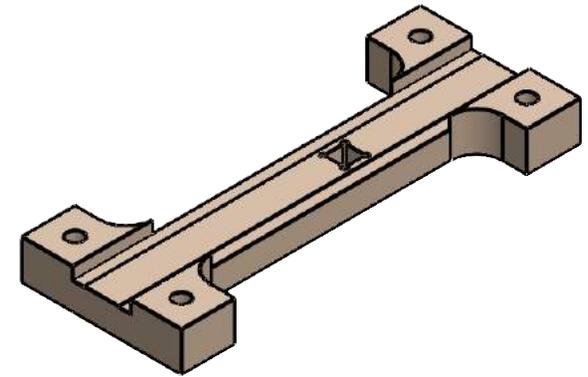
THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
TITLE: <b>GUÍA AISLANTE PARA 4300</b>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>43XX</b>	DWG NUMBER <b>RA4300</b>	REV <b>A</b>
Material: <b>PEEK</b>	Heat Treat: Finish: <b>- HRC</b>	<b>Rectificado</b>	QTY: <b>1</b> SHEET: <b>5 OF 57</b>

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



DETAIL E  
SCALE 2 : 1



<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: .XX ° 0.20 .XXX ° 0.05 .XXXX ° 0.025 .XXXXX ° 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE <math>1.6 \mu m</math> <math>63 \mu in</math> </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>
	<p>Stock Code:</p> <p>-----</p>
	<p>Projection:</p>
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>

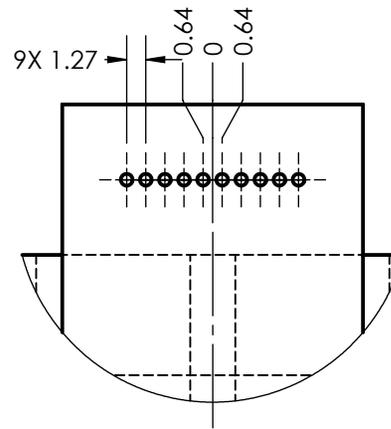
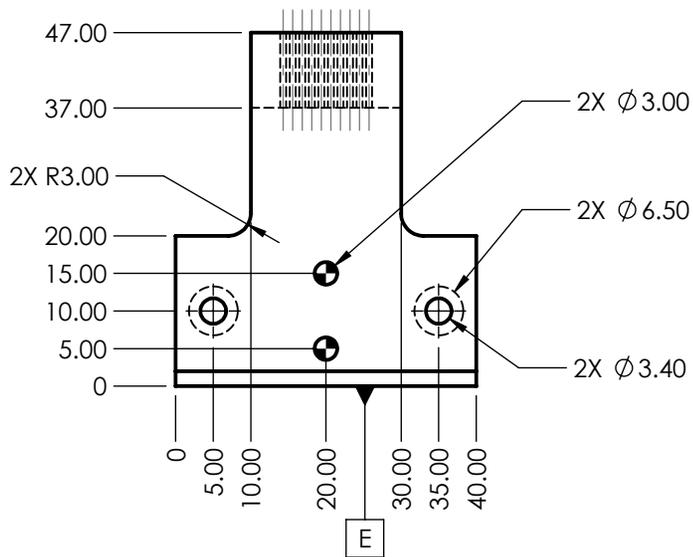
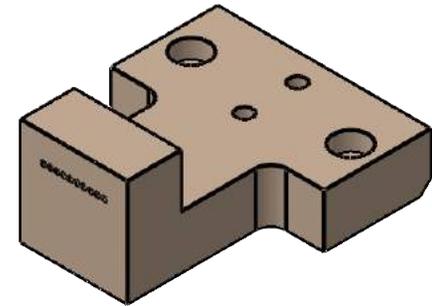
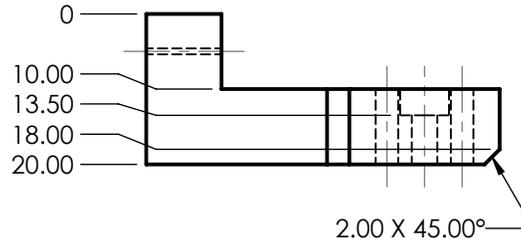
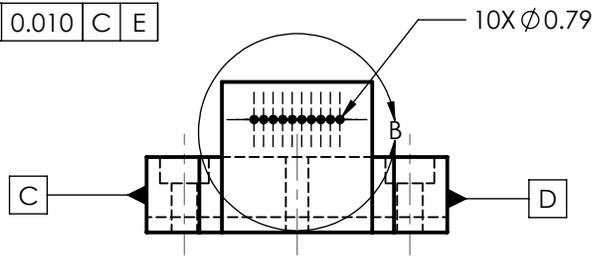
Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>		<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
<p>TITLE:</p> <p><b>GUÍA AISLANTE PARA 4400</b></p>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
<b>A</b>	<b>44XX</b>	<b>RA4400</b>	<b>A</b>
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:
PEEK	- HRC	Rectificado	1
		SHEET:	6 OF 57

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.

0.025 C D

0.010 C E

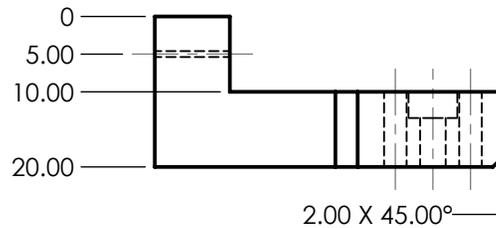
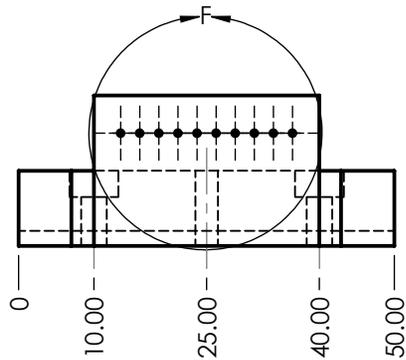
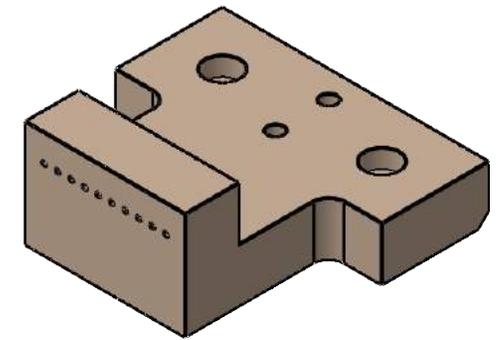
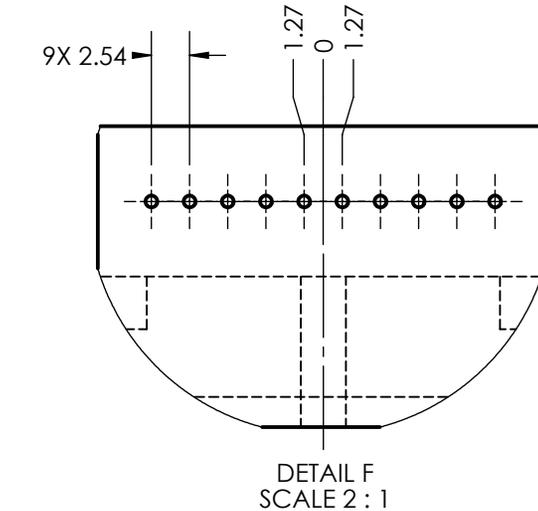
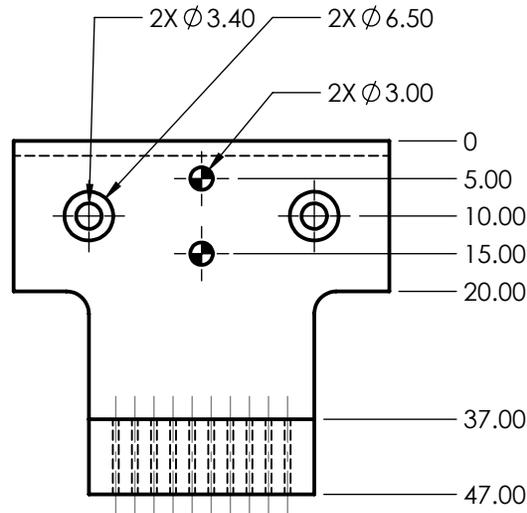


DETAIL B  
SCALE 2 : 1

<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE <math>1.6 \mu m</math> <math>63 \mu in</math></p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>
	<p>Stock Code:</p> <p>-----</p>
	<p>Projection:</p>
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>		<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
<p>TITLE:</p> <p><b>ACOPLE PARA SONDAS 1.27MM</b></p>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
A	4XXX	<b>F127</b>	A
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:
PEEK	- HRC	Rectificado	2
		SHEET:	7 OF 57



NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:

- DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- ANGLE TOLERANCE 0.5°
- DEBURR EDGES 0.13 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- INSIDE RAD 0.13 MAX
- OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- TOLERANCES: X.X 0.20  
X.XX 0.05  
X.XXX 0.025  
X.XXXX 0.0127
- SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS
- SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm / 63 µin
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:

Stock Code: -----

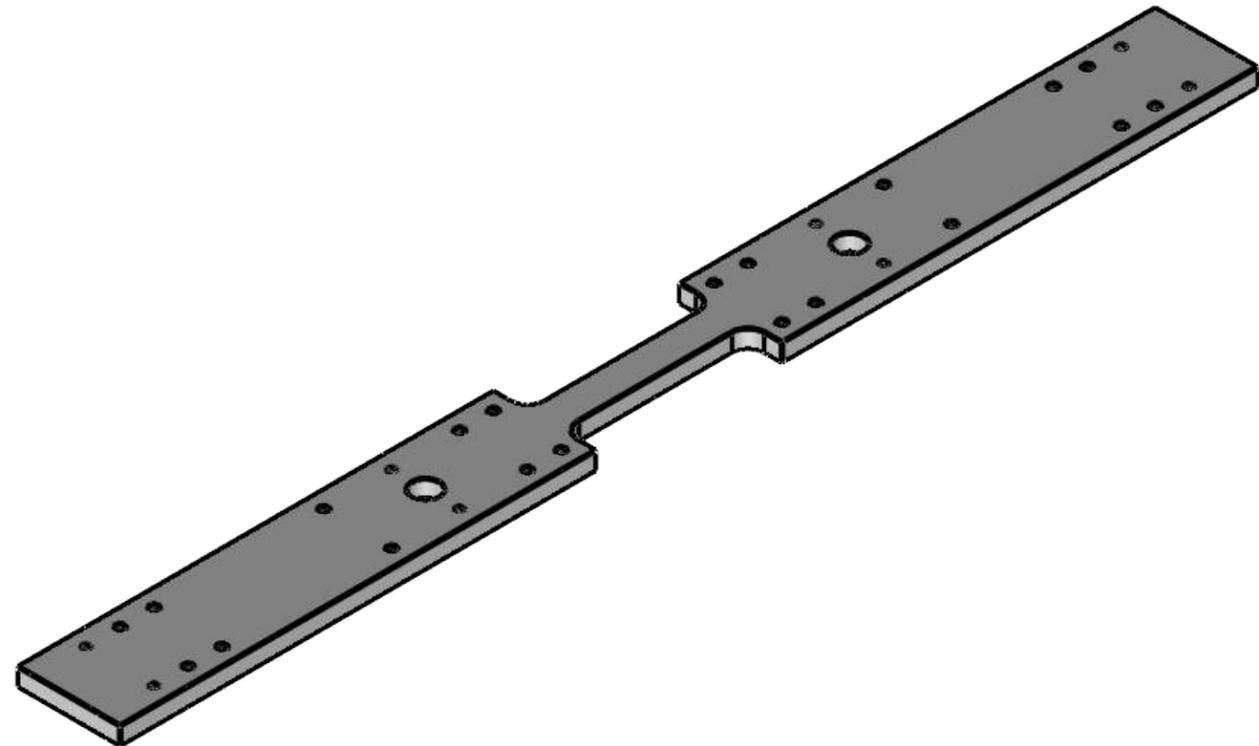
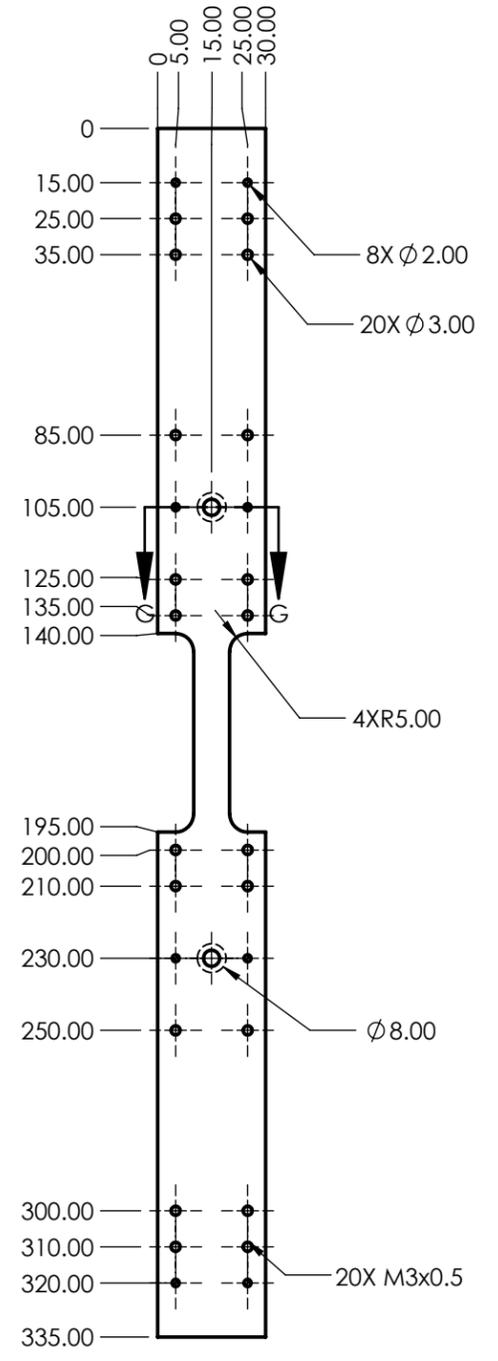
Projection:

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
TITLE: <b>ACOPLE PARA SONDAS 2.54MM</b>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER <b>F254</b>	REV <b>A</b>
Material: <b>PEEK</b>	Heat Treat: Finish: <b>- Hrc</b>	<b>Rectificado</b>	QTY: <b>2</b> SHEET: <b>8 OF 57</b>

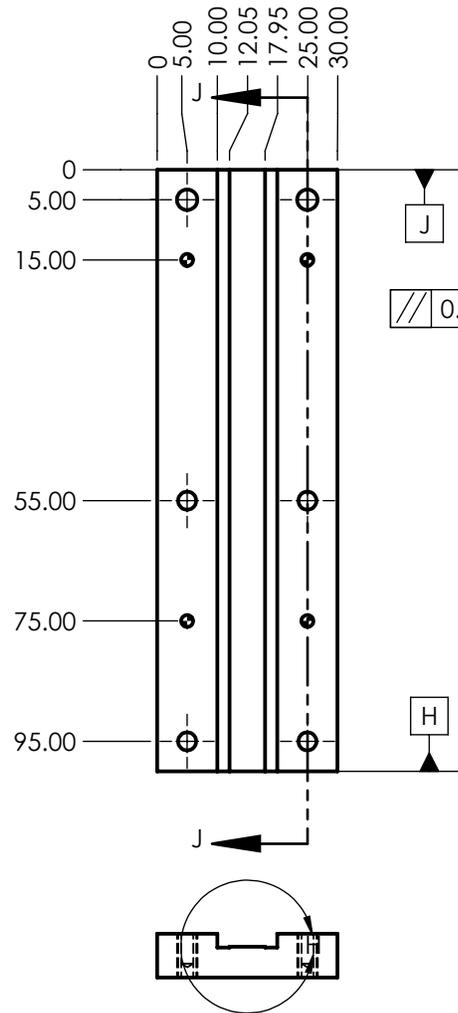
A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



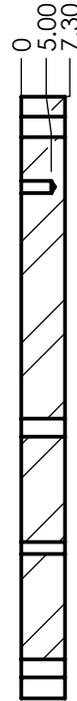
<p><b>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</b></p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X * 0.20 X.XX * 0.05 X.XXX * 0.025 X.XXXX * 0.0127</p>	<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µm</p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>	<p>Name: _____ Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>	<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	<p><b>TITLE:</b></p> <p><b>SOPORTE DE GUÍAS</b></p>				
	<p>Stock Code: _____</p> <p>Projection: </p>	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS, THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>			<p>SIZE: <b>B</b></p>	<p>Model: <b>4XXX</b></p>	<p>DWG NUMBER: <b>VSR</b></p>	<p>REV: <b>A</b></p>
	<p>Material: <b>AISI 1045</b></p>		<p>Heat Treat: <b>- HRc</b></p>	<p>Finish: <b>Rectificado</b></p>	<p>QTY: <b>4</b></p>	<p>SHEET: <b>9 OF 57</b></p>		

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.

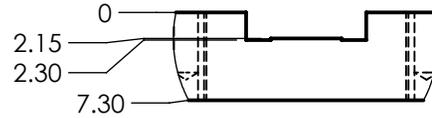
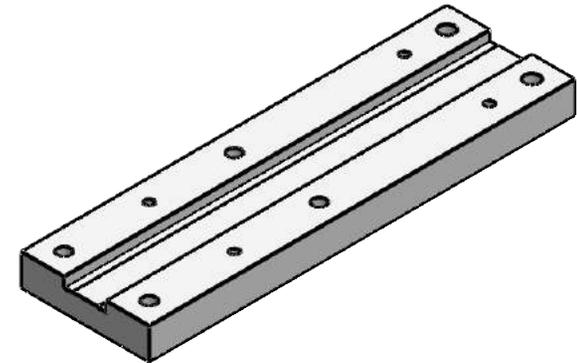
A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



0.025 H J



SECTION J-J  
SCALE 1 : 1.25



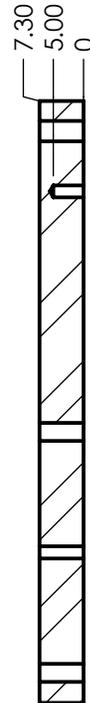
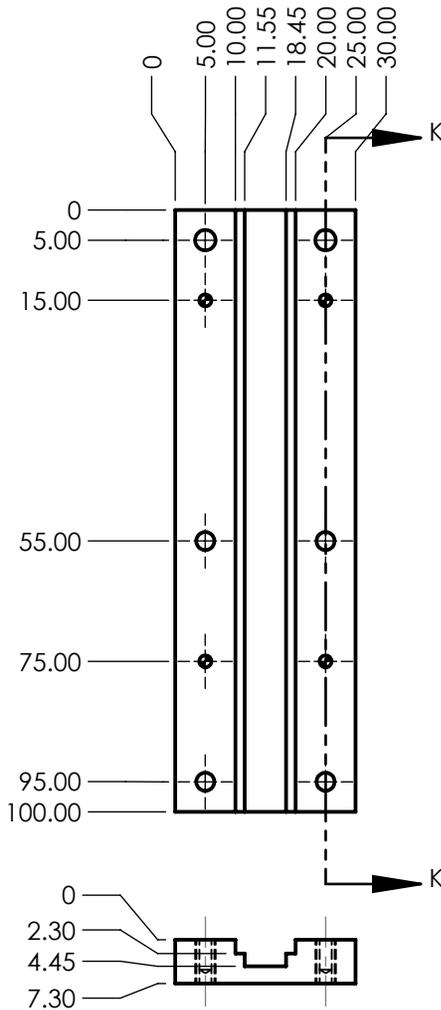
DETAIL H  
SCALE 2 : 1.25

<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>		<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>
Stock Code:	-----	
Projection:		

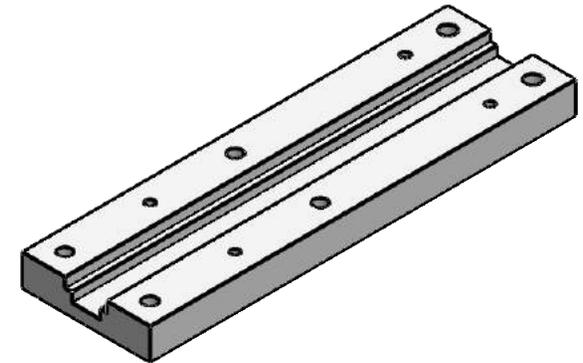
Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>		<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
TITLE:			
<p><b>EXTENSIÓN DE GUÍA PARA 4800</b></p>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
A	4XXX	<b>ER4800</b>	A
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:
AISI 1045	- Hrc	Rectificado	2
		SHEET:	10 OF 57



SECTION K-K  
SCALE 1 : 1.25



**NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:**

1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°
3. DEBURR EDGES 0.13 MAX
4. MAX BURR PERMITTED 0.05
5. INSIDE RAD 0.13 MAX
6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX
7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
9. TOLERANCES: X.X ° 0.20  
X.XX ° 0.05  
X.XXX ° 0.025  
X.XXXX ° 0.0127
10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS
11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm / 63 µin
12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:

Stock Code: -----

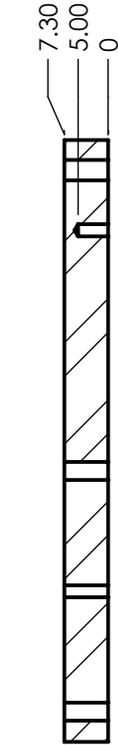
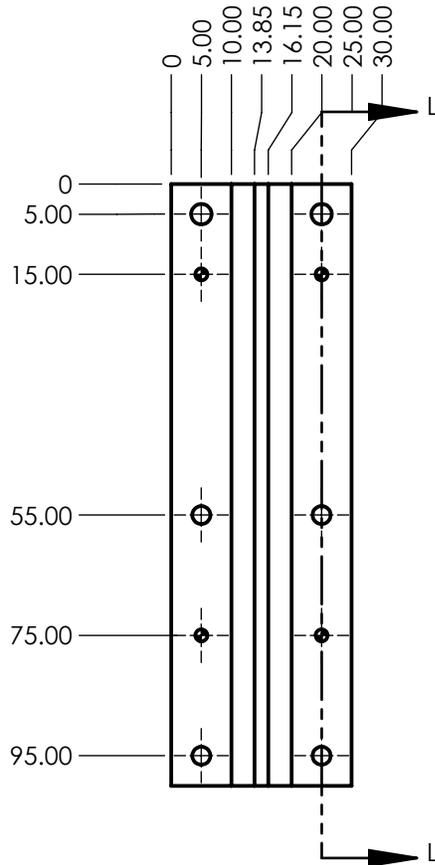
Projection:

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

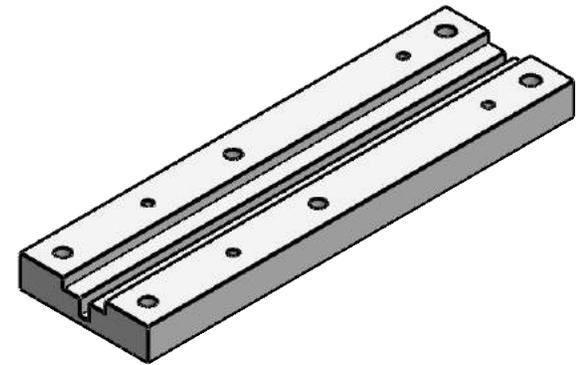
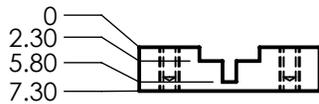
THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
TITLE: <b>EXTENSIÓN DE GUÍA PARA 4100</b>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER <b>ER4100</b>	REV <b>A</b>
Material: AISI 1045	Heat Treat: Finish: - HRC	QTY: <b>2</b>	SHEET: 11 OF 57

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



SECTION L-L  
SCALE 1 : 1.25

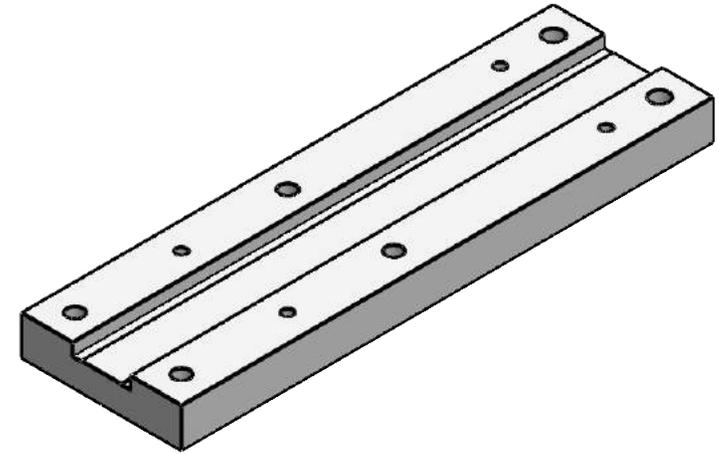
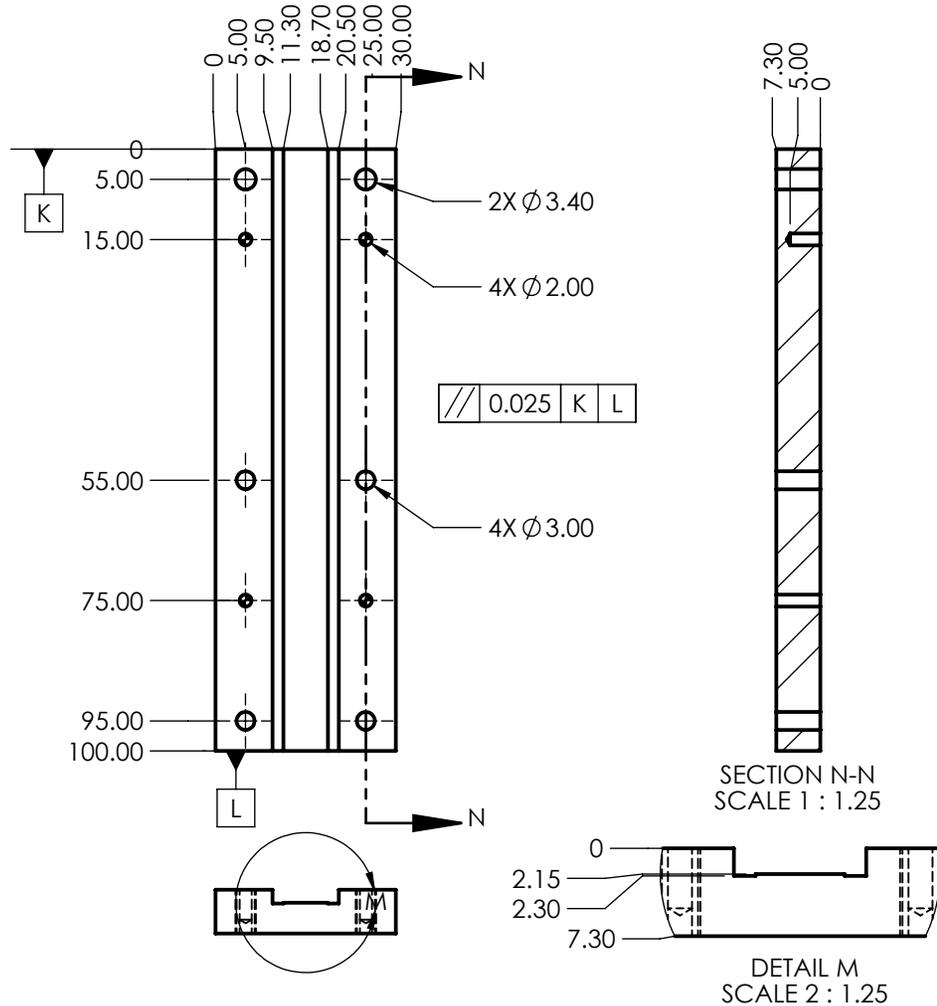


<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>		<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS  0.025</p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE <math>1.6 \mu\text{m}</math> <math>63 \mu\text{in}</math> </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:  0.025</p>
<p>Stock Code: -----</p>		
<p>Projection: </p>		

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>		<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
<p>TITLE: <b>EXTENSIÓN DE GUÍA PARA 4300</b></p>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER <b>ER4300</b>	REV <b>A</b>
Material: <b>AISI 1045</b>	Heat Treat: Finish: <b>- HRC</b>	QTY: <b>2</b>	SHEET: <b>12 OF 57</b>



**NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:**

- DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- ANGLE TOLERANCE ° 0.5°
- DEBURR EDGES 0.13 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- INSIDE RAD 0.13 MAX
- OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- TOLERANCES: X.X ° 0.20  
X.XX ° 0.05  
X.XXX ° 0.025  
X.XXXX ° 0.0127
- SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS
- SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm / 63 µin
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:

Stock Code: -----

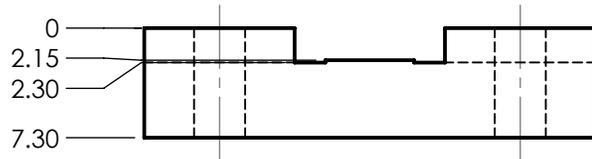
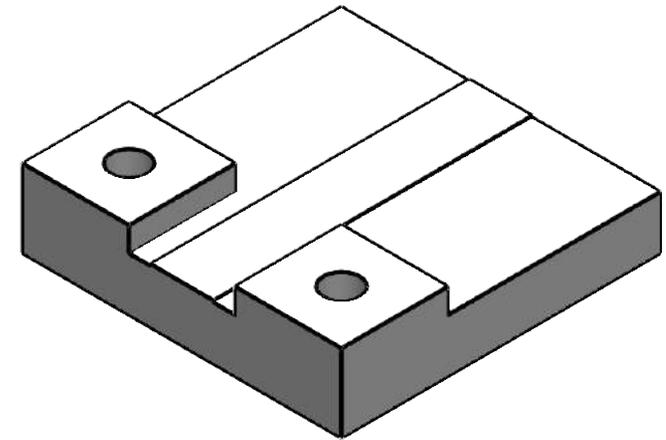
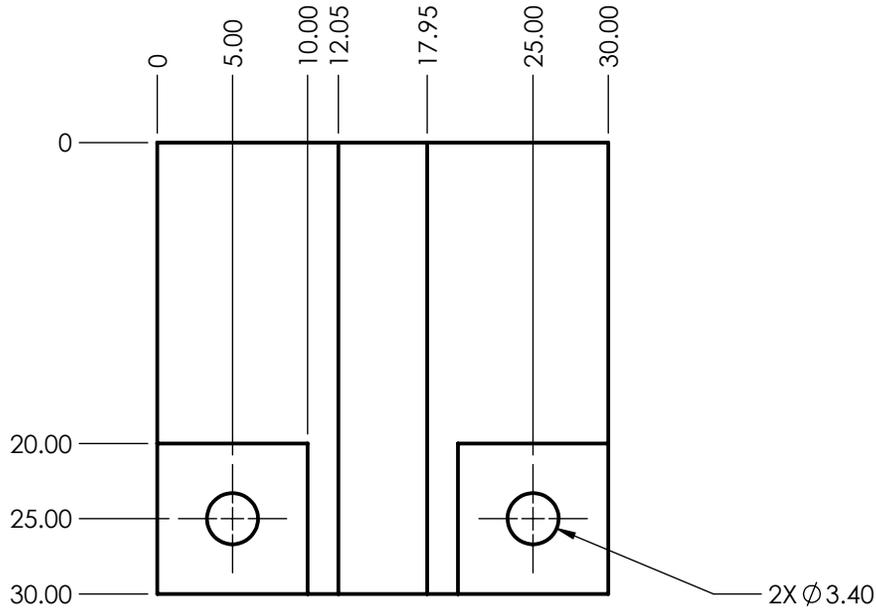
Projection:

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
TITLE: <b>EXTENSIÓN DE GUÍA PARA 4400</b>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER <b>ER4400</b>	REV <b>A</b>
Material: AISI 1045	Heat Treat: Finish: - HRC	QTY: <b>2</b>	SHEET: 13 OF 57

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



**NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:**

- DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- ANGLE TOLERANCE ° 0.5°
- DEBURR EDGES 0.13 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- INSIDE RAD 0.13 MAX
- OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- TOLERANCES: X.X ° 0.20  
X.XX ° 0.05  
X.XXX ° 0.025  
X.XXXX ° 0.0127
- SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS
- SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm / 63 µin
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:

Stock Code: -----

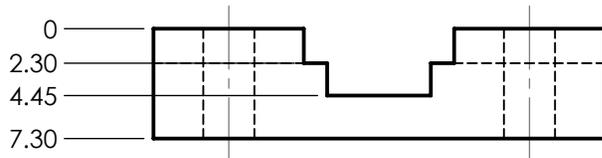
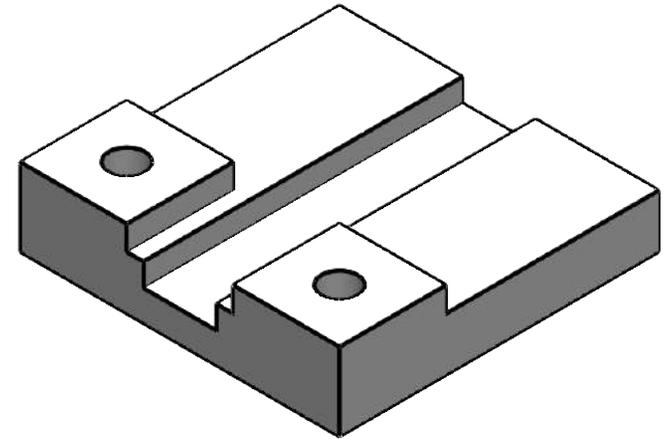
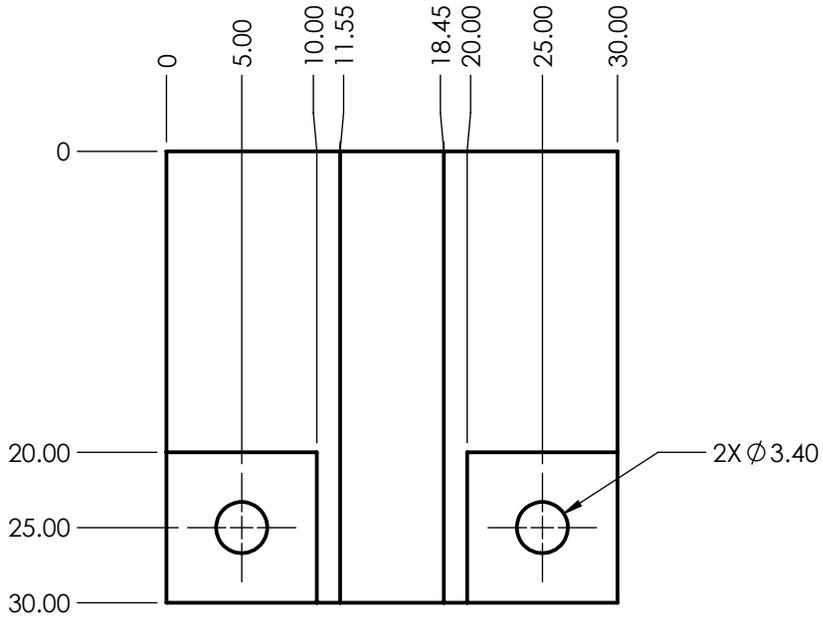
Projection:

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
TITLE: <b>ENTRADA PARA GUÍA 4800</b>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER <b>IR4800</b>	REV <b>A</b>
Material: <b>AIS 1045</b>	Heat Treat: Finish: <b>- HRC</b>	<b>Rectificado</b>	QTY: <b>1</b> SHEET: <b>14 OF 57</b>

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



**NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:**

- DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- ANGLE TOLERANCE ° 0.5°
- DEBURR EDGES 0.13 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- INSIDE RAD 0.13 MAX
- OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- TOLERANCES: X.X ° 0.20  
X.XX ° 0.05  
X.XXX ° 0.025  
X.XXXX ° 0.0127
- SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS
- SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm / 63 µin
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:

Stock Code: -----

Projection:

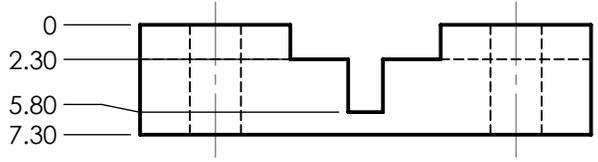
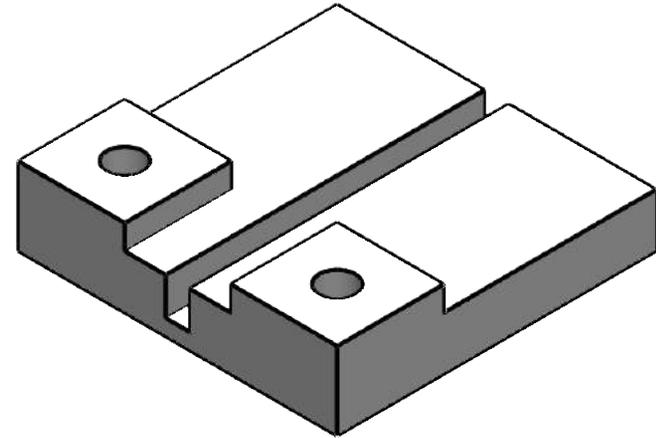
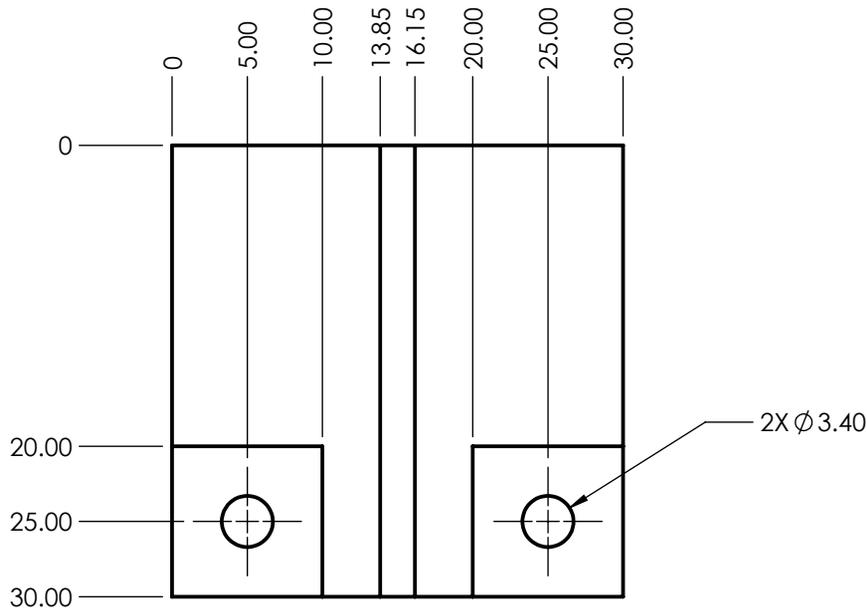
Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
TITLE: <b>ENTRADA PARA GUÍA 4100</b>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER <b>IR4100</b>	REV <b>A</b>
Material: <b>ASIS 1045</b>	Heat Treat: <b>- Hrc</b>	Finish: <b>Rectificado</b>	QTY: <b>1</b> SHEET: <b>15 OF 57</b>

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



**NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:**

- DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- ANGLE TOLERANCE ° 0.5°
- DEBURR EDGES 0.13 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- INSIDE RAD 0.13 MAX
- OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- TOLERANCES: X.X ° 0.20  
X.XX ° 0.05  
X.XXX ° 0.025  
X.XXXX ° 0.0127
- SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS
- SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm / 63 µin
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:

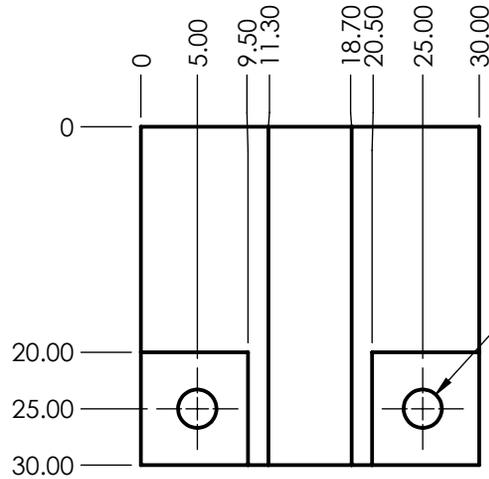
Stock Code: **\*\*\*\*\***

Projection:

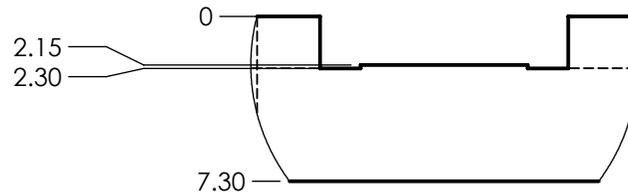
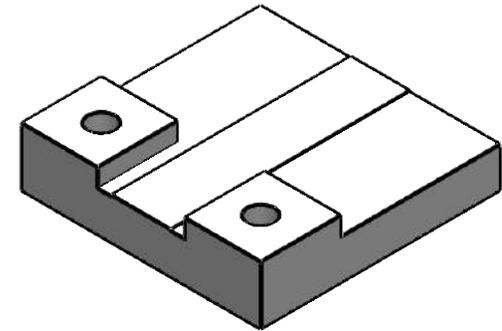
Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

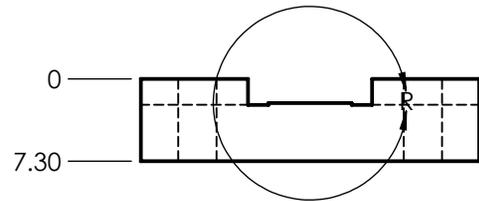
<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
TITLE: <b>ENTRADA PARA GUÍA 4300</b>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER <b>IR4300</b>	REV <b>A</b>
Material: <b>AISI 1045</b>	Heat Treat: <b>- HRc</b>	Finish: <b>Rectificado</b>	QTY: <b>1</b>
		SHEET: <b>16 OF 57</b>	



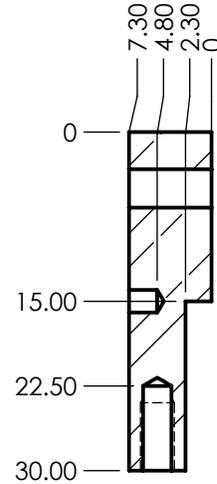
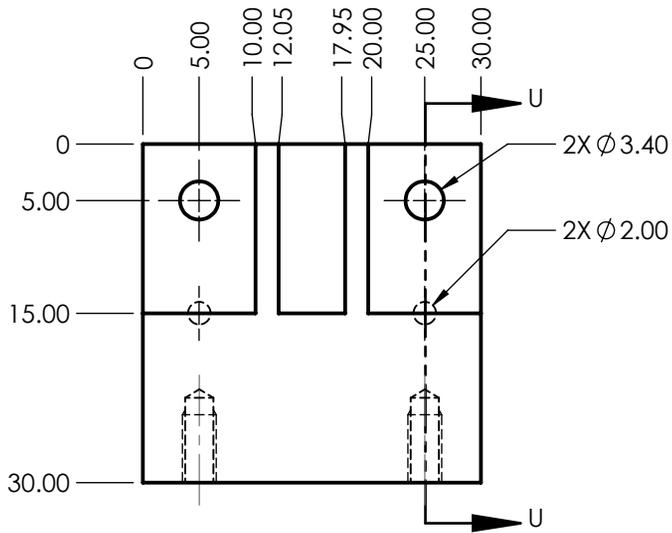
2X Ø 3.40



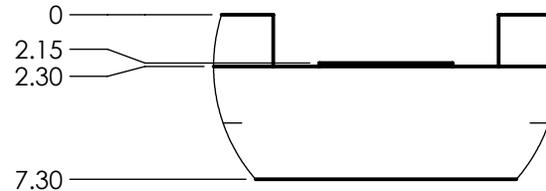
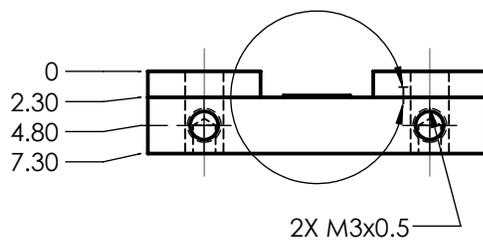
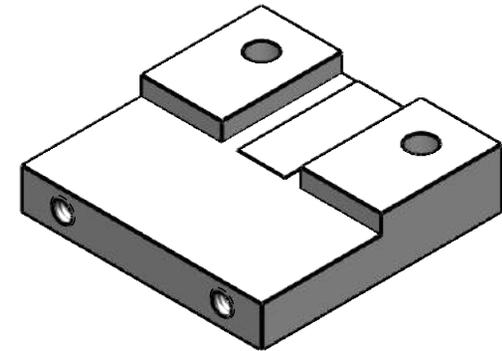
DETAIL R  
SCALE 3 : 1



<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm / 63 µin </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>	<p>Name: _____ Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>	<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>		
	<p>Stock Code: _____</p>	<p>Material: AISI 1045</p>	<p>Model: 4XXX</p>	<p>DWG NUMBER: IR4400</p>	<p>REV: A</p>
	<p>Projection: </p>	<p>Heat Treat: - HRC</p>	<p>Finish: Rectificado</p>	<p>QTY: 1</p>	<p>SHEET: 17 OF 57</p>
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>	<p>TITLE: <b>ENTRADA PARA GUÍA 4400</b></p>			



SECTION U-U  
SCALE 1.5 : 1



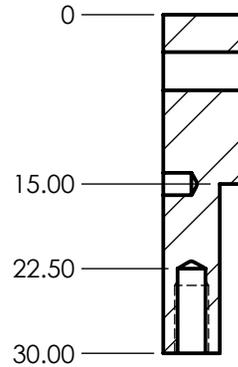
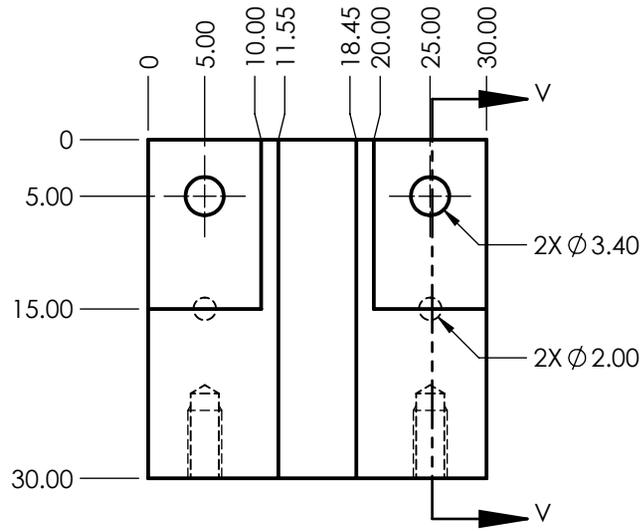
DETAIL T  
SCALE 3 : 1

<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>		<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS  0.025</p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE <math>1.6 \mu\text{m}</math> <math>63 \mu\text{in}</math> </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:  0.025</p>
<p>Stock Code: -----</p>		
<p>Projection: </p>		

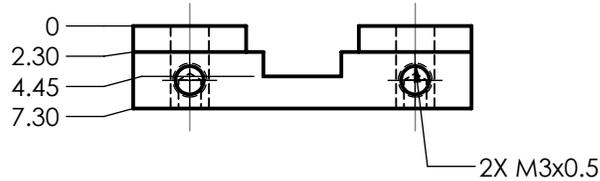
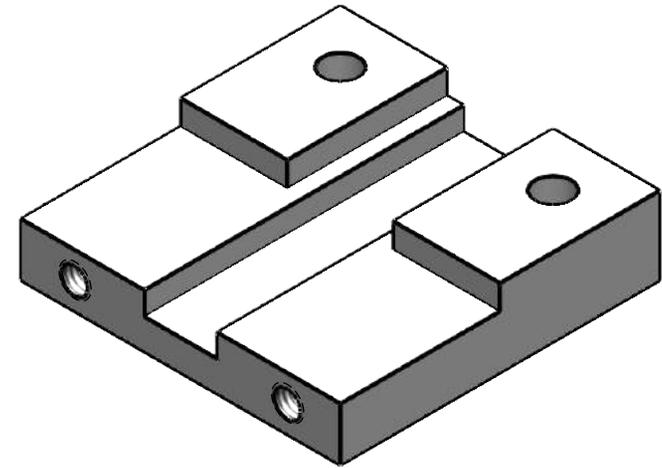
Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>		<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
<p>TITLE:</p> <p><b>SALIDA PARA GUÍA 4800</b></p>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
A	4XXX	<b>OR4800</b>	A
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:
AISI 1045	- HRC	Rectificado	1
SHEET:		18 OF 57	



SECTION V-V  
SCALE 1.5 : 1



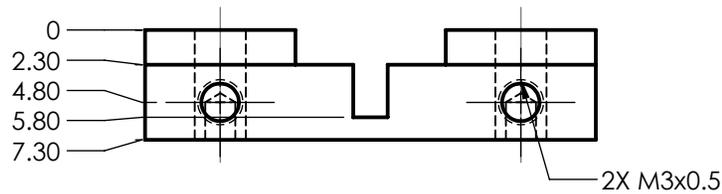
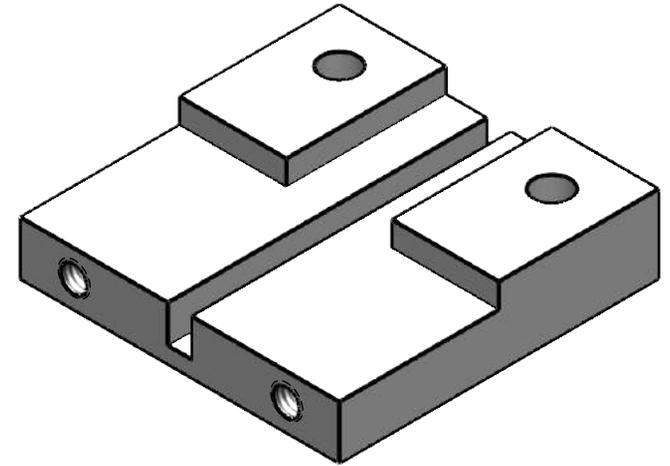
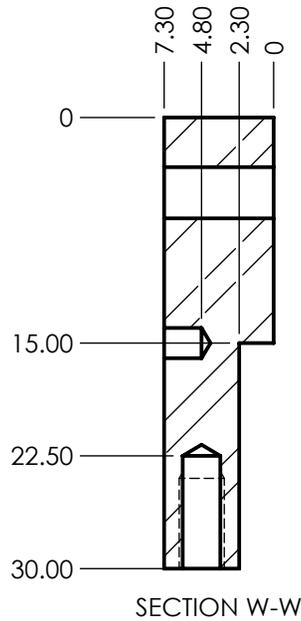
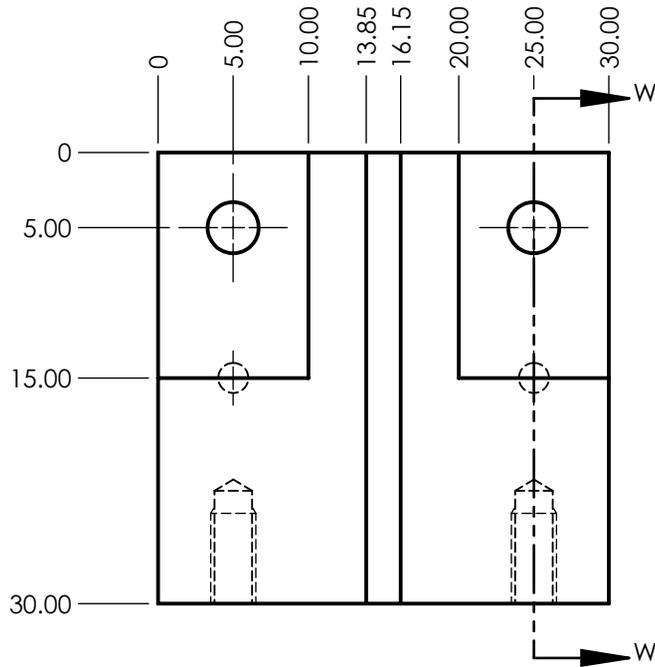
<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>		<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>
<p>Stock Code:</p> <p>-----</p>	<p>Projection:</p>	

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>		<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
<p>TITLE:</p> <p><b>SALIDA PARA GUÍA 4100</b></p>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
A	4XXX	<b>OR4100</b>	A
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:
AISI 1045	- HRC	Rectificado	1
		SHEET:	
		19 OF 57	

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



**NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:**

- DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- ANGLE TOLERANCE ° 0.5°
- DEBURR EDGES 0.13 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- INSIDE RAD 0.13 MAX
- OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- TOLERANCES: X.X ° 0.20  
X.XX ° 0.05  
X.XXX ° 0.025  
X.XXXX ° 0.0127
- SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS
- SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:

Stock Code: -----

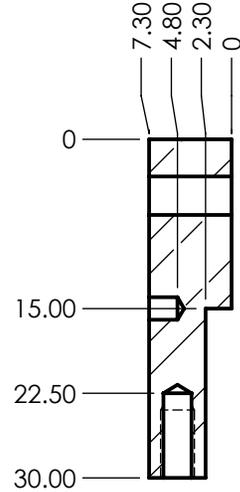
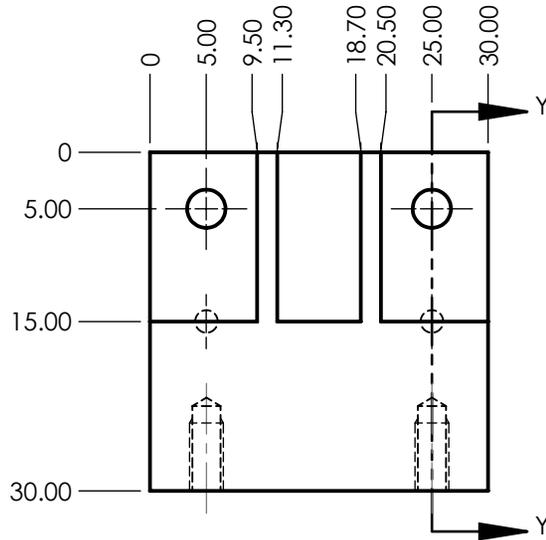
Projection:

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

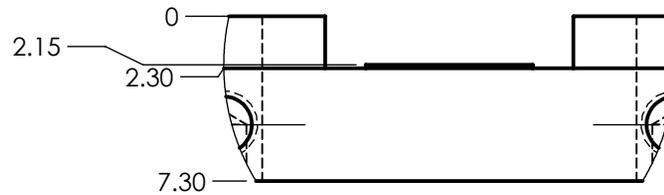
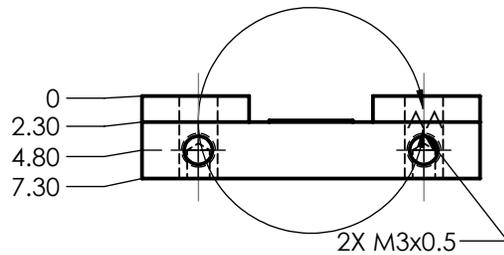
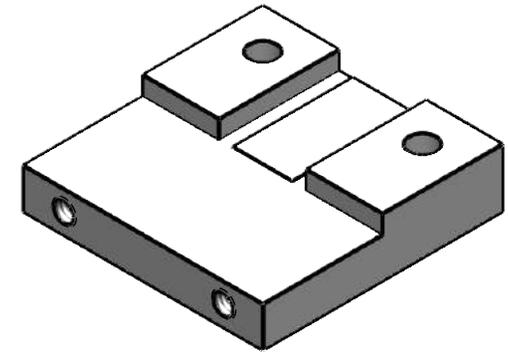
THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
TITLE: <b>ENTRADA PARA GUÍA 4300</b>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER <b>OR4300</b>	REV <b>A</b>
Material: <b>AISI 1045</b>	Heat Treat: <b>- Hrc</b>	Finish: <b>Rectificado</b>	QTY: <b>1</b>
		SHEET: <b>20 OF 57</b>	

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



SECTION Y-Y  
SCALE 1.5 : 1



DETAIL AA  
SCALE 3 : 1

NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:

- DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- ANGLE TOLERANCE ° 0.5°
- DEBURR EDGES 0.13 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- INSIDE RAD 0.13 MAX
- OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- TOLERANCES: X.X ° 0.20  
X.XX ° 0.05  
X.XXX ° 0.025  
X.XXXX ° 0.0127
- SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS
- SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:

Stock Code: -----

Projection:

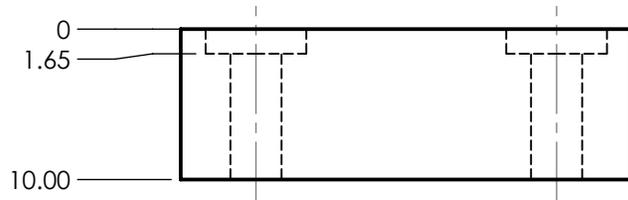
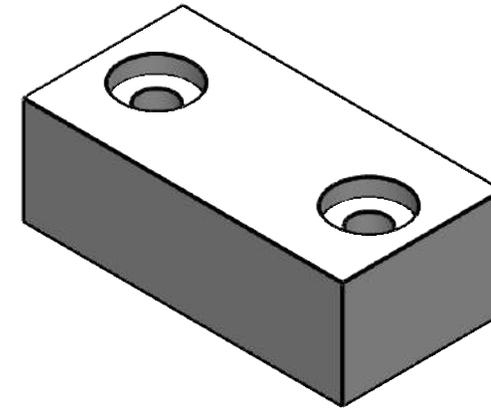
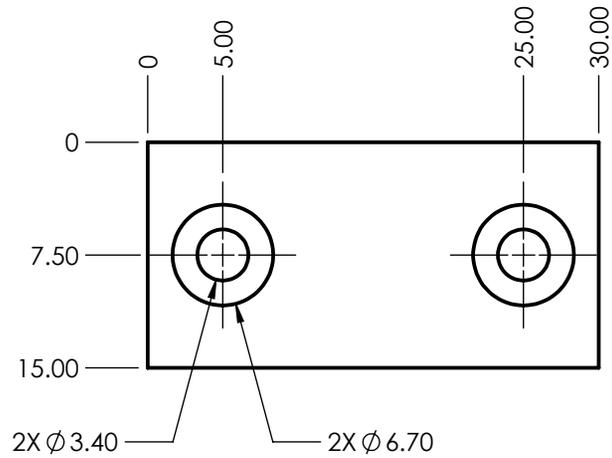
Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
TITLE: <b>SALIDA PARA GUÍA 4400</b>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER <b>OR4400</b>	REV <b>A</b>
Material: AISI 1045	Heat Treat: - Hrc	Finish: <b>Rectificado</b>	QTY: <b>1</b>
		SHEET: 21 OF 57	

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



**NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:**

- DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- ANGLE TOLERANCE 0.5°
- DEBURR EDGES 0.13 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- INSIDE RAD 0.13 MAX
- OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- TOLERANCES: X.X 0.20  
X.XX 0.05  
X.XXX 0.025  
X.XXXX 0.0127
- SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS
- SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm / 63 µin
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:

Stock Code: -----

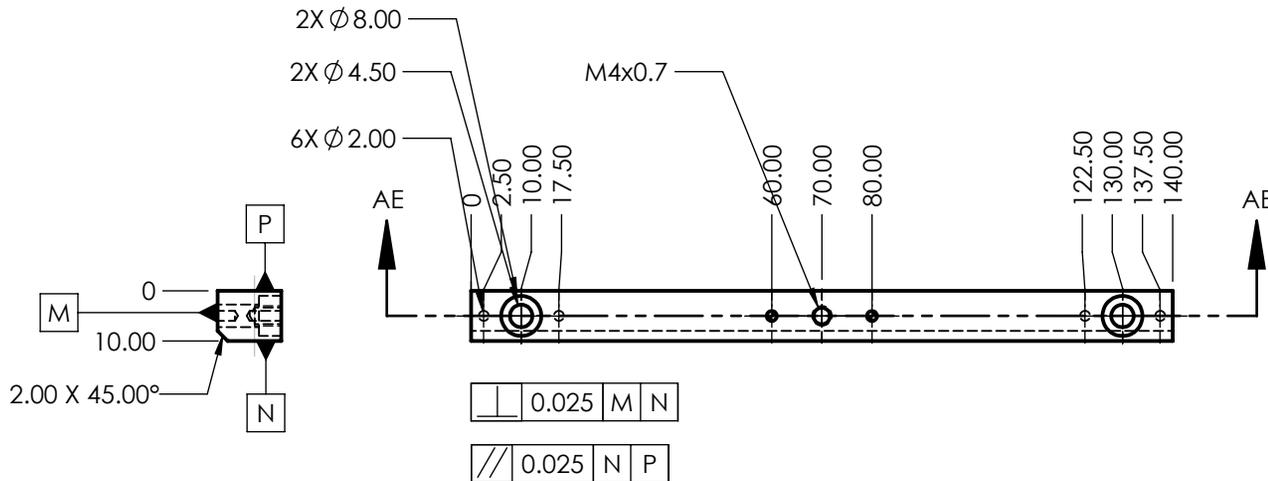
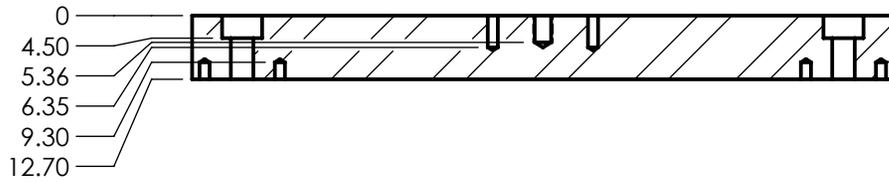
Projection:

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
TITLE: <b>TOPE DE SALIDA DE LA GUÍA</b>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER <b>SOR</b>	REV <b>A</b>
Material: AISI 1045	Heat Treat: Finish: - HRC	Rectificado	QTY: 1 SHEET: 22 OF 57

SECTION AE-AE  
SCALE 1 : 1.5

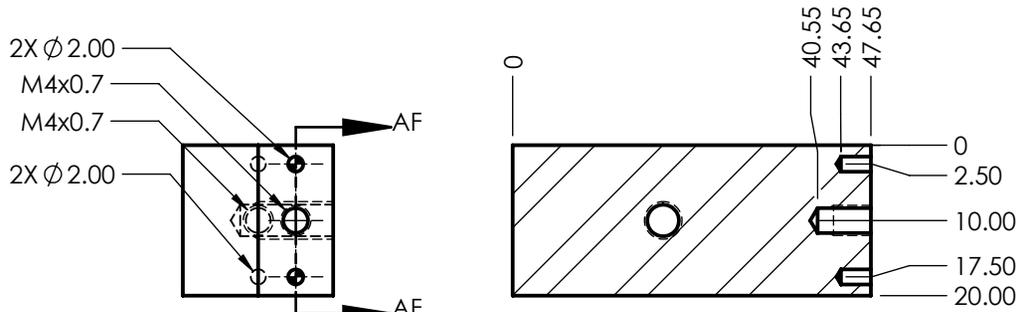


<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>
	<p>Stock Code:</p> <p>-----</p>
	<p>Projection:</p>
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

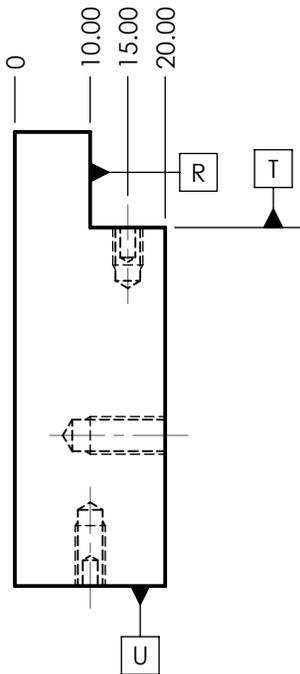
<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>		<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
<p>TITLE:</p> <p><b>SOPORTE TRANSVERSAL DE GUÍAS</b></p>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
A	4XXX	VTR	A
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:
AISI 1045	- HRc	Rectificado	2
SHEET:		23 OF 57	

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.

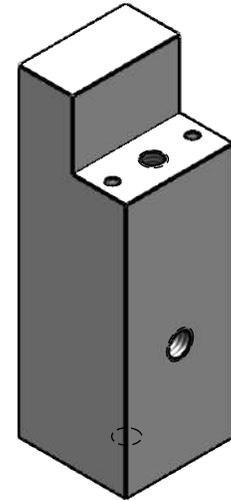
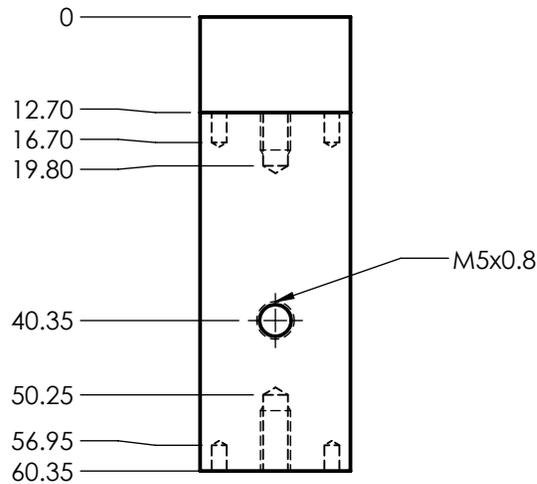


0.025 R T

0.025 T U



SECTION AF-AF

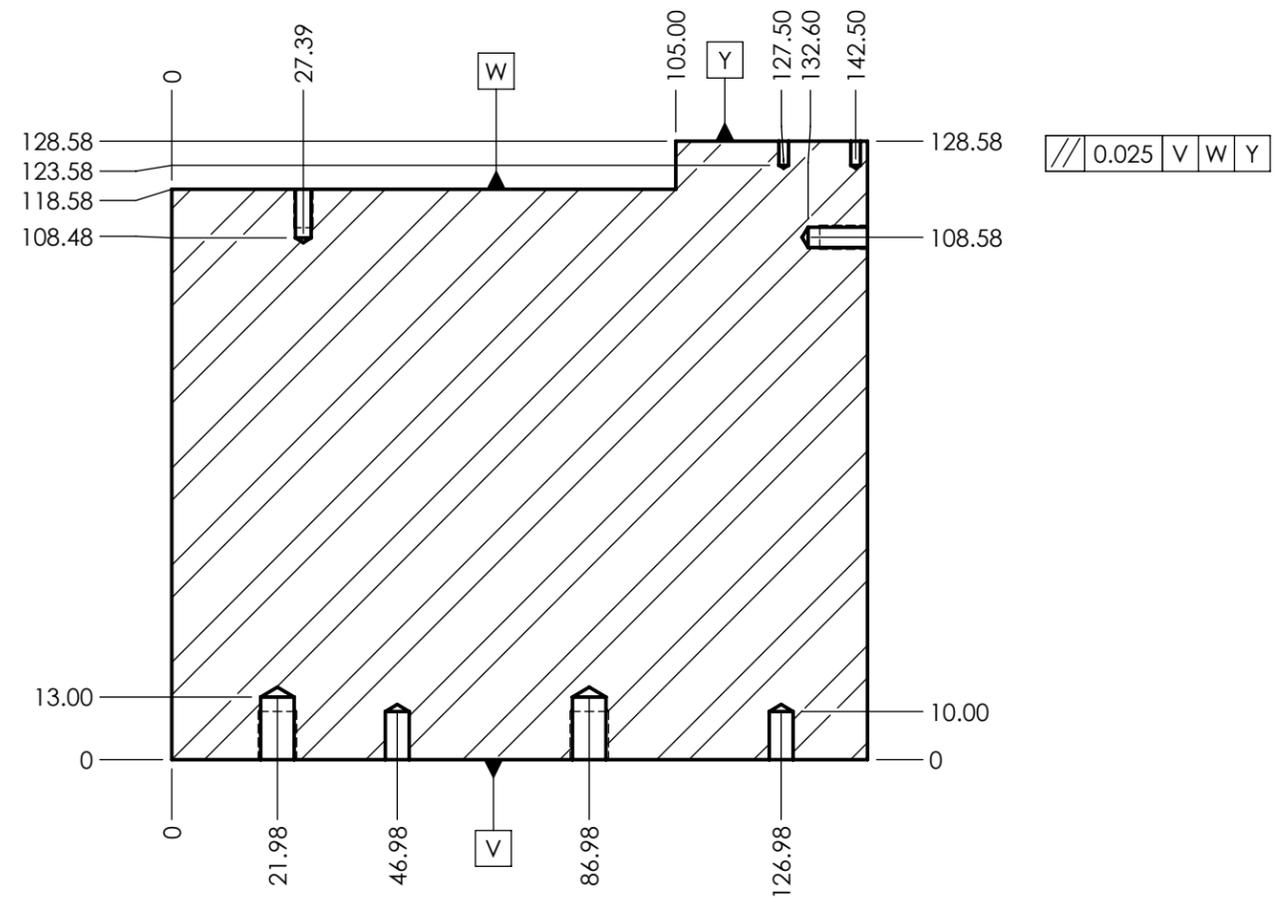


<p><b>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</b></p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>		<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE <math>1.6 \mu\text{m}</math> <math>63 \mu\text{in}</math></p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>
<p>Stock Code:</p> <p>-----</p>	<p>Projection:</p>	

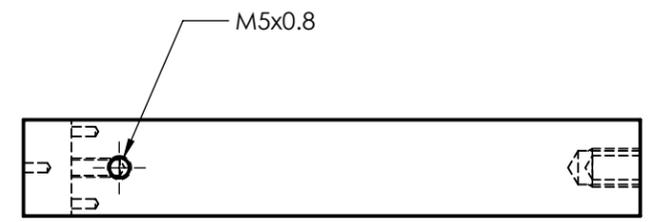
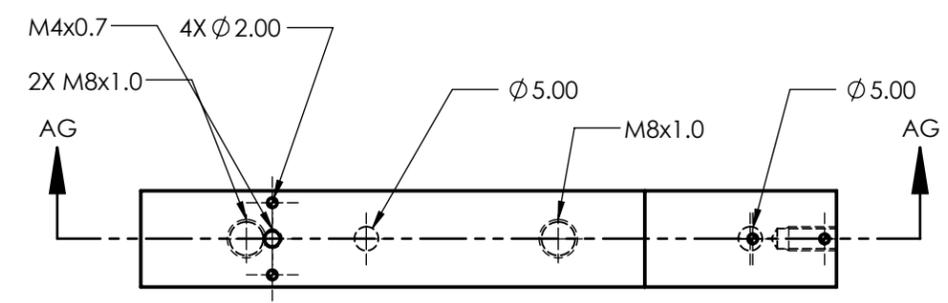
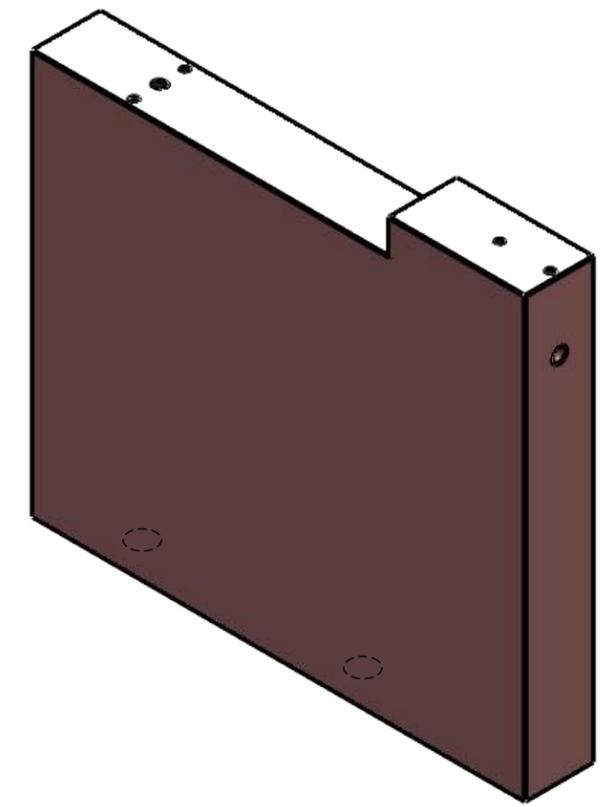
Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>		<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
<p>TITLE:</p> <p align="center"><b>COLUMNA DE SOPORTE TRANSVERSAL</b></p>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
<b>A</b>	<b>4XXX</b>	<b>CSR</b>	<b>A</b>
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:
<b>AISI 1045</b>	<b>- HRC</b>	<b>Rectificado</b>	<b>4</b>
SHEET:		SHEET:	
24 OF 57		24 OF 57	



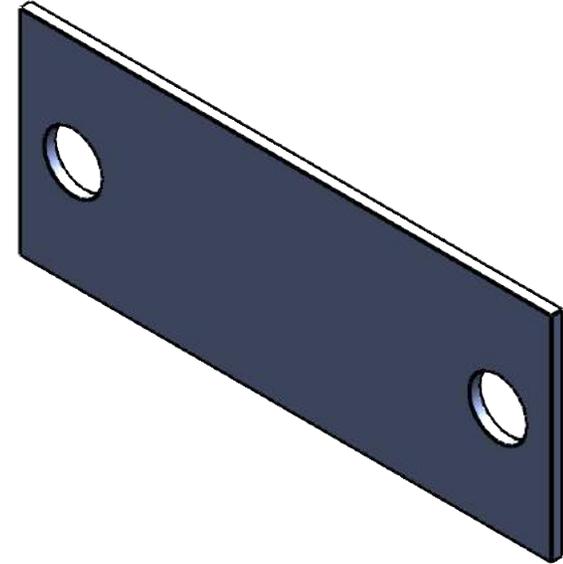
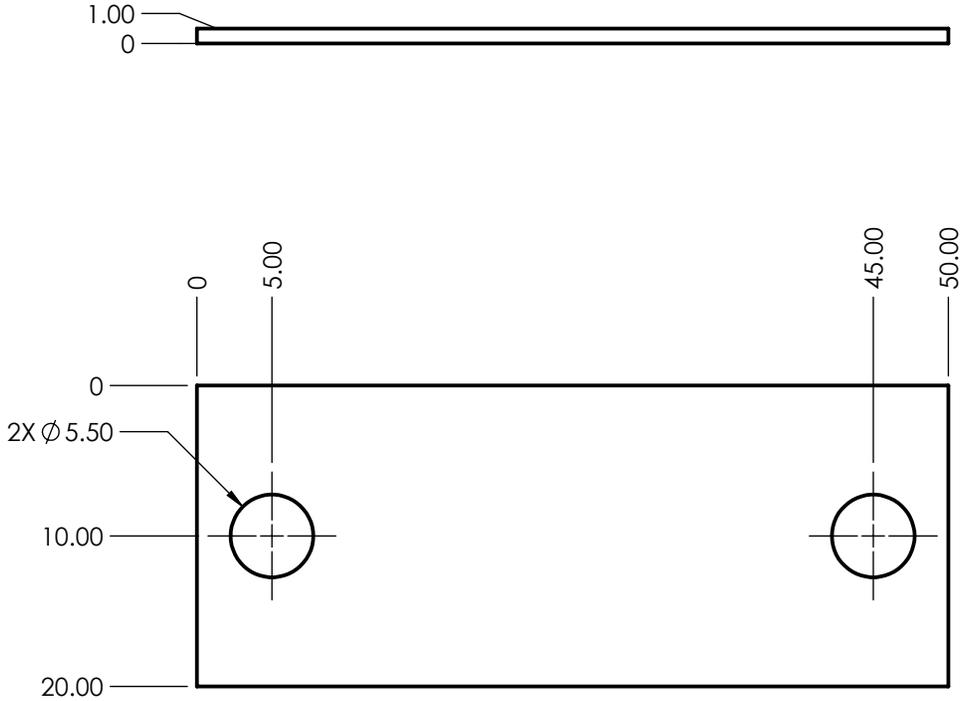
SECTION AG-AG  
SCALE 1 : 1.5



<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: x.x * 0.20 x.xx * 0.05 x.xxx * 0.025 x.xxxx * 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square 0.025</math></p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µm</p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\circlearrowleft 0.025</math></p>		<p>Name: _____ Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>		<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
	<p>Stock Code: _____</p>		<p>TITLE: <b>SOPORTE DE COLUMNAS</b></p>			
	<p>Projection: </p>		<p>Material: AISI A2 Heat Treat: - HRc Finish: Rectificado QTY: 2 SHEET: 25 OF 57</p>			
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>		<p>SIZE: B Model: 4XXX DWG NUMBER: ESC REV: A</p>			

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.

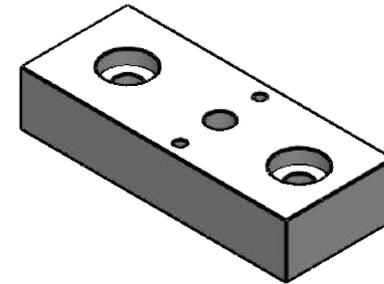
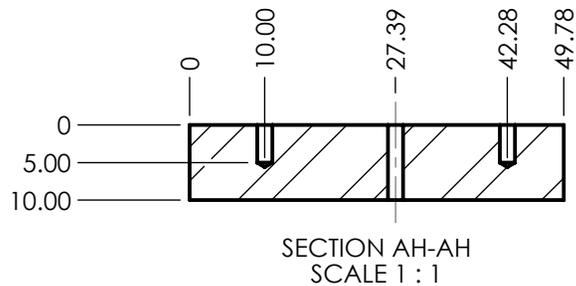
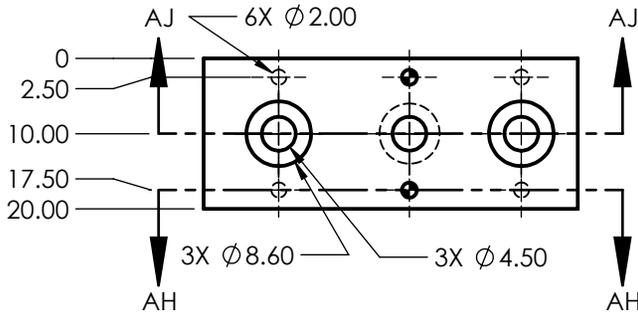
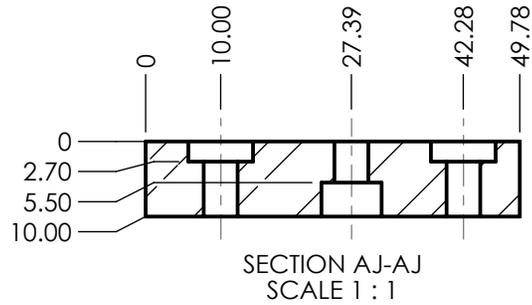
A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



<p><b>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</b></p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>	<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS  0.025</p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE <math>1.6 \mu\text{m}</math> / <math>63 \mu\text{in}</math> </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:  0.025</p>	<p>Name: _____</p> <p>Date: _____</p>		
	<p>Design: Eduardo González</p>	<p>8/15/2021</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p> </div> </div> <p>TITLE:</p> <h2 style="text-align: center;">PIEZA DE SEGURO</h2>	
	<p>Drawn: Eduardo González</p>	<p>10/25/2021</p>		
	<p>Check: _____</p>	<p>_____</p>		
<p>Stock Code: _____</p> <p>Projection: </p>	<p>Approv: _____</p> <p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>			

SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
<b>A</b>	<b>4XXX</b>	<b>SS</b>	<b>A</b>
Material:		Heat Treat: Finish:	QTY: SHEET:
Acero 1095		- HRC Rectificado	2 26 OF 57

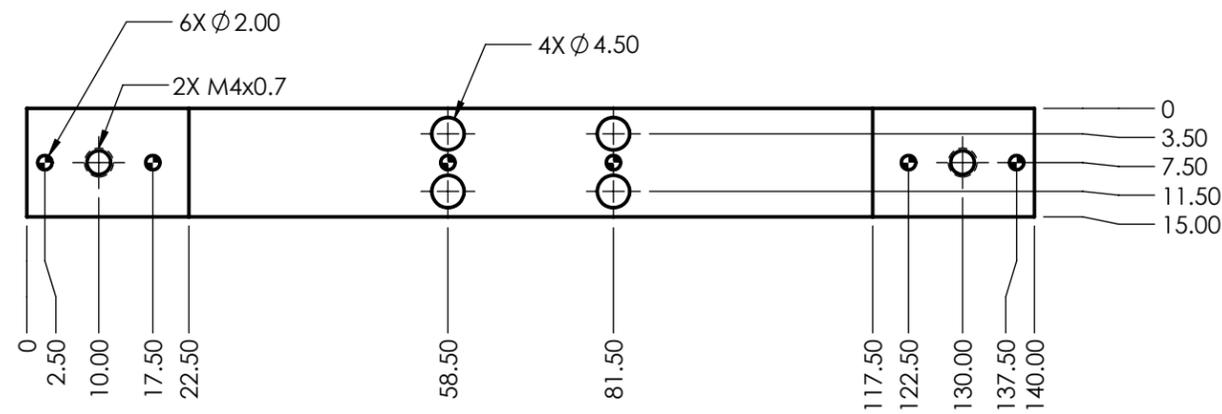
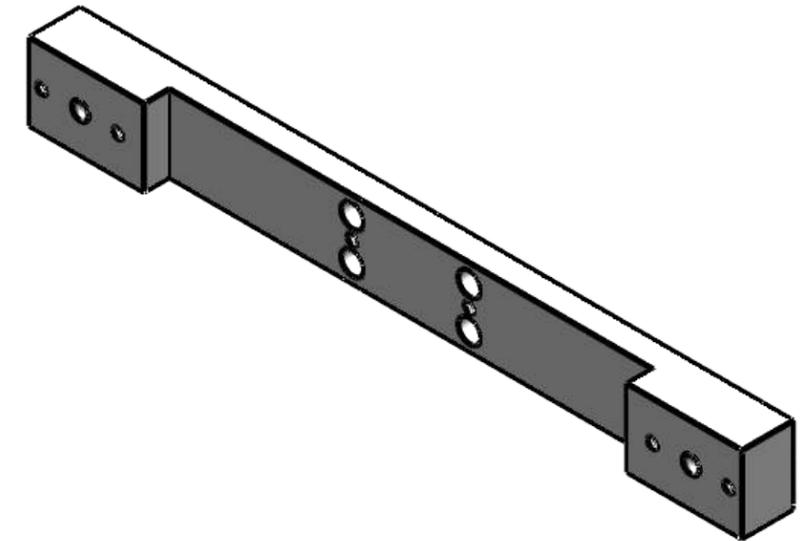
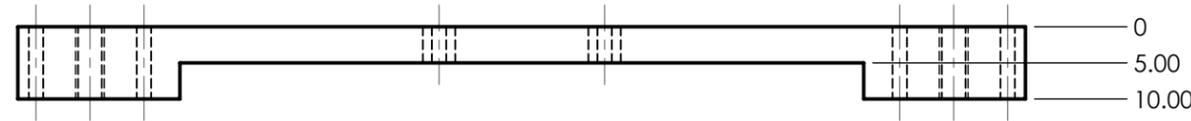
A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>
	<p>Stock Code:</p> <p>-----</p>
	<p>Projection:</p>
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>

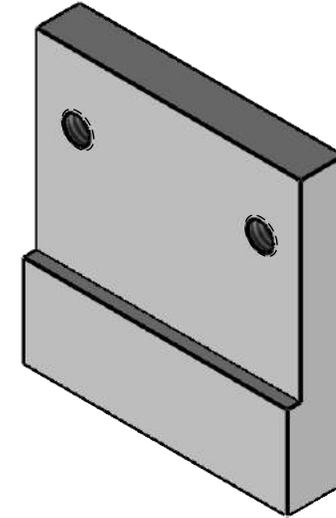
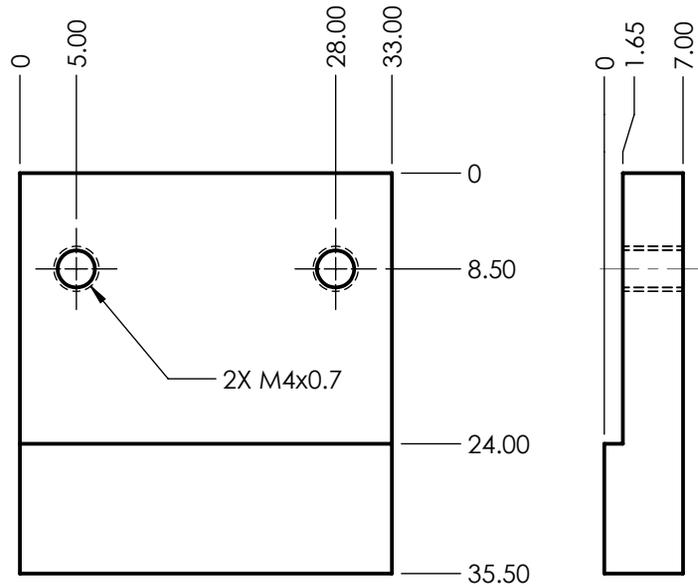
Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>		<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
<p>TITLE:</p> <p><b>ACOPLE PARA VIGA DE PISTÓN</b></p>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
<b>A</b>	<b>4XXX</b>	<b>FPB</b>	<b>A</b>
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:
<b>AISI 1045</b>	<b>- HRC</b>	<b>Rectificado</b>	<b>1</b>
SHEET:		27 OF 57	



<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X * 0.20 X.XX * 0.05 X.XXX * 0.025 X.XXXX * 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square</math> 0.025</p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 <math>\mu</math>m 63 <math>\mu</math>m</p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\odot</math> 0.025</p>		<p>Name: Eduardo González</p> <p>Date: 8/15/2021</p>		<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
	<p>Design: Eduardo González</p> <p>Drawn: Eduardo González</p> <p>Check:</p> <p>Approv:</p>		<p>8/15/2021</p> <p>10/25/2021</p>		<p>TITLE:</p> <p><b>VIGA PARA ACOUPLE DEL PISTÓN</b></p>	
	<p>Stock Code:</p> <p>*****</p> <p>Projection:</p>		<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>		<p>SIZE: B</p> <p>Model: 4XXX</p> <p>DWG NUMBER: VPF</p> <p>REV: A</p>	
	<p>Material: AISI 1045</p> <p>Heat Treat: - HRc</p> <p>Finish: Rectificado</p>		<p>QTY: 1</p> <p>SHEET: 28 OF 57</p>			

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



**NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:**

- DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- ANGLE TOLERANCE ° 0.5°
- DEBURR EDGES 0.13 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- INSIDE RAD 0.13 MAX
- OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- TOLERANCES: X.X ° 0.20  
X.XX ° 0.05  
X.XXX ° 0.025  
X.XXXX ° 0.0127
- SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS
- SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:

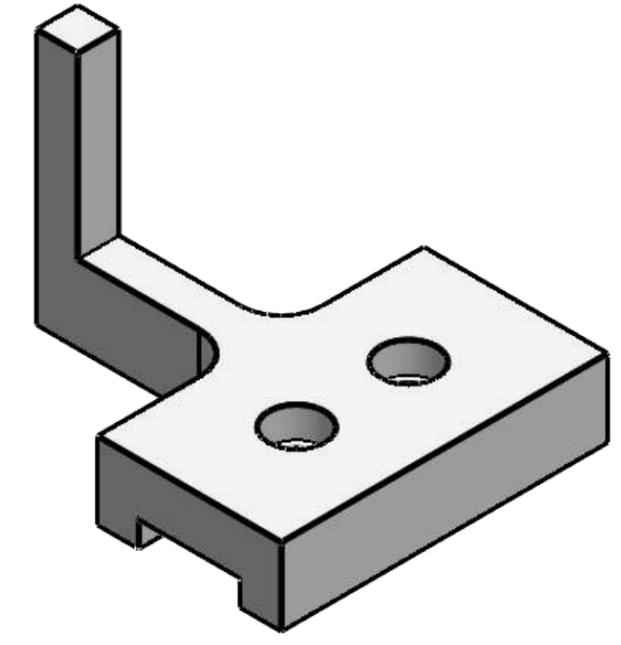
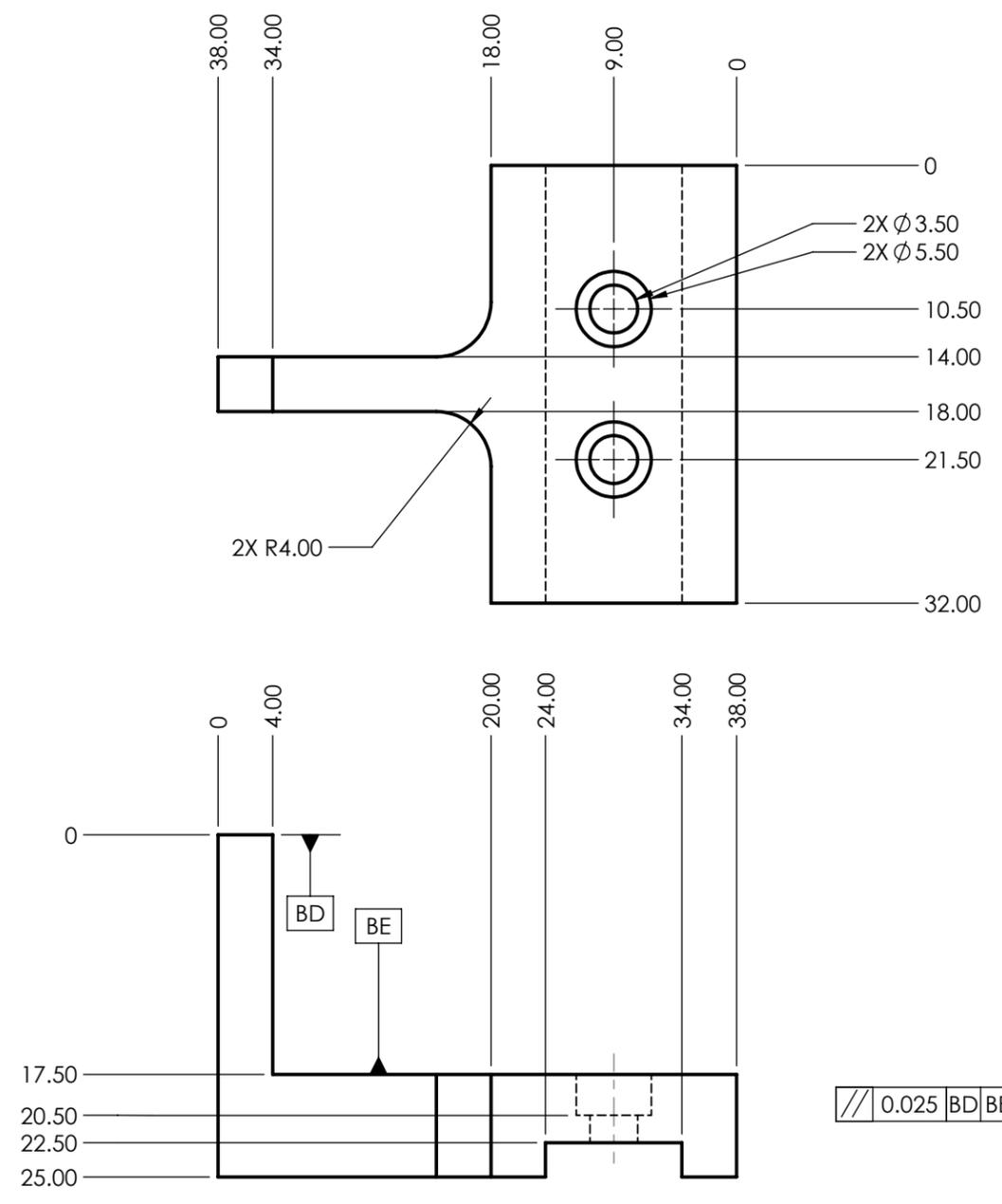
Stock Code: -----

Projection:

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

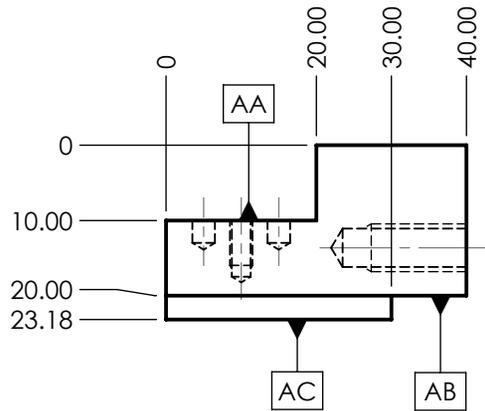
<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
TITLE: <b>TOPE PARA PISTÓN</b>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER	REV <b>A</b>
Material: <b>AISI 1045</b>	Heat Treat: <b>- Hrc</b>	Finish: <b>Rectificado/ Pavonado</b>	QTY: <b>1</b>
		SHEET: <b>29 OF 57</b>	



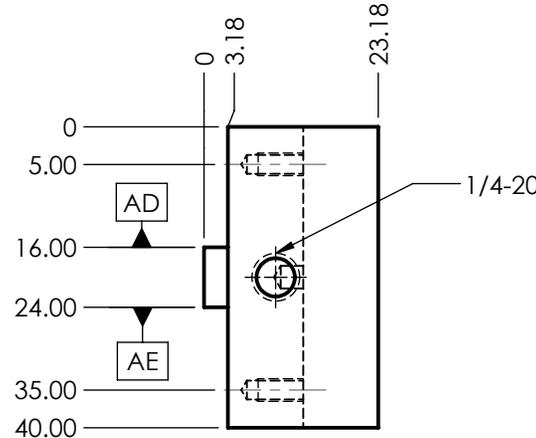
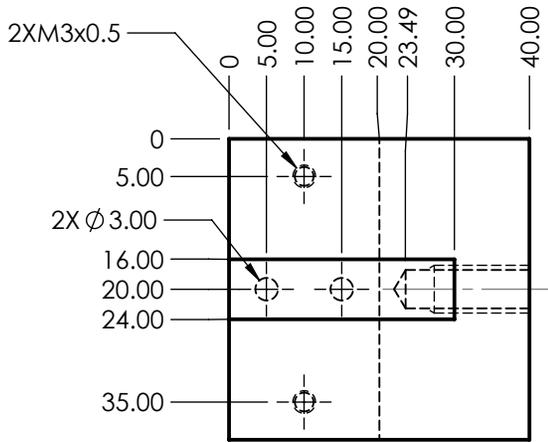
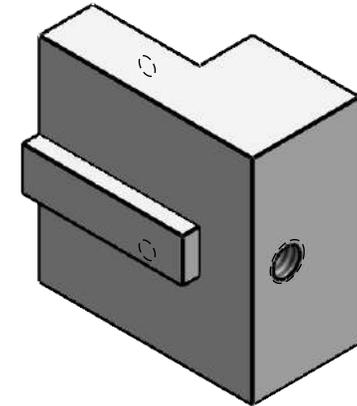
/// 0.025 BD BE

<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X * 0.20 X.XX * 0.05 X.XXX * 0.025 X.XXXX * 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square</math> 0.025</p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 <math>\mu</math>m 63 <math>\mu</math>m</p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\odot</math> 0.025</p>		<p>Name: Eduardo González</p> <p>Date: 8/15/2021</p>		<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
	<p>Design: Eduardo González</p> <p>Drawn: Eduardo González</p> <p>Check:</p> <p>Approv:</p>		<p>10/25/2021</p>		<p>TITLE:</p> <p><b>TOPE PARA PIEZA EN GUÍA</b></p>	
	<p>Stock Code:</p> <p>*****</p> <p>Projection:</p> <p><math>\oplus</math> <math>\dashv</math></p>		<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE OF THIS DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>		<p>Material: AISI 1045</p> <p>Heat Treat: - HRc</p> <p>Finish: <b>Rectificado/Pavonado</b></p>	
	<p>SIZE: B</p> <p>Model: 4XXX</p> <p>DWG NUMBER: SPP</p> <p>Material: AISI 1045</p> <p>Heat Treat: - HRc</p> <p>Finish: <b>Rectificado/Pavonado</b></p>		<p>QTY: 1</p> <p>SHEET: 30 OF 57</p>		<p>REV: A</p>	

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



/// 0.025 AAABAC  
 /// 0.025 ADAE

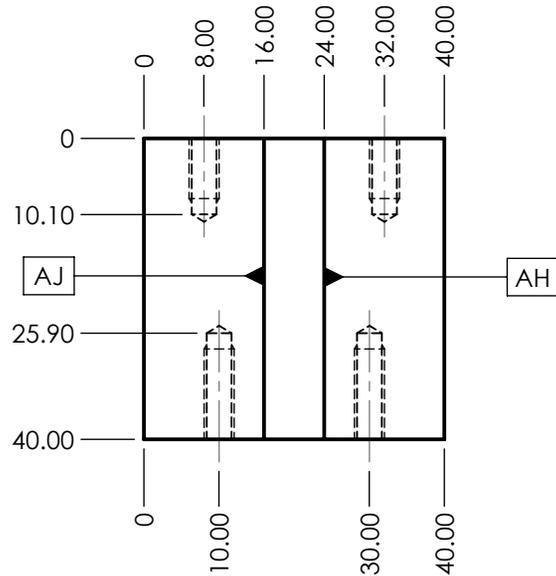


<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20                  X.XX ° 0.05                  X.XXX ° 0.025                  X.XXXX ° 0.0127</p>		<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>	
<p>Stock Code: -----</p>		<p>Projection: </p>	

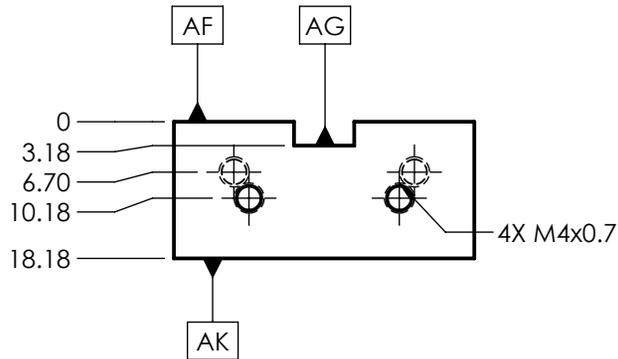
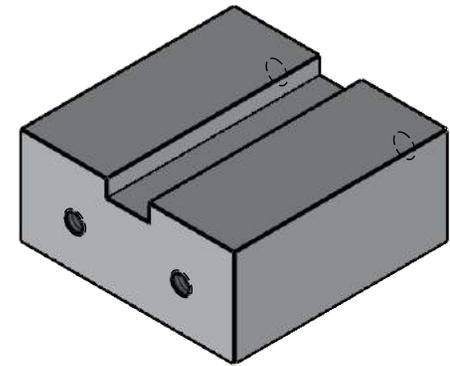
Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>		<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
<p>TITLE: <b>AJUSTE DE PINZA EN EJE Y</b></p>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
A	4XXX	YAA	A
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:
AISI 1045	- HRC	Rectificado/ Pavonado	1
SHEET:		31 OF 57	



0.025 AFAGAK  
0.010 AGAJAH



**NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:**

- DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- ANGLE TOLERANCE ° 0.5°
- DEBURR EDGES 0.13 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- INSIDE RAD 0.13 MAX
- OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- TOLERANCES: X.X ° 0.20  
X.XX ° 0.05  
X.XXX ° 0.025  
X.XXXX ° 0.0127
- SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS
- SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm / 63 µin
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:

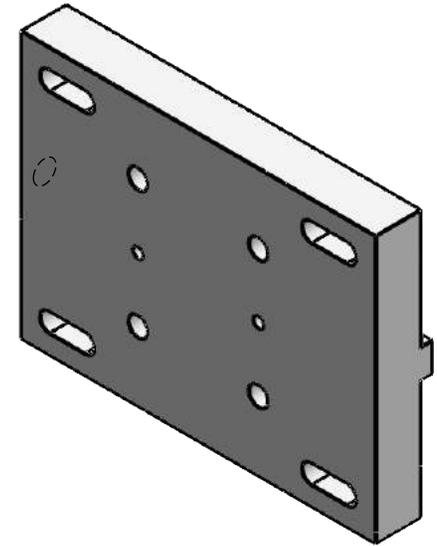
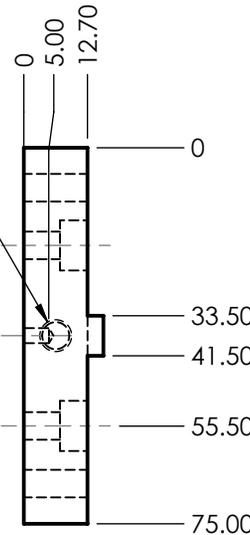
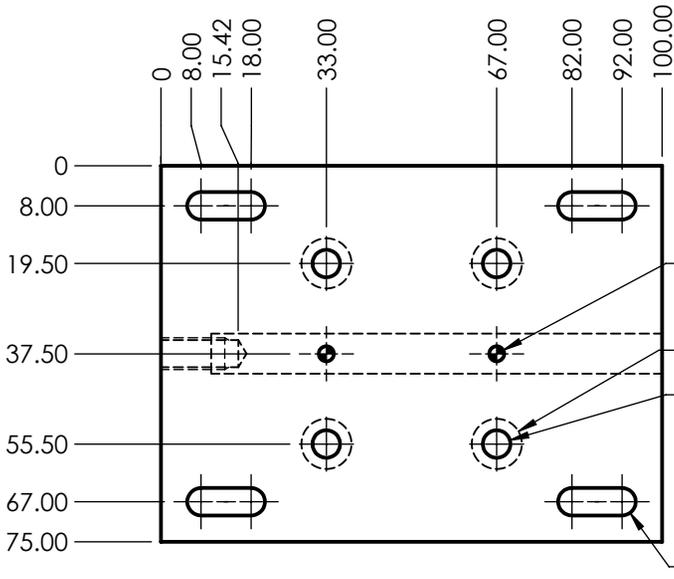
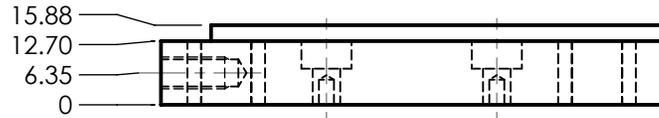
Stock Code: -----

Projection:

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
TITLE: <b>GUÍA DE AJUSTE EN EJE Y</b>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER <b>YAR</b>	REV <b>A</b>
Material: AISI 1045	Heat Treat: - HRc	Finish: <b>Rectificado/ Pavonado</b>	QTY: <b>2</b>
		SHEET: 32 OF 57	



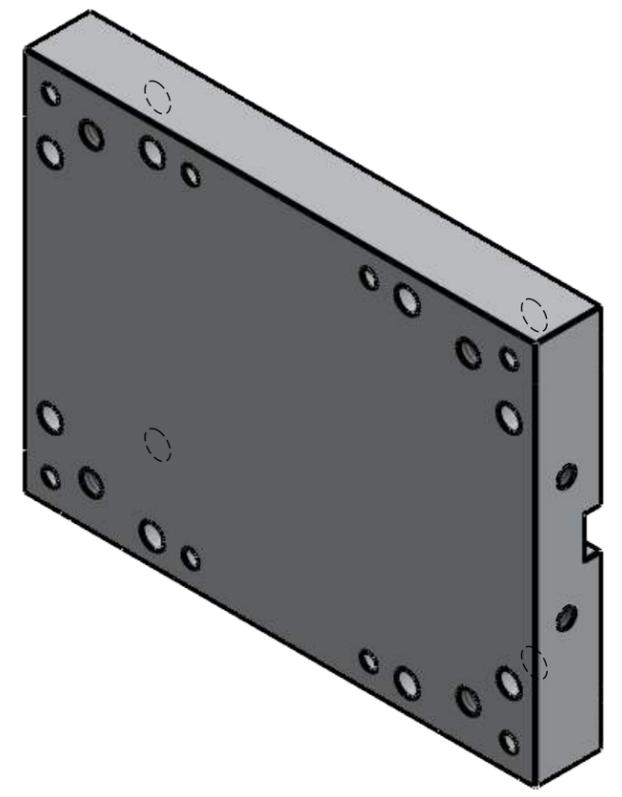
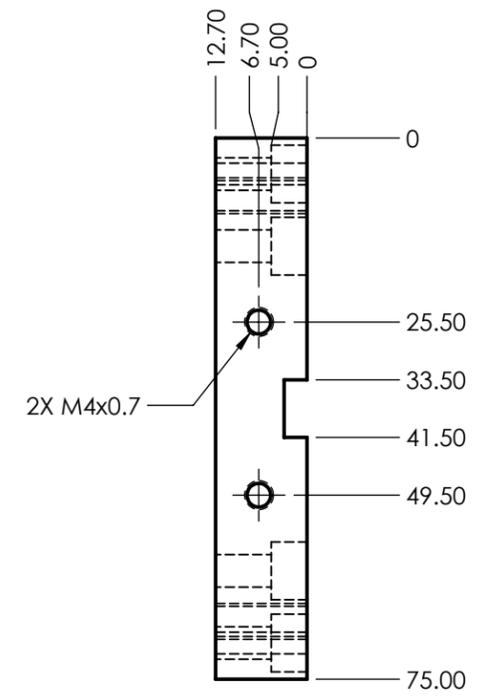
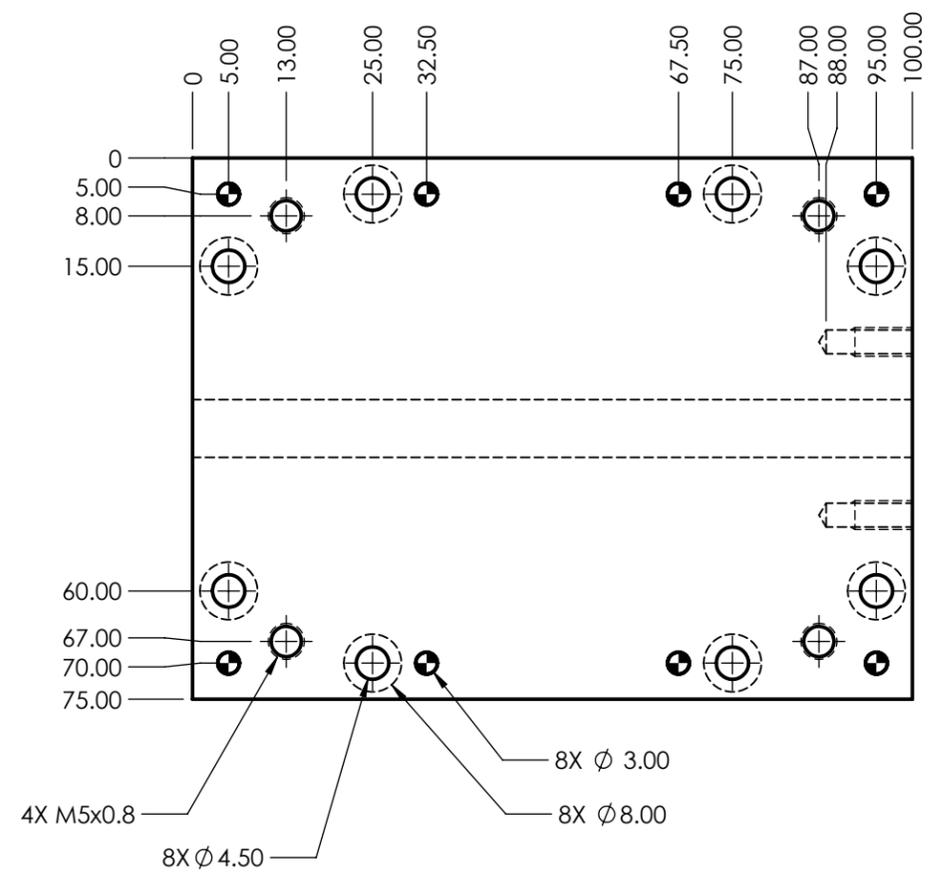
C:\Users\eduardogo\Downloads\

<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>
	<p>Stock Code:</p> <p>-----</p>
	<p>Projection:</p>

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

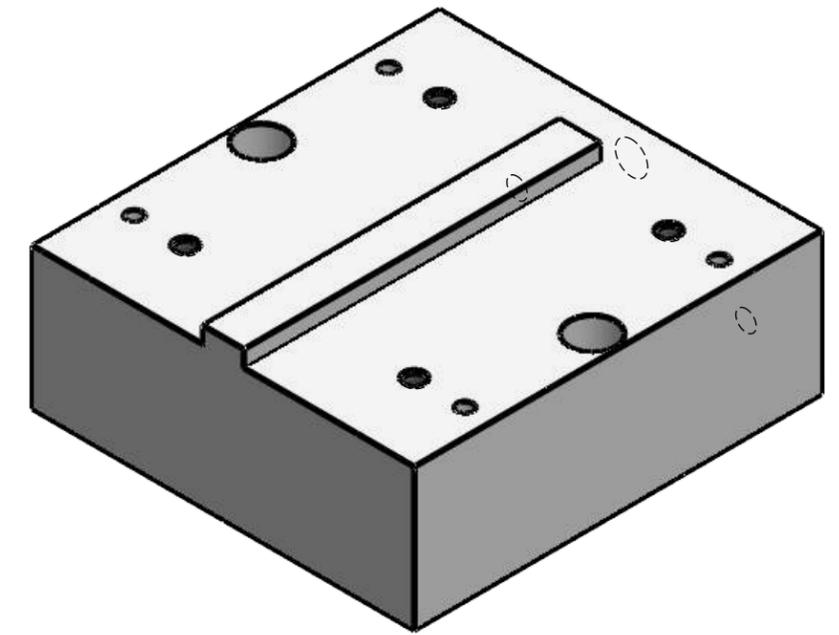
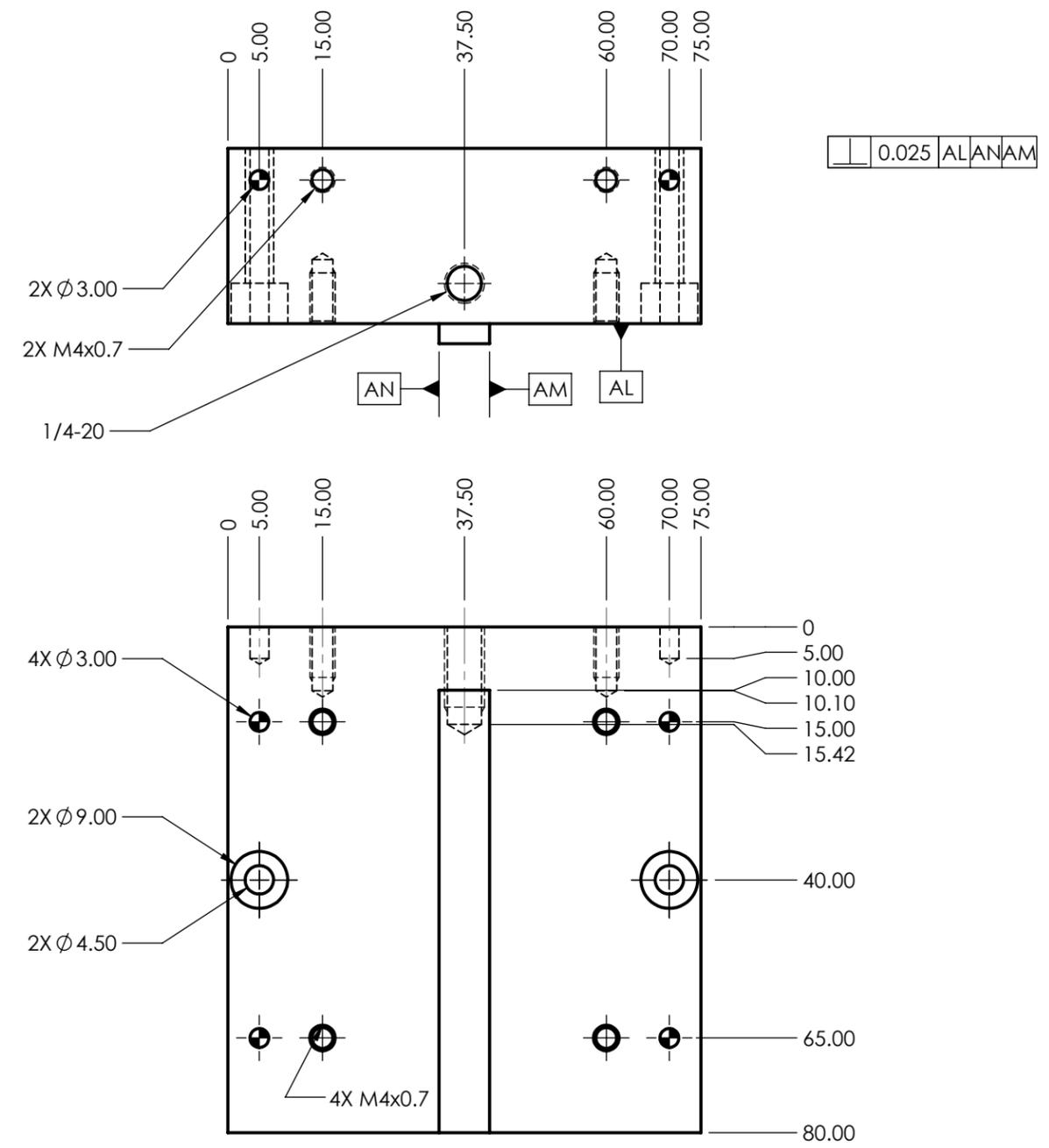
THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>		<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
<p>TITLE:</p> <p><b>AJUSTE DE PINZA EN EJE X</b></p>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
A	4XXX	<b>XAA</b>	A
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:
AISI 1045	- HRc	Rectificado/ Pavonado	1
SHEET:		33 OF 57	



<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X * 0.20 X.XX * 0.05 X.XXX * 0.025 X.XXXX * 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square 0.025</math></p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE <math>\sqrt{1.6 \mu m / 63 \mu m}</math></p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\odot 0.025</math></p>		<p>Name: Eduardo González</p> <p>Date: 8/15/2021</p>	<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p> <p><b>GUÍA DE AJUSTE EN EJE X</b></p>
	<p>Stock Code: *****</p> <p>Projection: </p>		<p>Design: Eduardo González</p> <p>Drawn: Eduardo González</p> <p>Check:</p> <p>Approv:</p>	
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE OF THIS DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>		<p>Material: AISI 1045</p> <p>Heat Treat: - HRc</p> <p>Finish: Rectificado/Pavonado</p>	
	<p>SIZE B</p> <p>Model: 4XXX</p> <p>DWG NUMBER <b>XAR</b></p> <p>REV A</p>		<p>QTY: 1</p> <p>SHEET: 34 OF 57</p>	

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:

- DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- ANGLE TOLERANCE 0.5°
- DEBURR EDGES 0.13 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- INSIDE RAD 0.13 MAX
- OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- TOLERANCES: X.X \* 0.20  
X.XX \* 0.05  
X.XXX \* 0.025  
X.XXXX \* 0.0127
- SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS  $\square 0.025$
- SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE  $1.6 \mu\text{m}$  /  $63 \mu\text{m}$
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:  $\text{◎} 0.025$

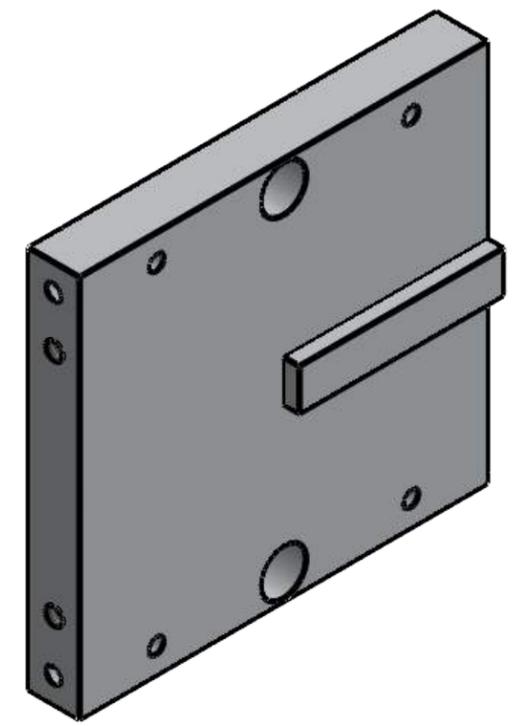
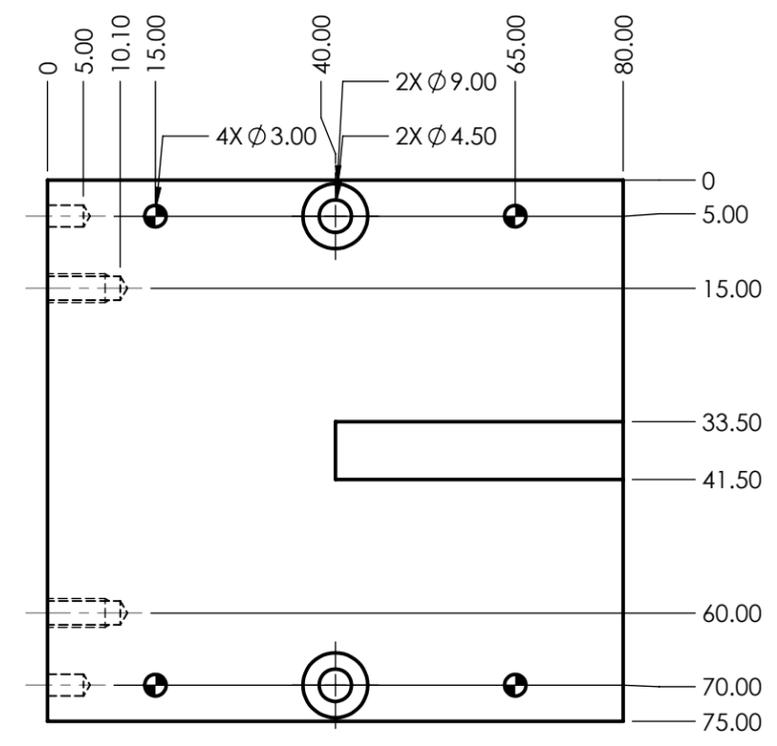
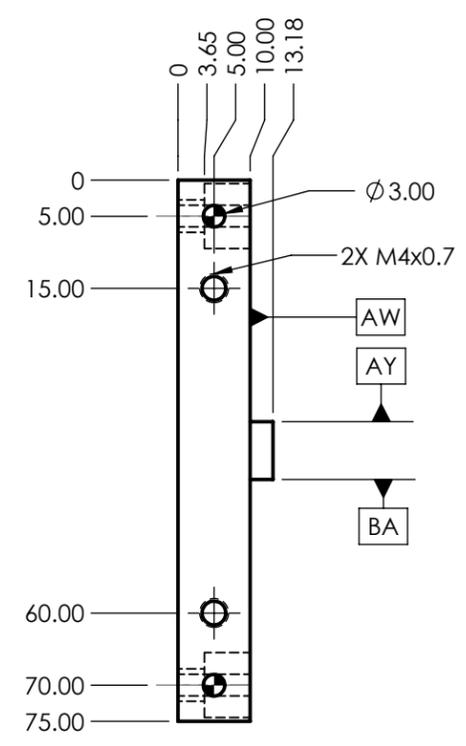
Stock Code: \*\*\*\*\*

Projection:

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE OF THIS DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

Name: Eduardo González		Date: 8/15/2021	
Design: Eduardo González		10/25/2021	
Drawn: Eduardo González		10/25/2021	
Check:			
Approv:			
Bourns Logo		TRIMPOT ELECTRONICAS, Ltda	
<b>AJUSTE DE PINZA EN EJE Z</b>			
SIZE: B	Model: 4XXX	DWG NUMBER: ZAA	REV: A
Material: AISI 1045	Heat Treat: - HRc	Finish: Rectificado/Pavonado	QTY: 1 SHEET: 35 OF 57

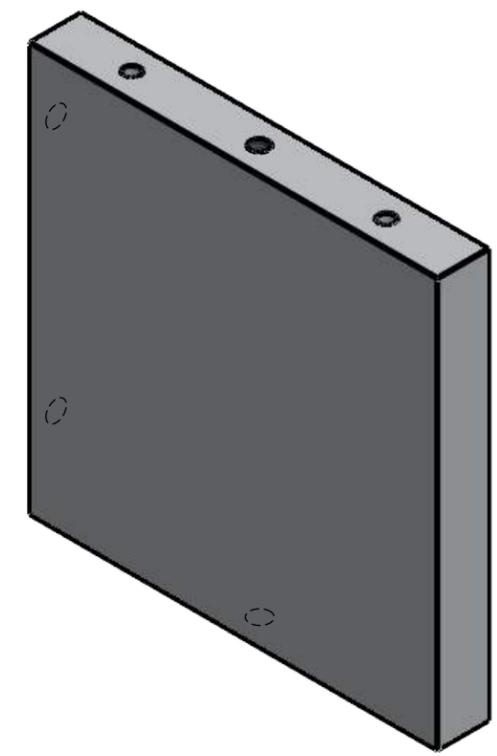
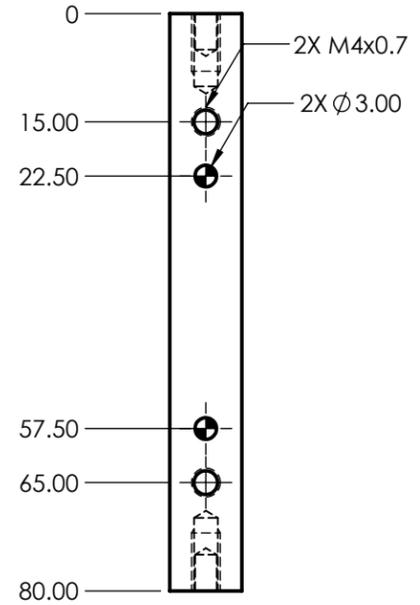
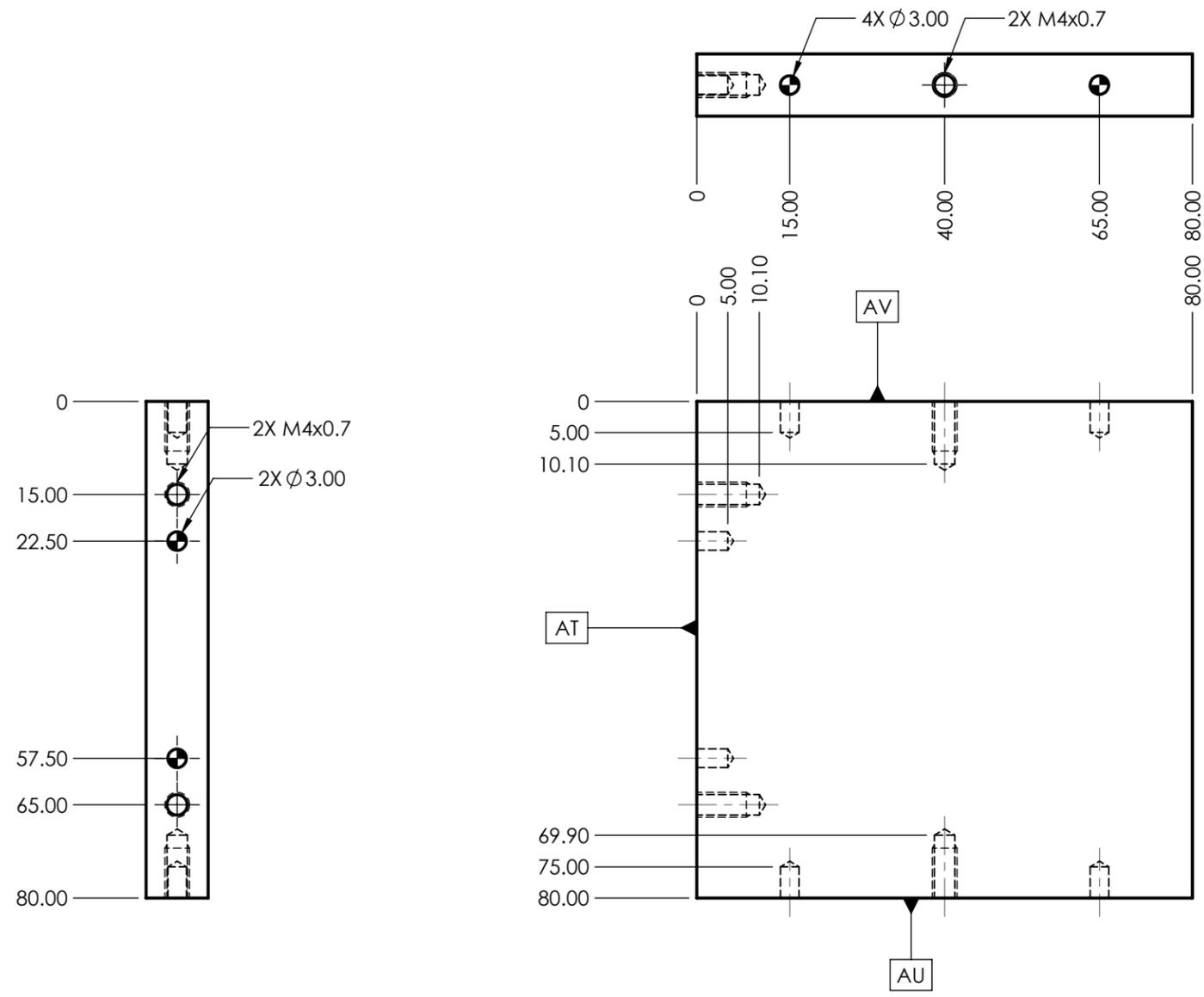
A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



0.025 AWAYBA

<p><b>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</b></p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X * 0.20 X.XX * 0.05 X.XXX * 0.025 X.XXXX * 0.0127</p>	<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square 0.025</math></p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 <math>\mu\text{m}</math> 63 <math>\mu\text{m}</math></p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\odot 0.025</math></p>	<p>Name: _____ Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>	<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	<p>TITLE: <b>AJUSTE DE PINZA POSTERIOR EN EJE Z</b></p>			
	<p>Stock Code: _____</p> <p>Projection: </p>	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>		<p>SIZE: <b>B</b></p> <p>Material: AISI 1045</p>	<p>Model: <b>4XXX</b></p> <p>Heat Treat: - HRc</p>	<p>DWG NUMBER: <b>ZAB</b></p> <p>Finish: <b>Rectificado/Pavonado</b></p>	<p>REV: <b>A</b></p> <p>QTY: <b>1</b></p> <p>SHEET: <b>36 OF 57</b></p>
	<p>Una copia impresa de este documento se considera <b>NO CONTROLADA - SÓLO PARA REFERENCIA</b>. Es responsabilidad del usuario asegurarse de utilizar la revisión más reciente.</p>						

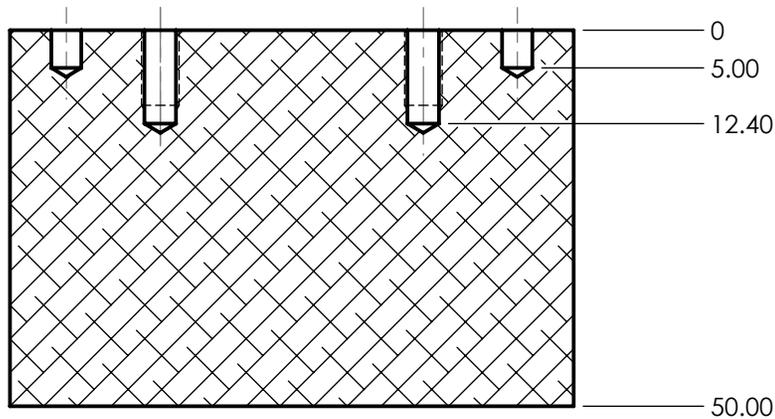
A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



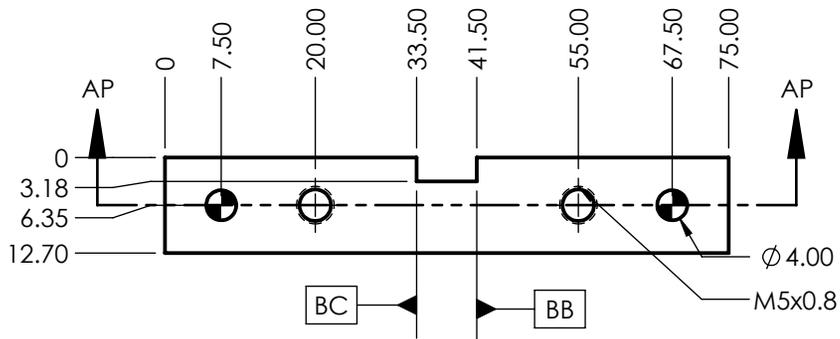
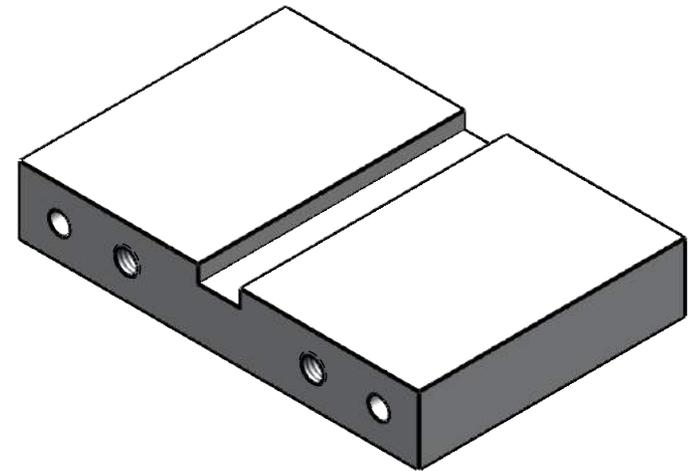
//	0.025	AV/AU
	0.025	AT/AU

<p><b>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</b></p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X * 0.20 X.XX * 0.05 X.XXX * 0.025 X.XXXX * 0.0127</p>	<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS  0.025</p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE</p> <p style="text-align: center;">1.6 µm 63 µm</p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:  0.025</p>	<p>Name: _____ Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>	<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p> <p>TITLE: <b>AJUSTE DE PINZA LATERAL EN EJE Z</b></p>	
	<p>Stock Code: _____</p> <p>Projection: </p>	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>		<p>SIZE: <b>B</b> Model: <b>4XXX</b> DWG NUMBER: <b>ZAL</b> REV: <b>A</b></p>
	<p>Material: AISI 1045 Heat Treat: - HRc Finish: <b>Rectificado/Pavonado</b> QTY: <b>2</b> SHEET: <b>37 OF 57</b></p>		<p>Material: _____ Heat Treat: _____ Finish: _____ QTY: _____ SHEET: _____</p>	
	<p>Una copia impresa de este documento se considera <b>NO CONTROLADA - SÓLO PARA REFERENCIA</b>. Es responsabilidad del usuario asegurarse de utilizar la revisión más reciente.</p>			

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



SECTION AP-AP



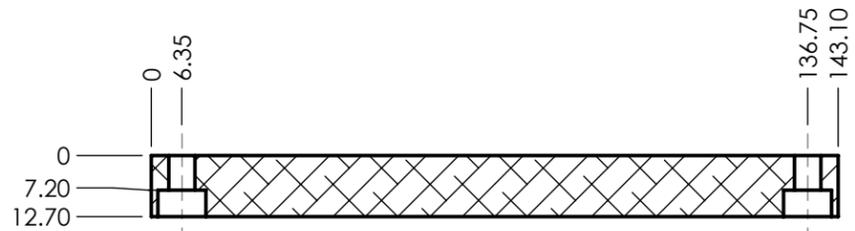
<p><b>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</b></p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>	<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS  0.025</p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:  0.025</p> <p>Stock Code: -----</p> <p>Projection: </p>
--	--

Name:	Date:	
Design: Eduardo González	8/15/2021	
Drawn: Eduardo González	10/25/2021	
Check:		
Approv:		

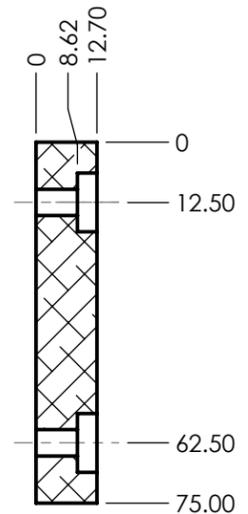
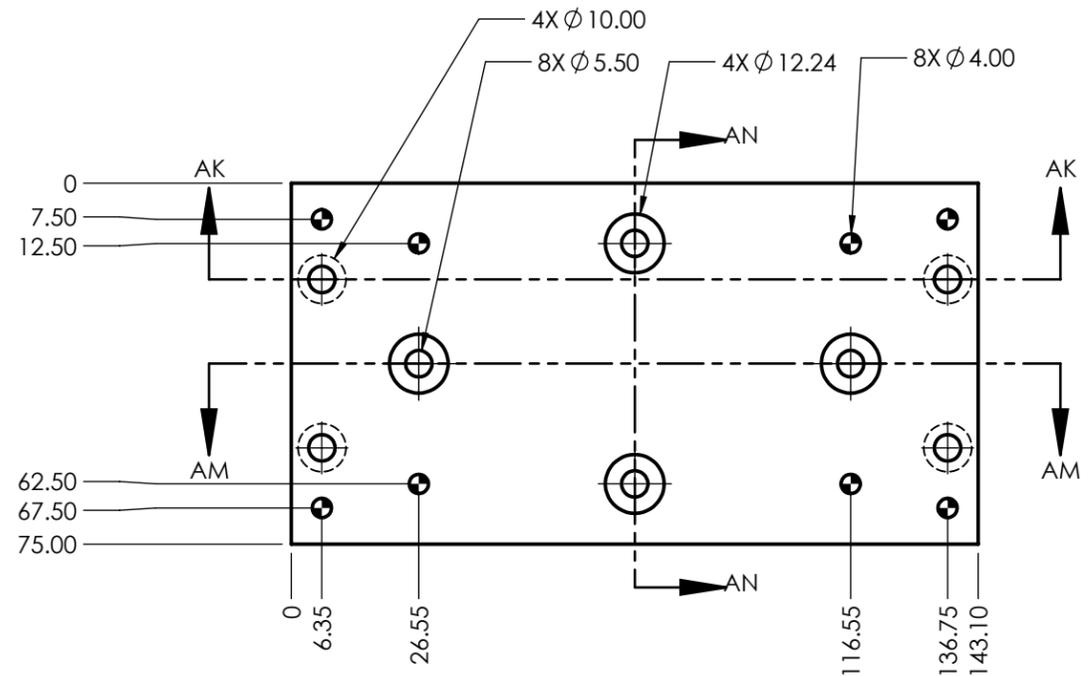
<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
TITLE: <b>GUÍA DE AJUSTE EN EJE Z</b>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER <b>ZAR</b>	REV <b>A</b>
Material: AISI 1045	Heat Treat: - HRC	Finish: <b>Rectificado/ Pavonado</b>	QTY: <b>1</b> SHEET: <b>38 OF 57</b>

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

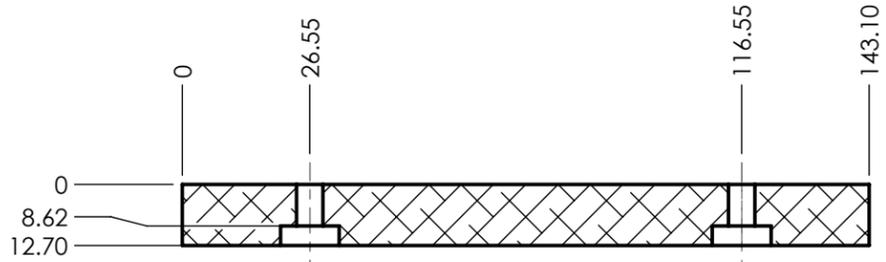
A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



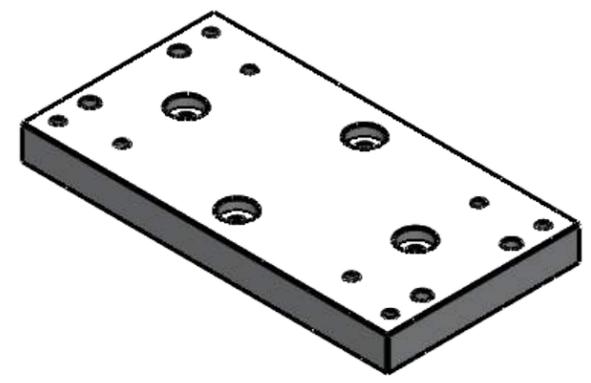
SECTION AK-AK  
SCALE 1 : 1.5



SECTION AN-AN  
SCALE 1 : 1.5



SECTION AM-AM  
SCALE 1 : 1.5



**NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:**

- DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- ANGLE TOLERANCE 0.5°
- DEBURR EDGES 0.13 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- INSIDE RAD 0.13 MAX
- OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- TOLERANCES: X.X \* 0.20  
X.XX \* 0.05  
X.XXX \* 0.025  
X.XXXX \* 0.0127
- SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS  $\square 0.025$
- SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE  
1.6  $\mu\text{m}$   
63  $\mu\text{m}$
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:  $\odot 0.025$

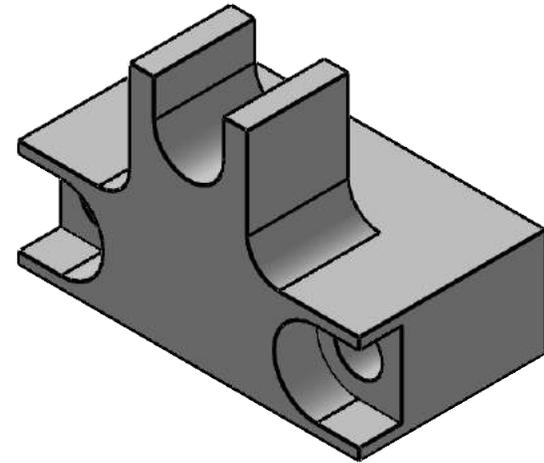
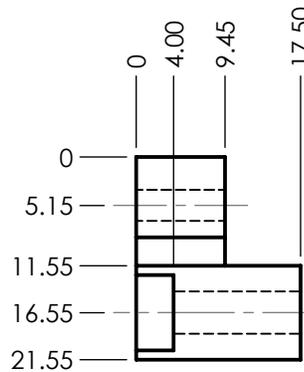
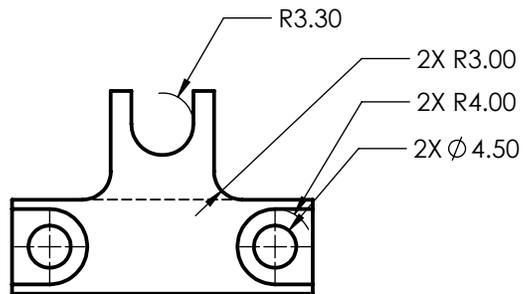
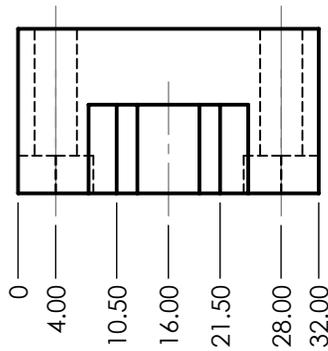
Stock Code: -----

Projection:

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
<b>ACOPLE PARA AJUSTE EN Z</b>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
<b>B</b>	<b>4XXX</b>	<b>FZA</b>	<b>A</b>
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY: SHEET:
AISI 1045	- HRc	Rectificado	1 39 OF 57

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



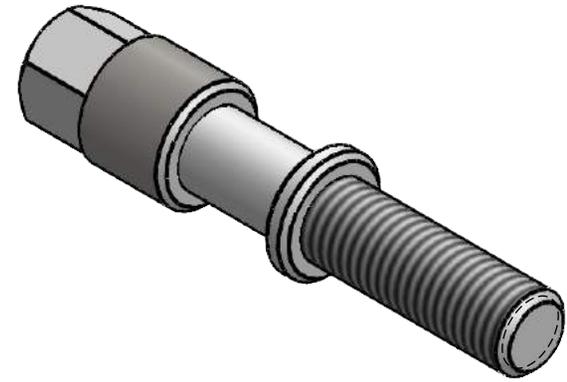
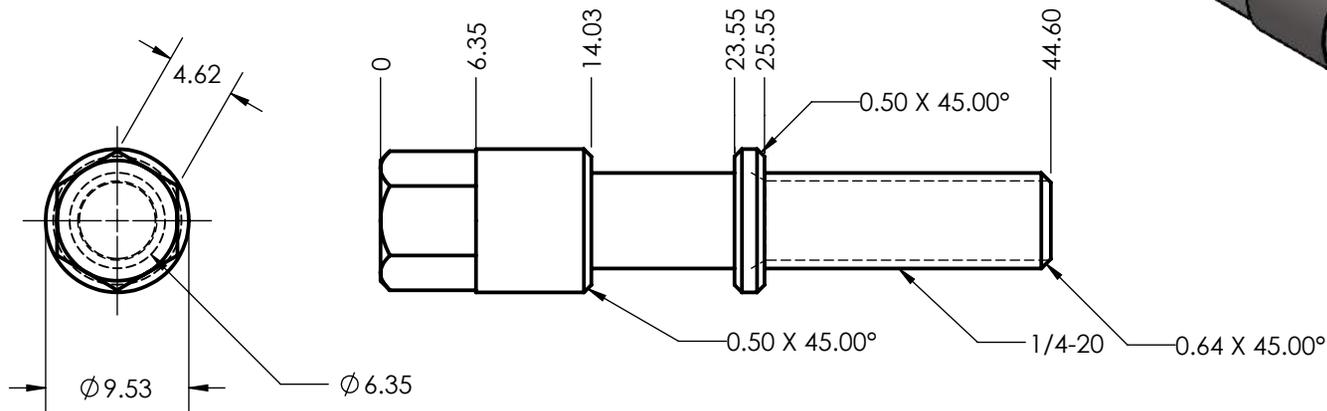
<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm / 63 µin </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>
	<p>Stock Code:</p> <p>-----</p>
	<p>Projection:</p>
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>	<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>
---	--

TITLE:			
<b>ACOPLE PARA TORNILLO DE AJUSTE</b>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
A	4XXX	<b>FSA</b>	A

Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:	SHEET:
AISI 1045	- HRC	Rectificado/ Pavonado	4	40 OF 57



- 1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- 2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°
- 3. DEBURR EDGES 0.13 MAX
- 4. MAX BURR PERMITTED 0.05
- 5. INSIDE RAD 0.13 MAX
- 6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- 7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- 8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- 9. TOLERANCES: X.X ° 0.20  
X.XX ° 0.05  
X.XXX ° 0.025  
X.XXXX ° 0.0127

NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:

- 10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS
- 11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm / 63 µin
- 12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:

Stock Code: -----

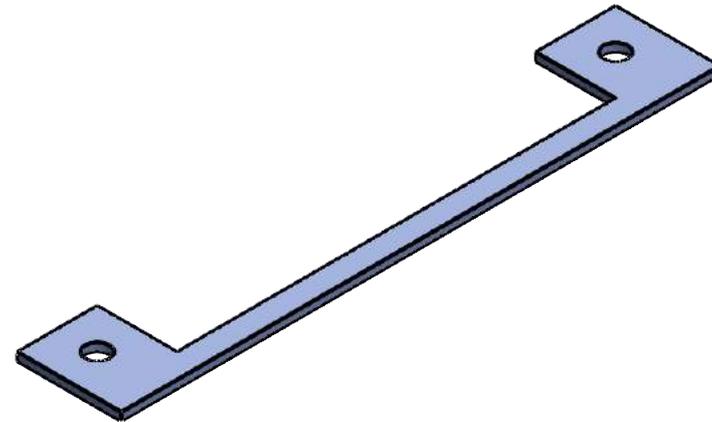
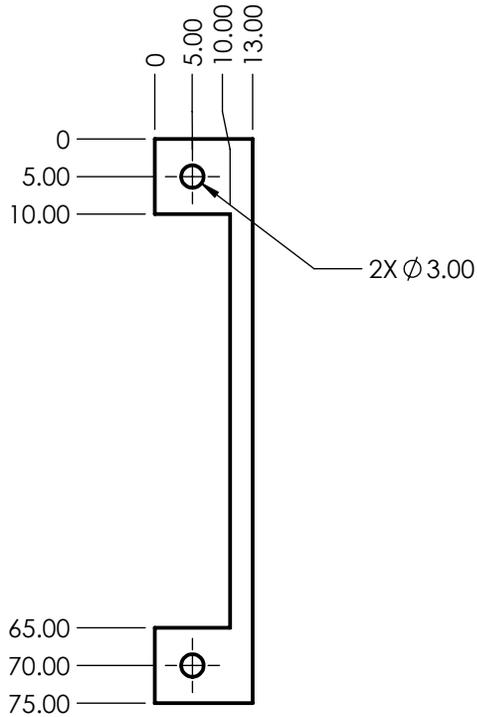
Projection:

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

		 HEREDIA, COSTA RICA	
<h1>TORNILLO DE AJUSTE</h1>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
A	4XXX	AS	A
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:
AISI 1045	- HRC	Rectificado/ Pavonado	4
SHEET:		41 OF 57	

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



**NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:**

- DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011
- ANGLE TOLERANCE ° 0.5°
- DEBURR EDGES 0.13 MAX
- MAX BURR PERMITTED 0.05
- INSIDE RAD 0.13 MAX
- OUTSIDE RAD 0.13 MAX
- LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.
- UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.
- TOLERANCES: X.X ° 0.20  
X.XX ° 0.05  
X.XXX ° 0.025  
X.XXXX ° 0.0127
- SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS
- SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm / 63 µin
- DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:

Stock Code: -----

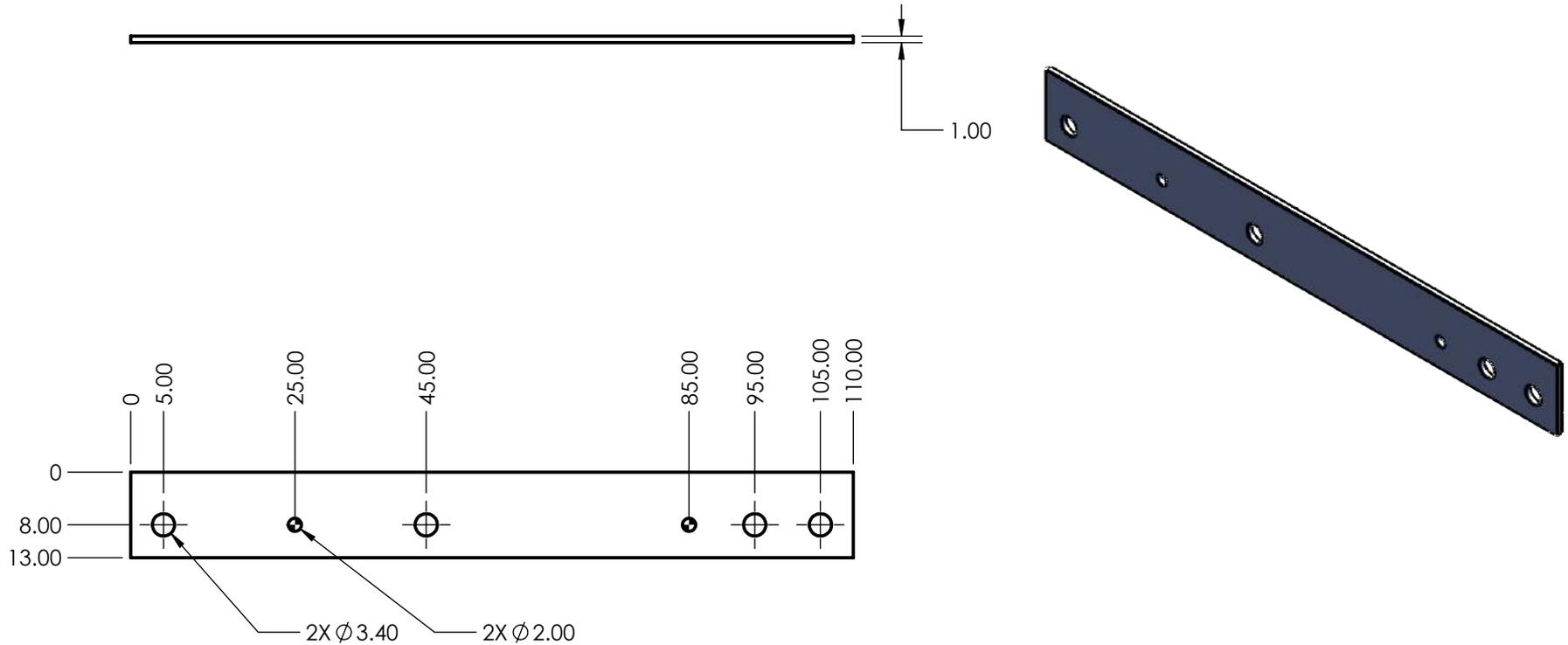
Projection:

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA		<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
TITLE: <b>TOPE DE TECHO PARA GUÍA</b>			
SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER <b>RRS</b>	REV <b>A</b>
Material: AISI 1095	Heat Treat: Finish: - HRc	QTY: <b>2</b>	SHEET: 42 OF 57

THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.

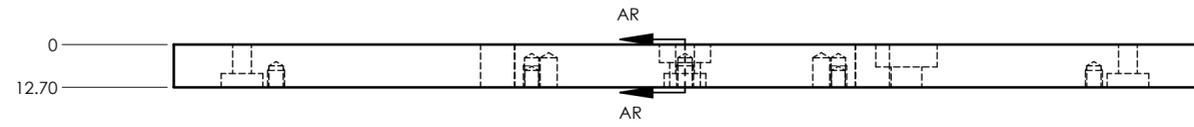
A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



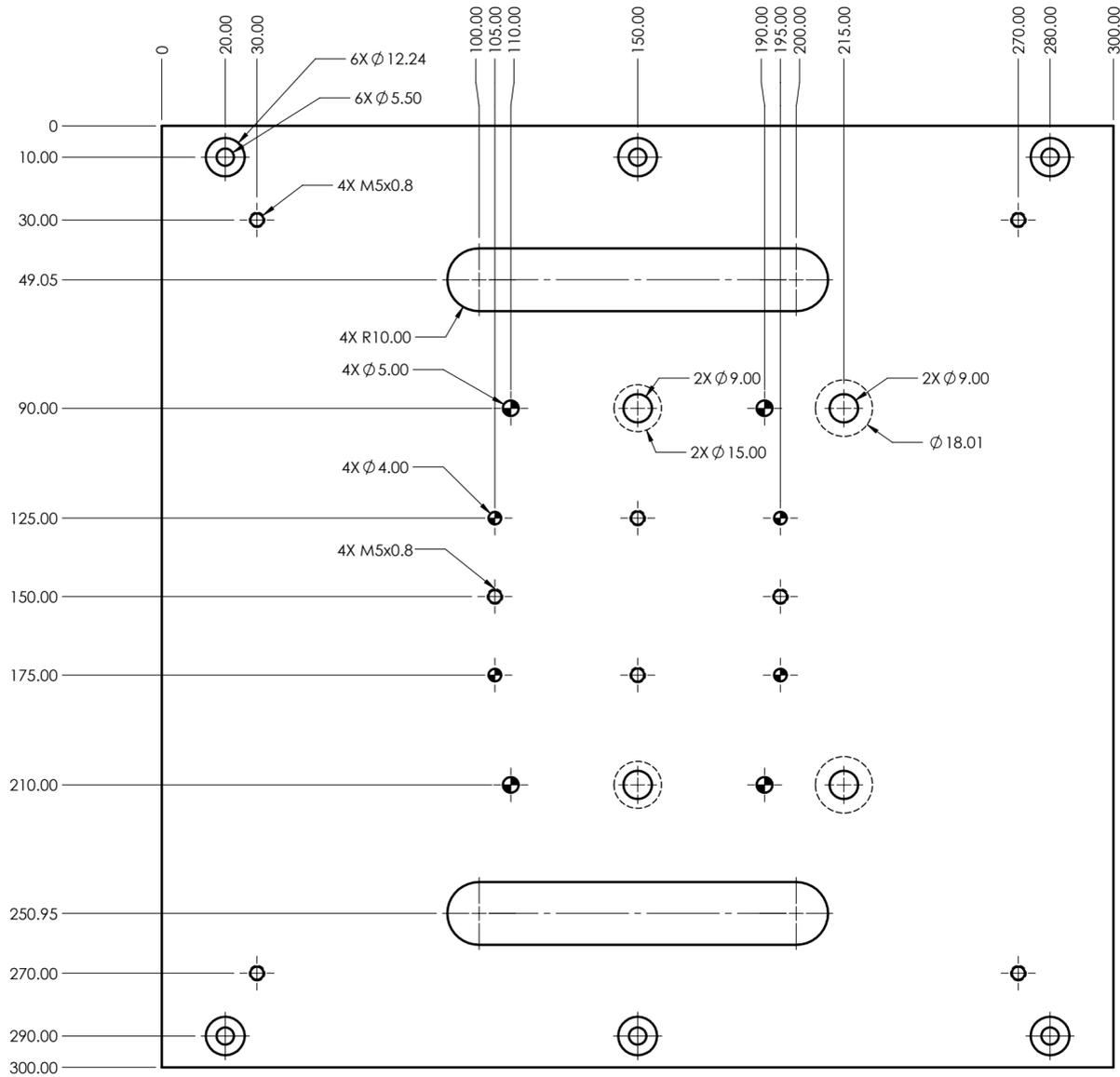
<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS </p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm / 63 µin </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: </p>
	<p>Stock Code:</p> <p>-----</p>
	<p>Projection:</p>
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>

Name:	Date:
Design: Eduardo González	8/15/2021
Drawn: Eduardo González	10/25/2021
Check:	
Approv:	

<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p>		<p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
<p>TITLE:</p> <p><b>TOPE DE TECHO PARA EXTENSIÓN DE LA GUÍA</b></p>			
SIZE	Model:	DWG NUMBER	REV
A	4XXX	<b>ERS</b>	A
Material:	Heat Treat:	Finish:	QTY:
AISI 1095	- HRC	Rectificado	4
		SHEET:	
		43 OF	57

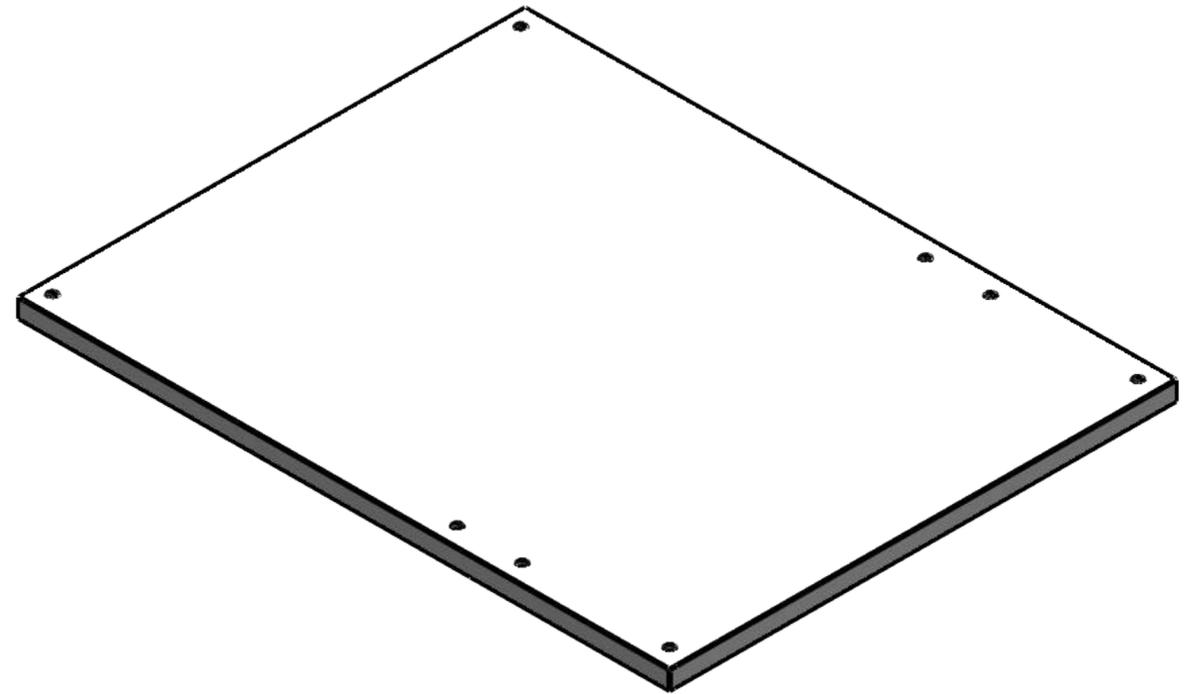
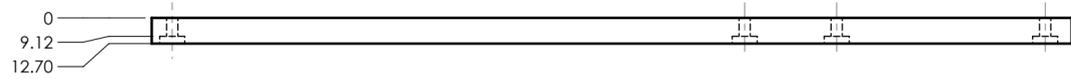
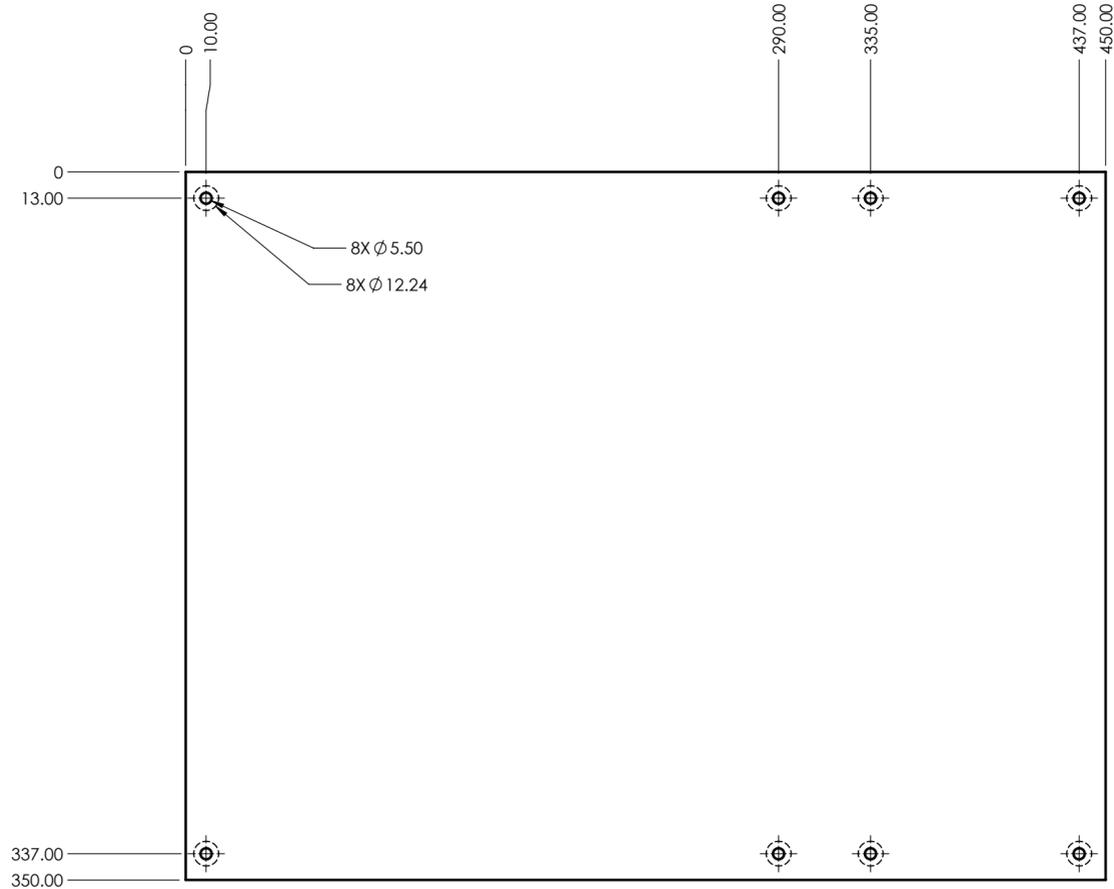


SECTION AR-AR  
SCALE 1 : 1.5

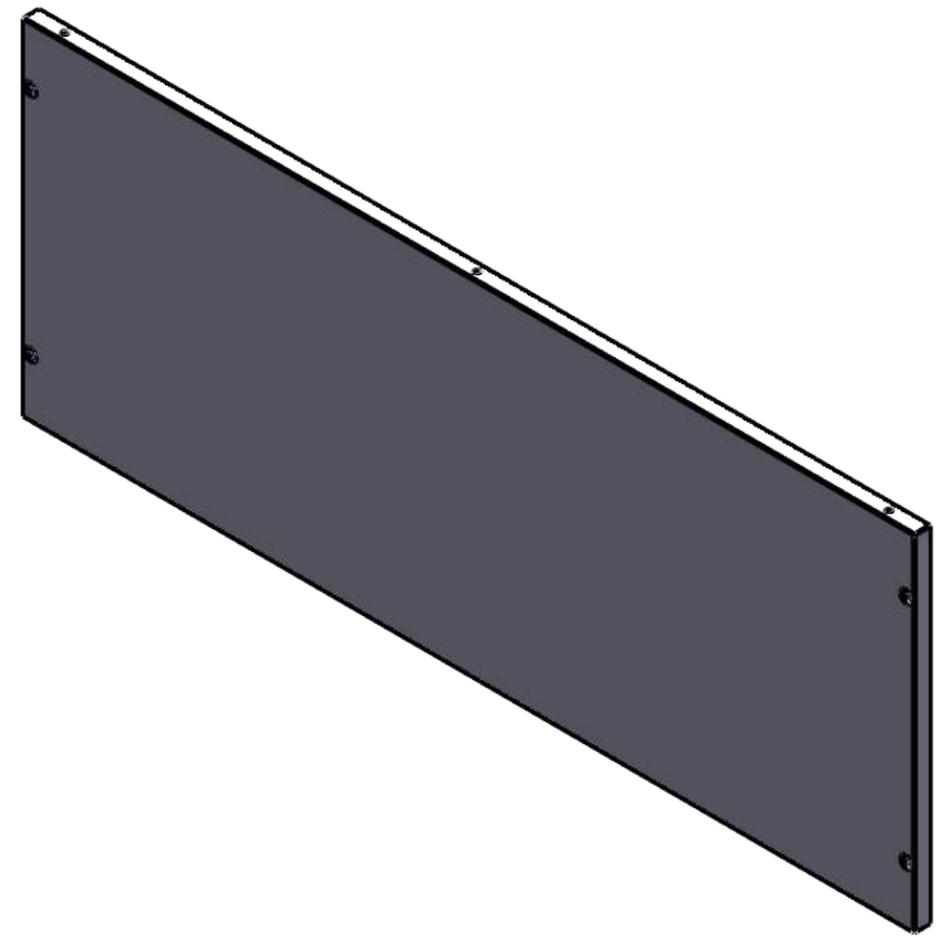
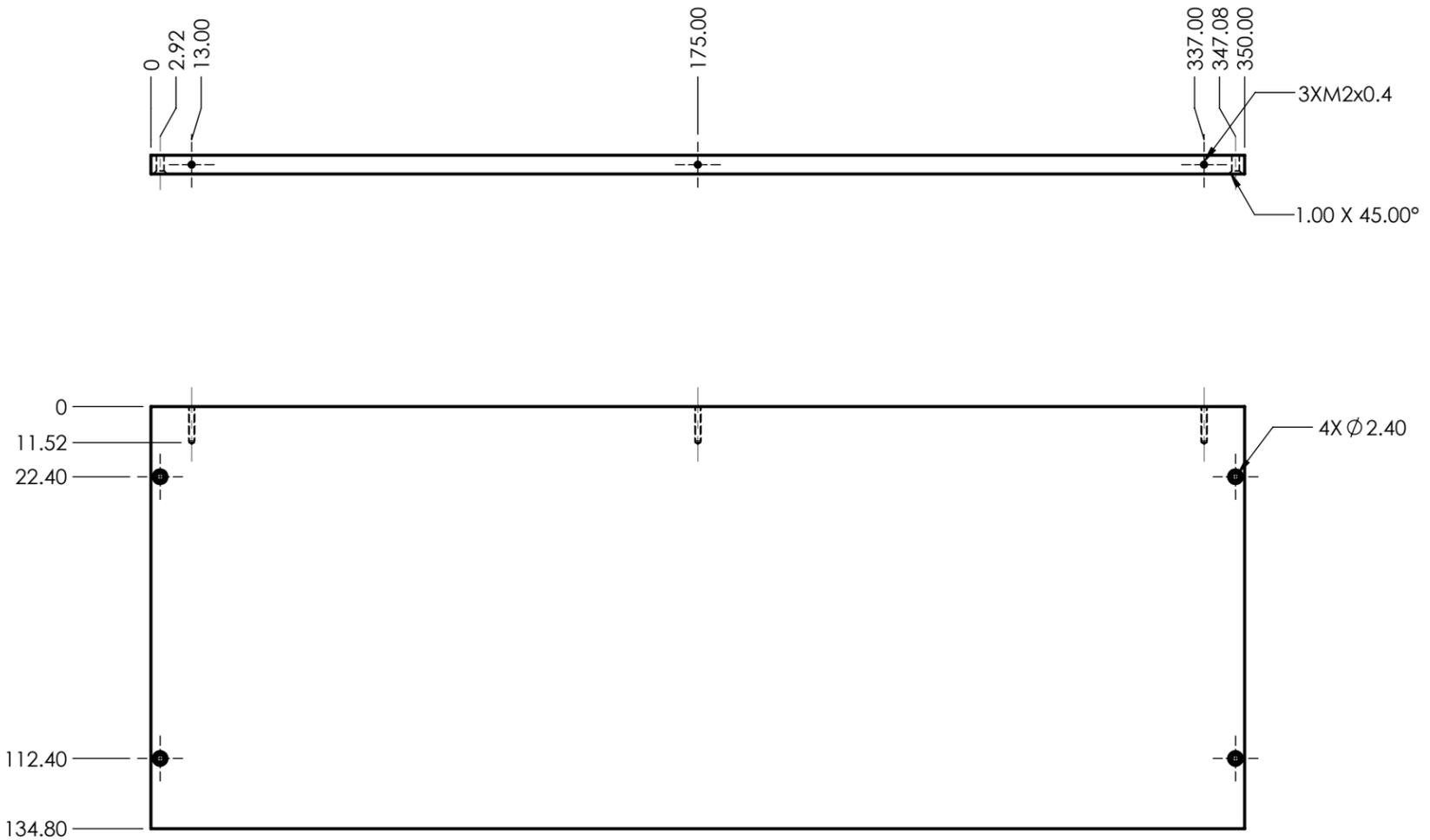


<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009/ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE: 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: .xx = 0.20 .xxx = 0.05 .xxxx = 0.025 .xxxxx = 0.0127</p>		<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square</math> 0.025</p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 <math>\mu</math>m / 63 <math>\mu</math>m</p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\circ</math> 0.025</p>		<p>Name: Eduardo González</p> <p>Date: 8/15/2021</p> <p>Design: Eduardo González</p> <p>Drawn: Eduardo González</p> <p>10/25/2021</p> <p>Check:</p> <p>Approv:</p>		<p><b>BOURNS</b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, S.A. HEREDIA, COSTA RICA</p> <p>TITLE: <b>BASE DEL ACOPLE</b></p>	
<p>Stock Code: -----</p> <p>Projection:</p>		<p>Material: AISI 6061</p> <p>Heat Treat: - Hrc</p> <p>Finish: Rectificado</p>		<p>SIZE: C</p> <p>Model: 4XXX</p> <p>DWG NUMBER: SBASE</p> <p>QTY: 1</p> <p>SHEET: 44 OF 57</p>			

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.

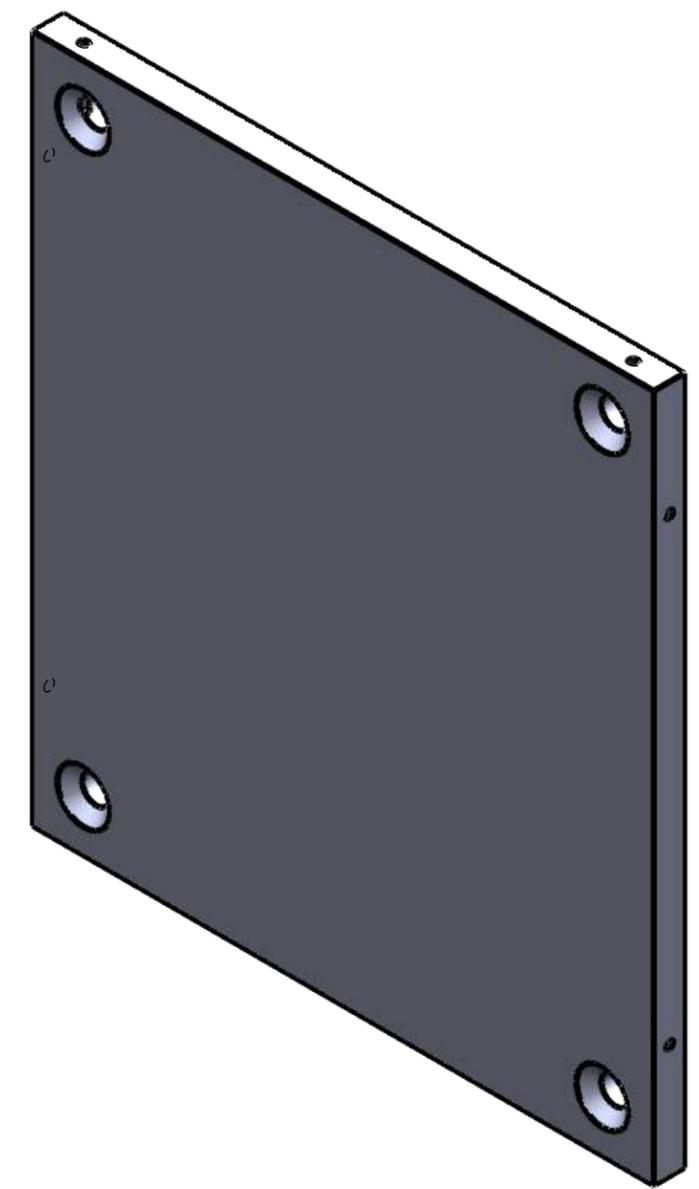
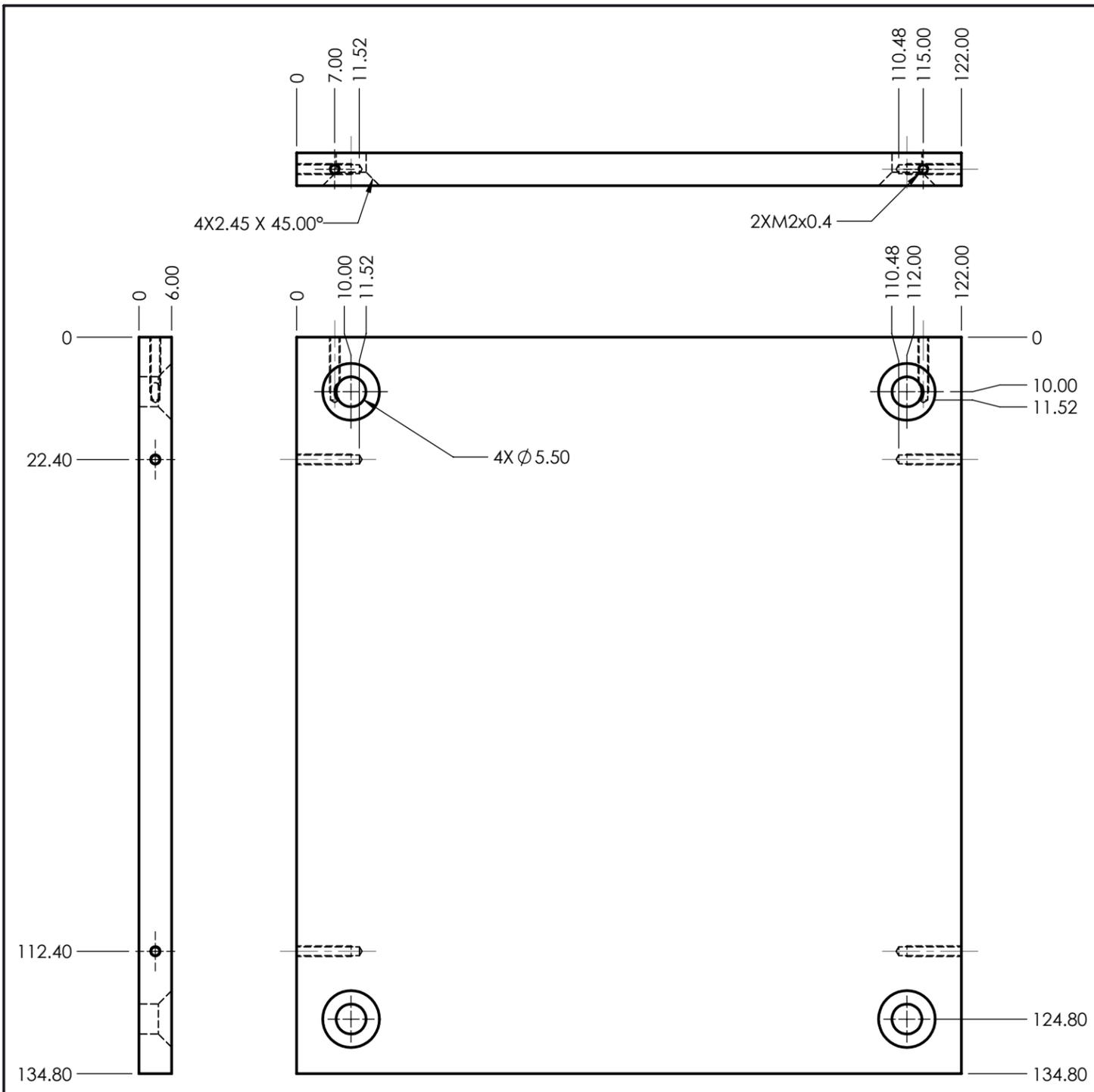


<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009/ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE: 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISION DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: .xx: 0.20 .xxx: 0.05 .xxxx: 0.025 .xxxxx: 0.0127</p>		<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square</math> 0.025</p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 <math>\mu</math>m 63 <math>\mu</math>m</p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\circ</math> 0.025</p>		<p>Name: _____ Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>		<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, S.A. HEREDIA, COSTA RICA</p> <p>TITLE: <b>BASE ESTRUCTURAL</b></p>	
<p>Stock Code: _____</p> <p>Projection: </p>		<p>Material: AISI 6061</p> <p>Heat Treat/Finish: - Hrc Rectificado</p>		<p>SIZE: C Model: 4XXX DWG NUMBER: BASE REV: A</p> <p>QTY: 1 SHEET: 45 OF 57</p>			



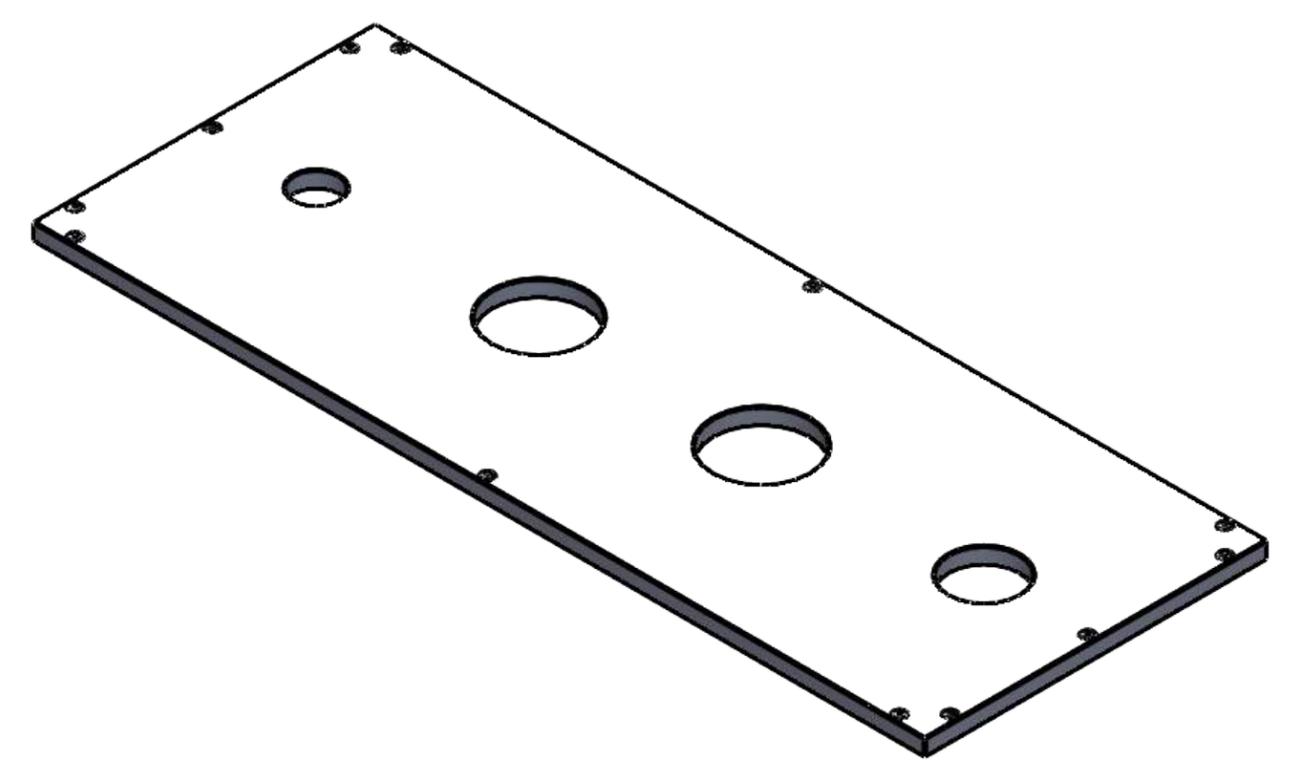
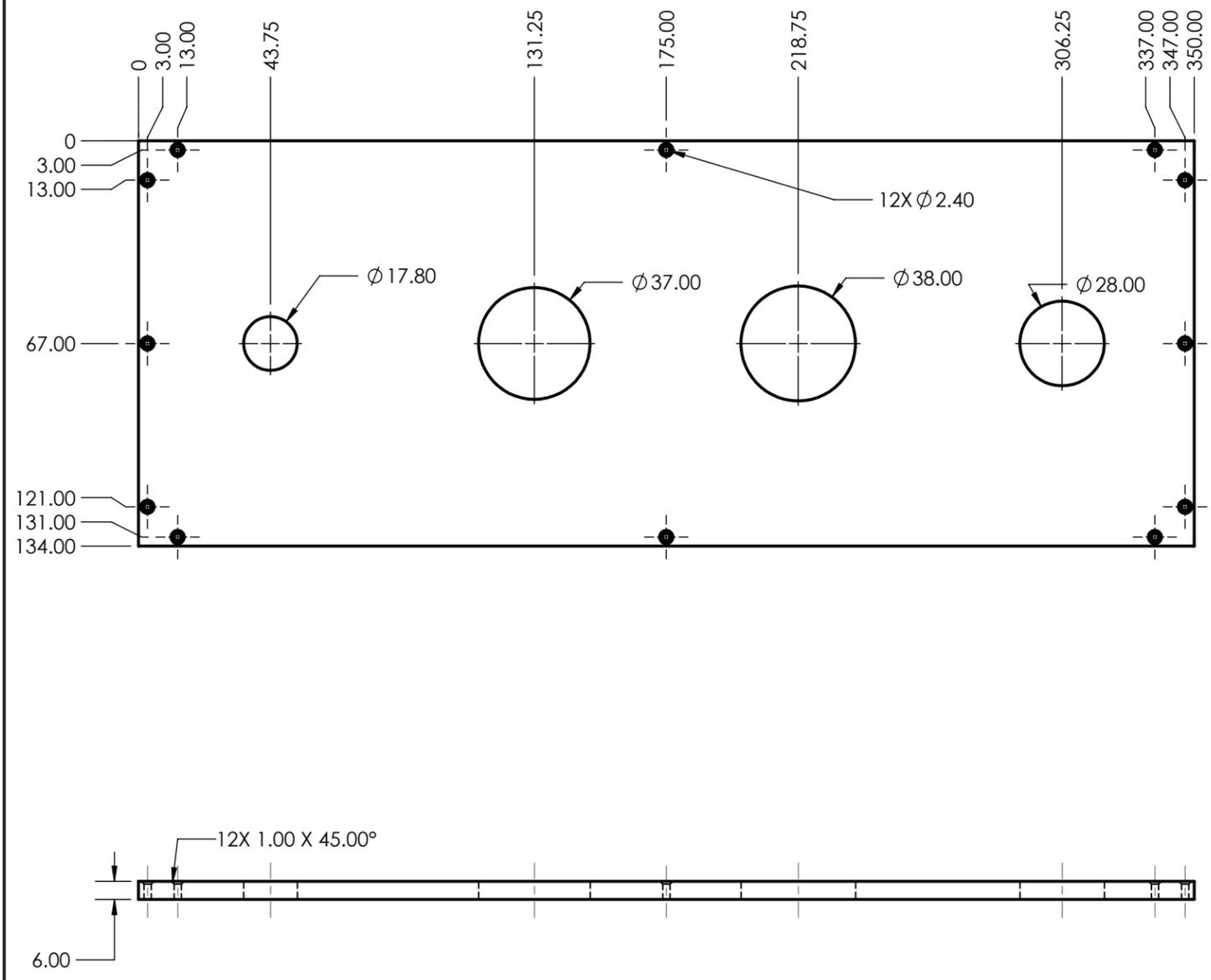
<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>		<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square 0.025</math></p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE <math>\sqrt{1.6 \mu m / 63 \mu m}</math></p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\odot 0.025</math></p>		<p>Name: _____ Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>		<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
<p>Stock Code: _____</p> <p>Projection: </p>		<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE OF DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>		<p>TITLE: _____</p>			
<p>Material: Acrílico</p>		<p>Heat Treat: - HRc</p>		<p>Finish: Rectificado</p>			
<p>SIZE: B</p>		<p>Model: 4XXX</p>		<p>DWG NUMBER: NCF</p>			
<p>QTY: 1</p>		<p>SHEET: 46 OF 57</p>		<p>REV: A</p>			

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



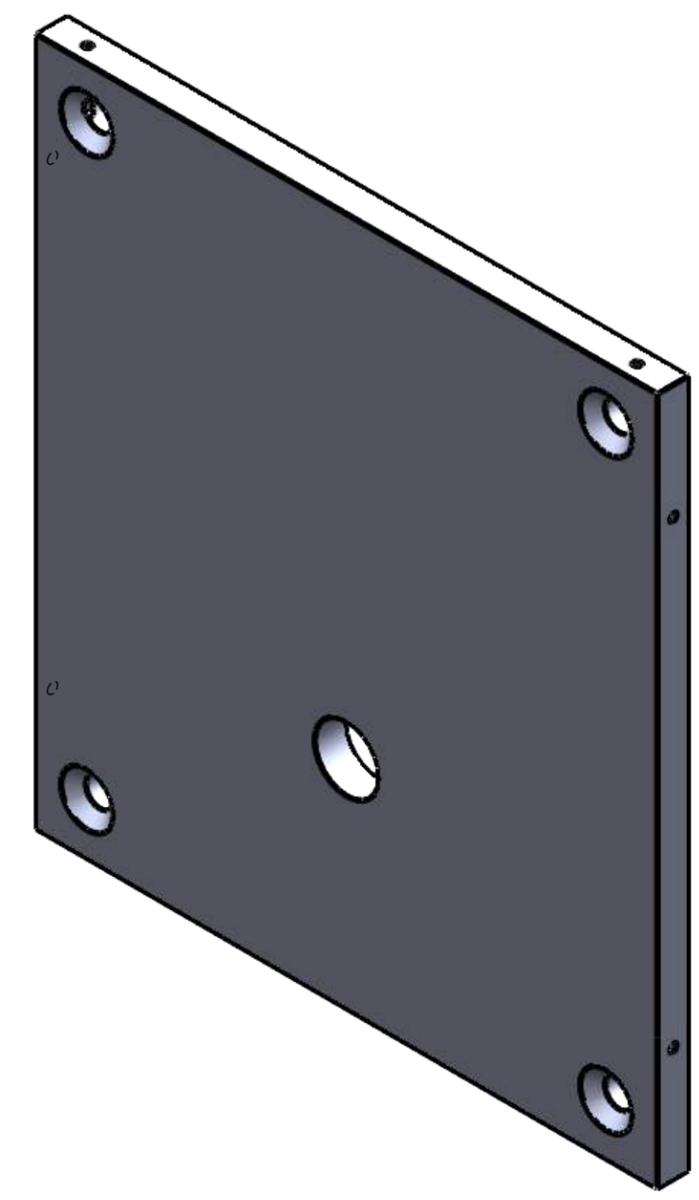
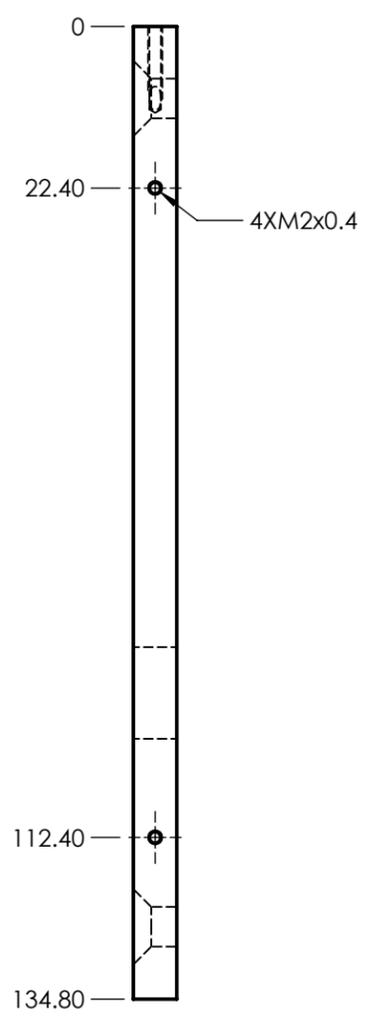
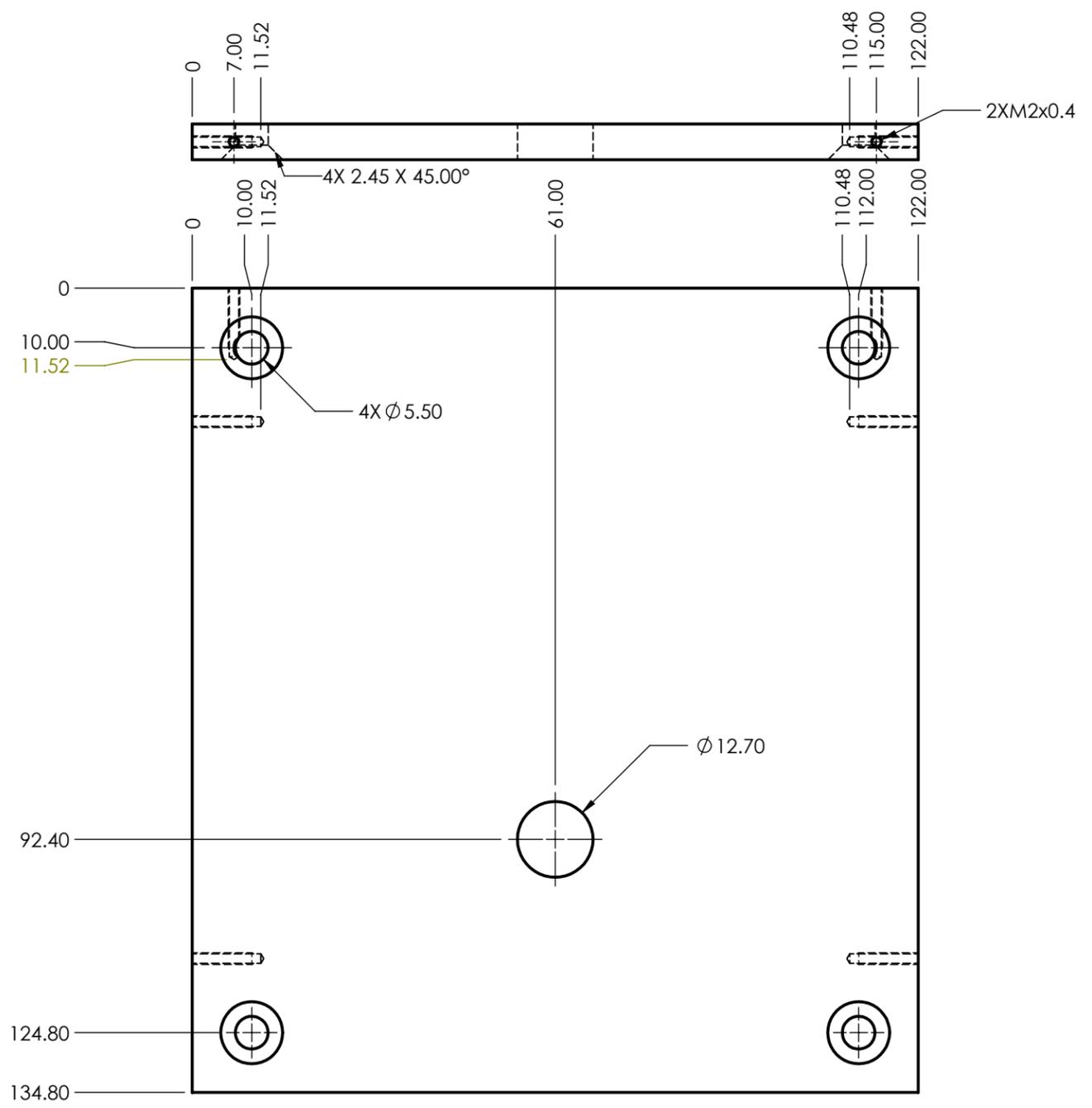
A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.

<p><b>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</b></p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X * 0.20 X.XX * 0.05 X.XXX * 0.025 X.XXXX * 0.0127</p>	<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square 0.025</math></p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 <math>\mu\text{m}</math> 63 <math>\mu\text{m}</math></p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\odot 0.025</math></p>	<p>Name: _____ Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>	<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	<p>TITLE: _____</p> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;"><b>COBERTOR NEUMÁTICO LATERAL</b></p>	
	<p>Stock Code: _____</p> <p>Projection: </p>	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE OF DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>			<p>SIZE: <b>B</b> Model: <b>4XXX</b> DWG NUMBER: <b>NCL</b> REV: <b>A</b></p>
	<p>Material: <b>Acrílico</b> Heat Treat: <b>- HRc</b> Finish: <b>Rectificado</b> QTY: <b>1</b> SHEET: <b>47 OF 57</b></p>				
	<p>Una copia impresa de este documento se considera <b>NO CONTROLADA - SÓLO PARA REFERENCIA</b>. Es responsabilidad del usuario asegurarse de utilizar la revisión más reciente.</p>				



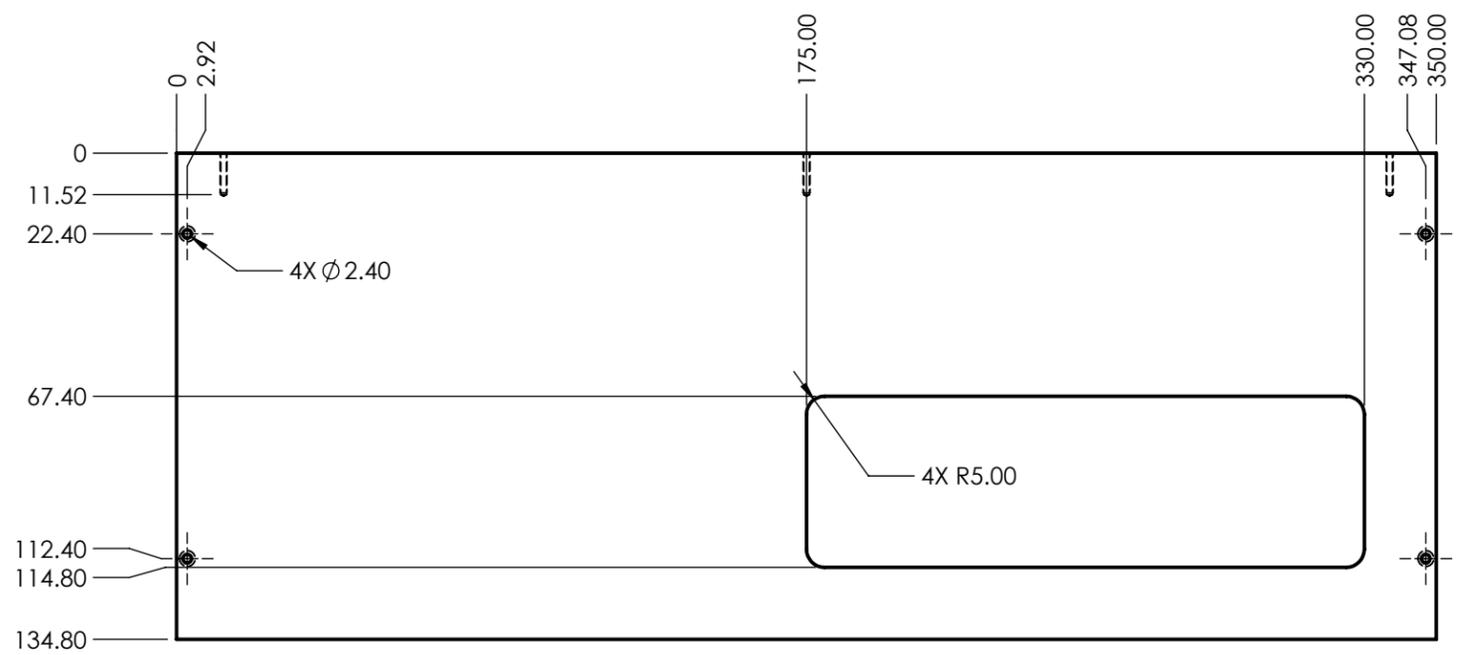
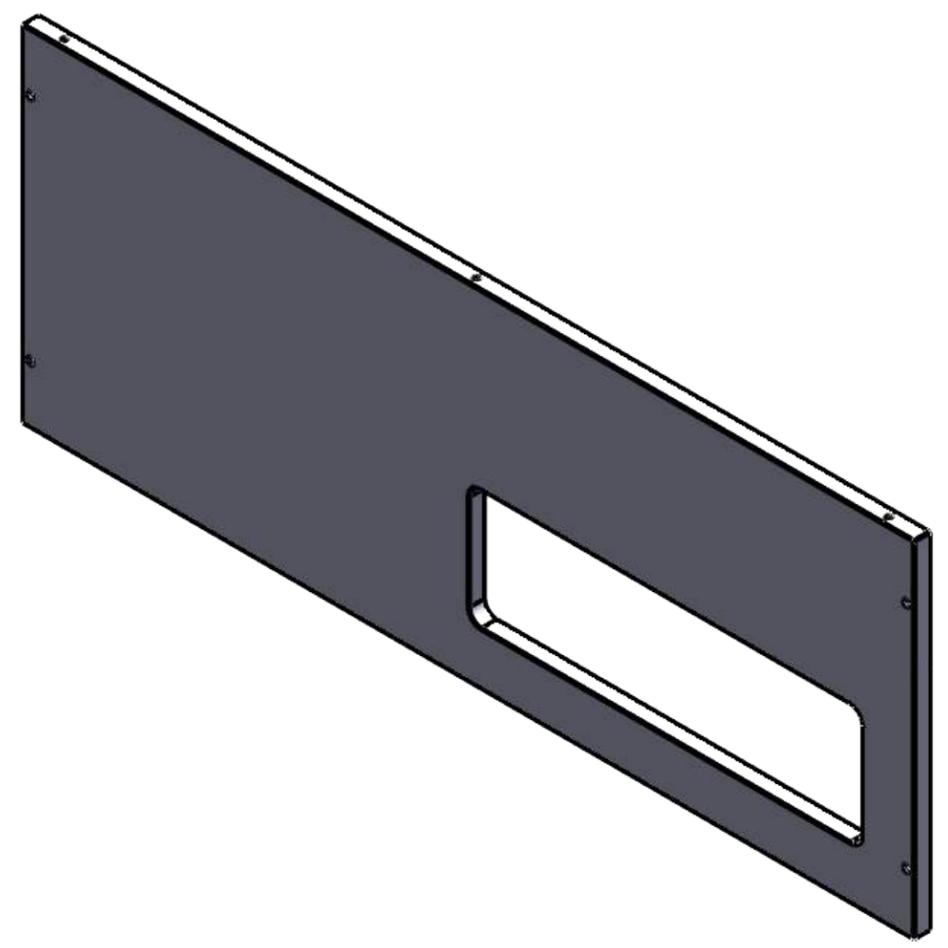
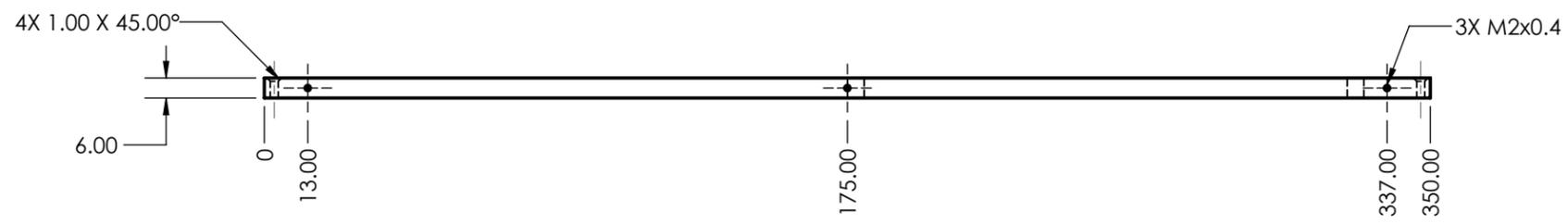
<p><b>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</b></p> <p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X * 0.20 X.XX * 0.05 X.XXX * 0.025 X.XXXX * 0.0127</p>	<p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square 0.025</math></p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 <math>\mu\text{m}</math> 63 <math>\mu\text{m}</math></p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\odot 0.025</math></p>	<p>Name: _____ Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>	<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	<p>TITLE:</p> <p><b>COBERTOR NEUMÁTICO SUPERIOR</b></p>	
	<p>Stock Code: _____</p> <p>Projection: </p>	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>			<p>SIZE: <b>B</b> Model: <b>4XXX</b> DWG NUMBER: <b>NCT</b> REV: <b>A</b></p>
	<p>Material: Acrílico Heat Treat: - HRc Finish: Rectificado QTY: 1 SHEET: 48 OF 57</p>				
	<p>Una copia impresa de este documento se considera <b>NO CONTROLADA - SÓLO PARA REFERENCIA</b>. Es responsabilidad del usuario asegurarse de utilizar la revisión más reciente.</p>				

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



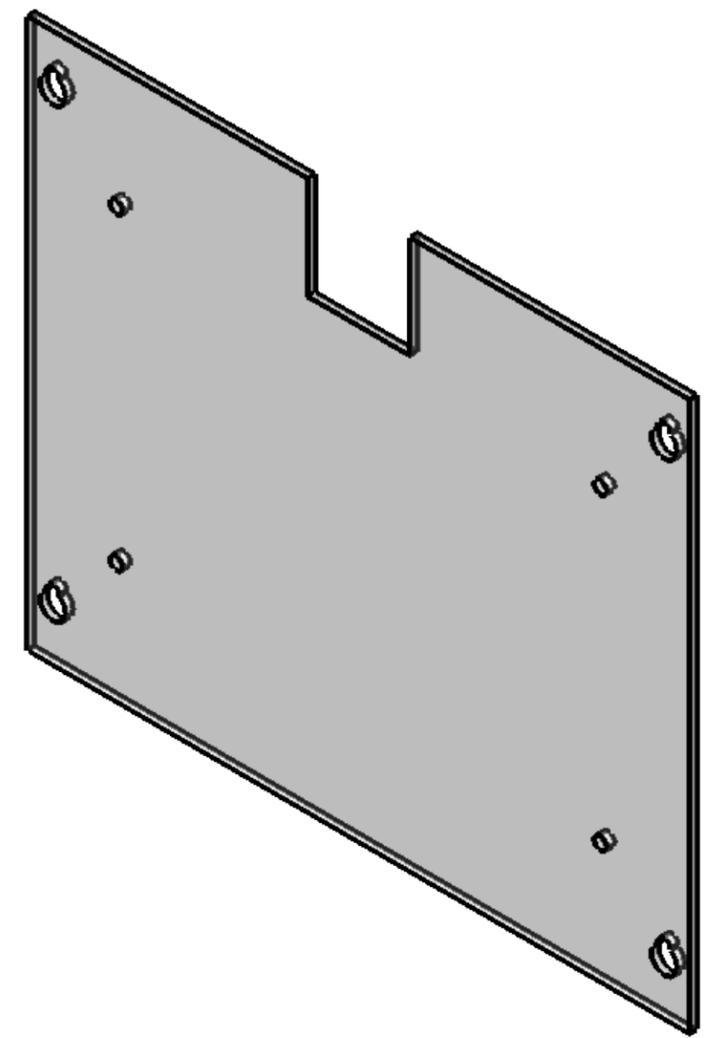
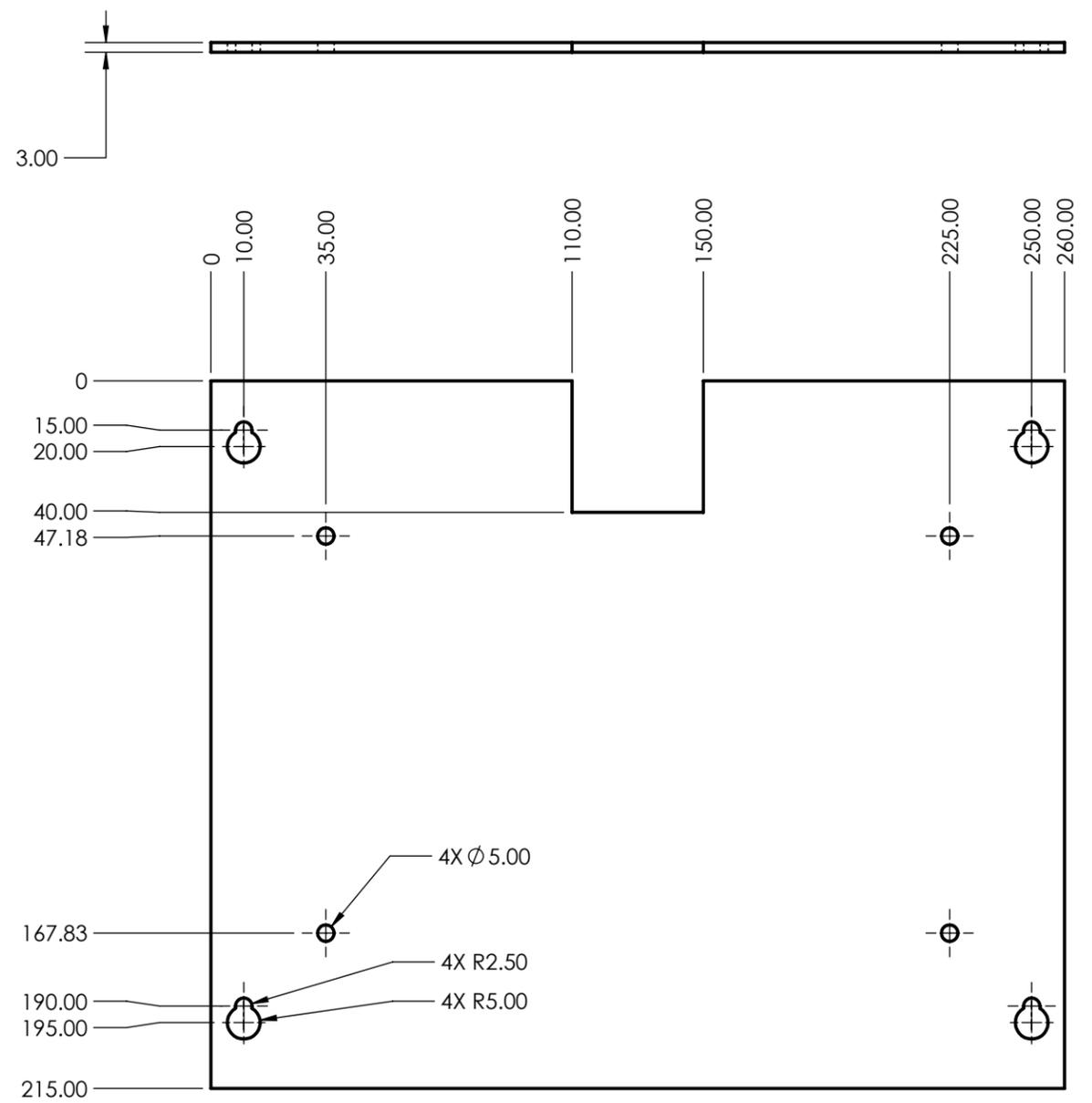
<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X * 0.20 X.XX * 0.05 X.XXX * 0.025 X.XXXX * 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square 0.025</math></p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE <math>\nabla</math> 1.6 <math>\mu\text{m}</math> / 63 <math>\mu\text{m}</math></p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\text{C} 0.025</math></p>		<p>Name: _____ Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>		<p><b>BOURNS</b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
	<p>Stock Code: _____</p> <p>Projection: <math>\oplus</math> <math>\dashv</math></p>		<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE OF THIS DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>		<p>TITLE: <b>COBERTOR NEUMÁTICO LATERAL CON ENTRADA DE AIRE</b></p>	
	<p>Material: Acrílico</p>		<p>Heat Treat: - HRc</p>		<p>Finish: <b>Rectificado</b></p>	
	<p>SIZE <b>B</b></p>		<p>Model: <b>4XXX</b></p>		<p>DWG NUMBER <b>NCLI</b></p>	
<p>Material: Acrílico</p>		<p>Heat Treat: - HRc</p>		<p>Finish: <b>Rectificado</b></p>		
<p>QTY: <b>1</b></p>		<p>SHEET: <b>49 OF 57</b></p>		<p>REV <b>A</b></p>		

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



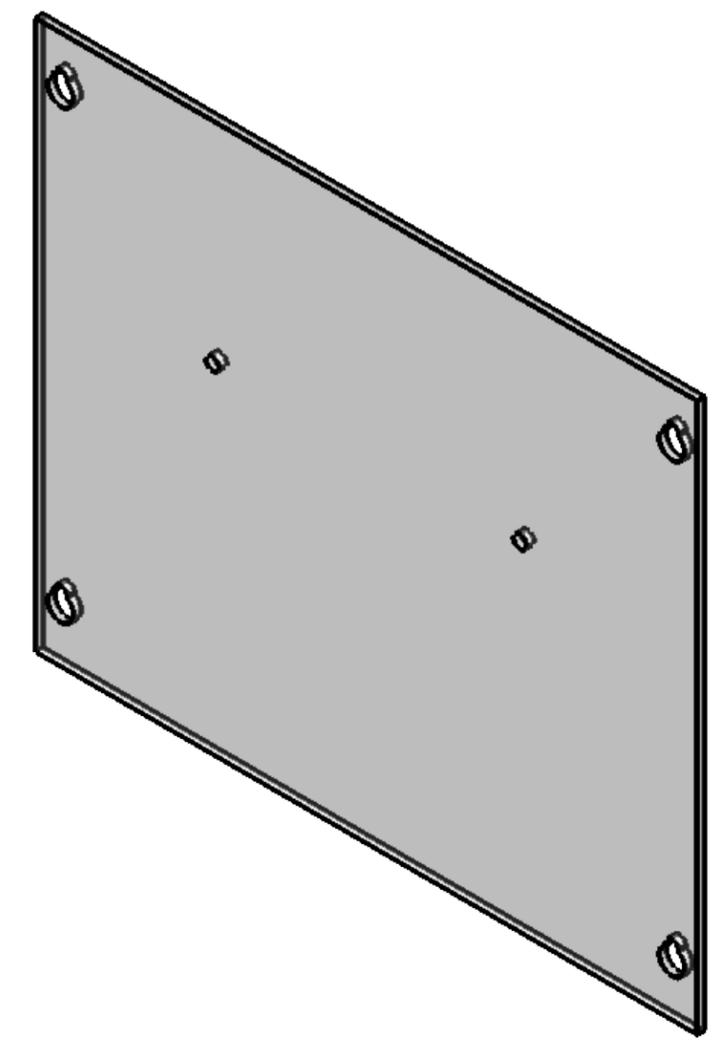
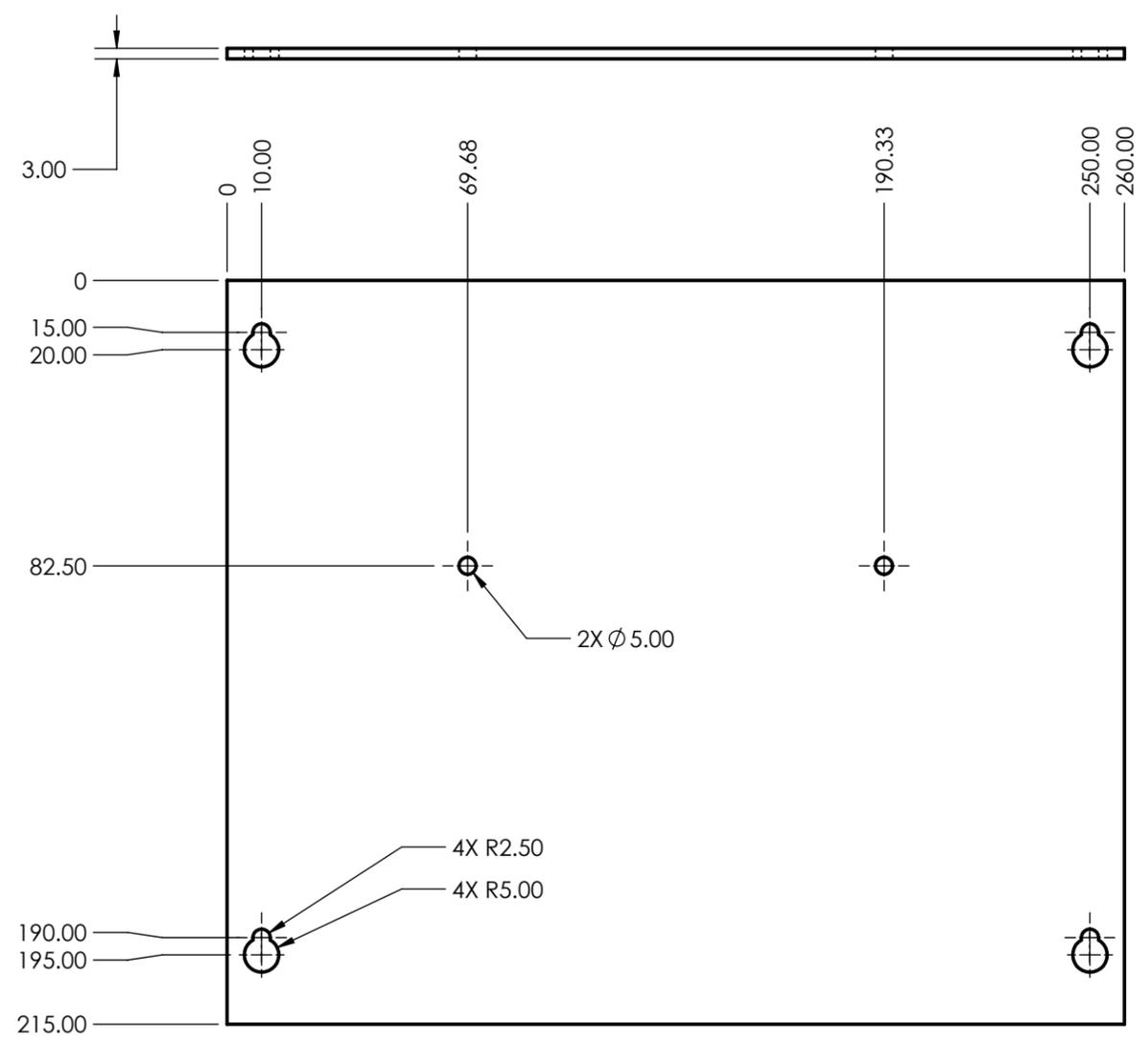
<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X * 0.20 X.XX * 0.05 X.XXX * 0.025 X.XXXX * 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square 0.025</math></p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 <math>\mu\text{m}</math> 63 <math>\mu\text{m}</math></p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\odot 0.025</math></p>		<p>Name: _____ Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>		<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
	<p>Stock Code: _____</p>		<p>TITLE: <b>COBERTOR NEUMÁTICO POSTERIOR</b></p>			
	<p>Projection: </p>		<p>Material: Acrílico Heat Treat: - HRc Finish: Rectificado QTY: 1 SHEET: 50 OF 57</p>			
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>		<p>SIZE: B Model: 4XXX DWG NUMBER: <b>NCB</b> REV: A</p>			

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



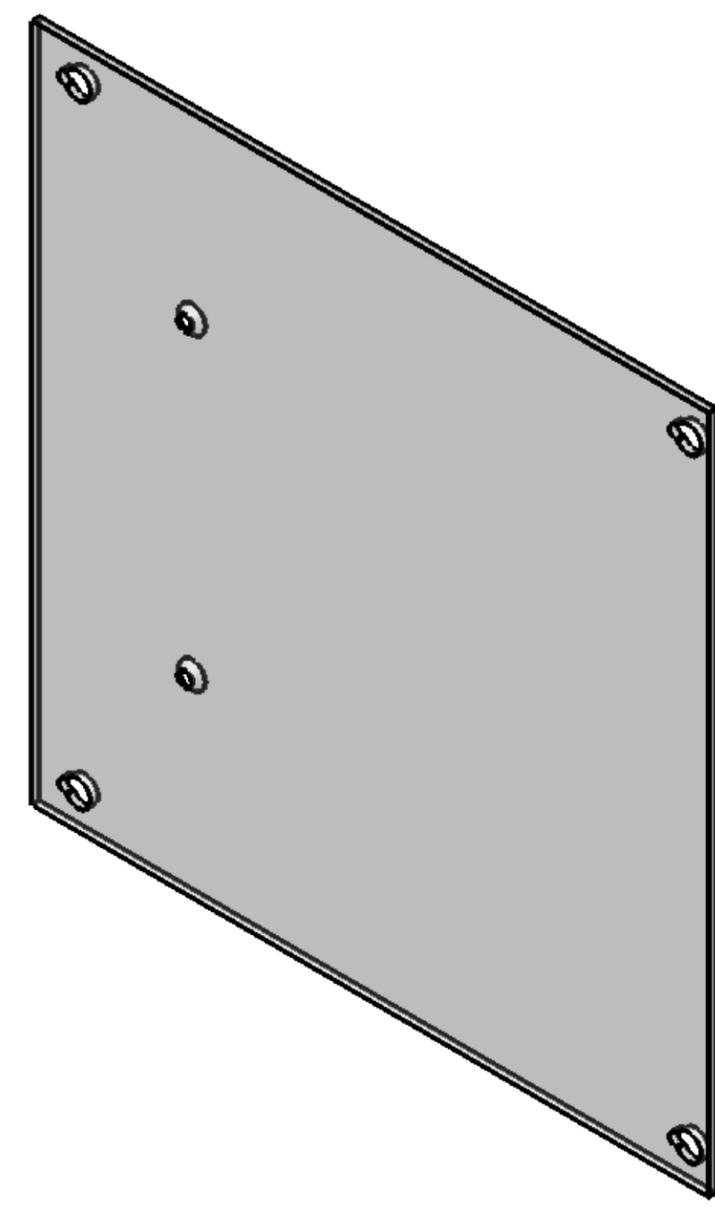
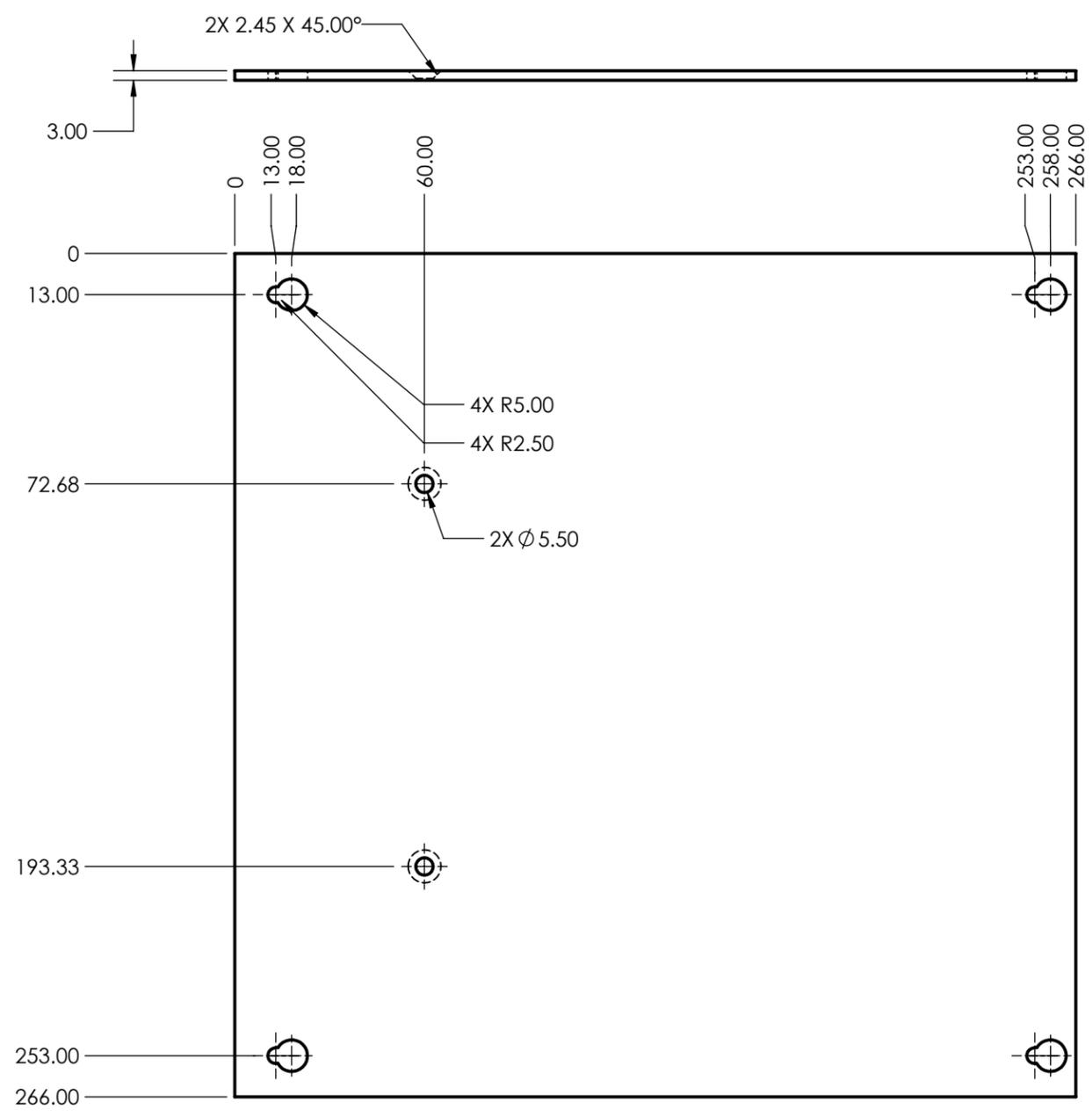
<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X 0.20 X.XX 0.05 X.XXX 0.025 X.XXXX 0.0127</p>		<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square 0.025</math></p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 <math>\mu\text{m}</math> 63 <math>\mu\text{m}</math></p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\odot 0.025</math></p>		<p>Name: _____ Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>		<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>		
<p>Stock Code: _____</p> <p>Projection: </p>		<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS, THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>		<p>TITLE: <b>COBERTOR DE SEGURIDAD FRONTAL</b></p>				
<p>SIZE <b>B</b></p>	<p>Model: <b>4XXX</b></p>	<p>DWG NUMBER <b>CSF</b></p>	<p>REV <b>A</b></p>	<p>Material: <b>Acrílico</b></p>	<p>Heat Treat: <b>- HRc</b></p>	<p>Finish: <b>Rectificado</b></p>	<p>QTY: <b>2</b></p>	<p>SHEET: <b>51 OF 57</b></p>

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



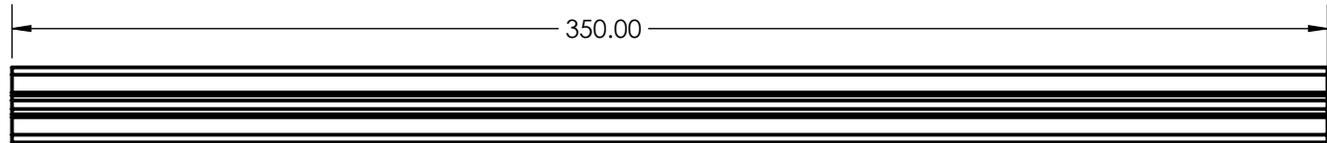
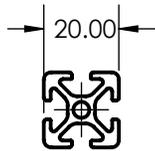
<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X 0.20 X.XX 0.05 X.XXX 0.025 X.XXXX 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square 0.025</math></p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 <math>\mu\text{m}</math> 63 <math>\mu\text{m}</math></p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\odot 0.025</math></p>		<p>Name: _____ Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>		<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
	<p>Stock Code: _____</p>		<p>TITLE: _____</p>			
	<p>Projection: </p>		<p>SIZE: B Model: 4XXX DWG NUMBER: <b>CSL</b> REV: A</p>			
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE OF THIS DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>		<p>Material: Acrílico Heat Treat: - HRc Finish: Rectificado QTY: 2 SHEET: 52 OF 57</p>			

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.

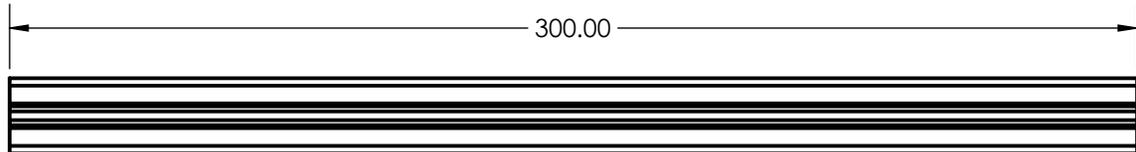
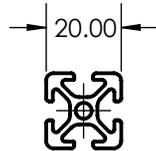


<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X * 0.20 X.XX * 0.05 X.XXX * 0.025 X.XXXX * 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS <math>\square 0.025</math></p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 <math>\mu\text{m}</math> 63 <math>\mu\text{m}</math></p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS: <math>\text{◎} 0.025</math></p>		<p>Name: _____ Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>		<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>	
	<p>Stock Code: _____</p> <p>Projection: </p>		<p>TITLE: <b>COBERTOR DE SEGURIDAD SUPERIOR</b></p>			
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS, INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS, THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>		<p>SIZE: <b>B</b></p>	<p>Model: <b>4XXX</b></p>	<p>DWG NUMBER: <b>CST</b></p>	<p>REV: <b>A</b></p>
			<p>Material: <b>Acrílico</b></p>	<p>Heat Treat: <b>- HRc</b></p>	<p>Finish: <b>Rectificado</b></p>	<p>QTY: <b>1</b></p> <p>SHEET: <b>53 OF 57</b></p>

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.

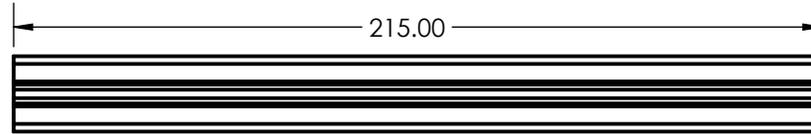
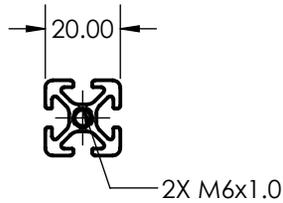


1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011 2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5° 3. DEBURR EDGES 0.13 MAX 4. MAX BURR PERMITTED 0.05 5. INSIDE RAD 0.13 MAX 6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX 7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION. 8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES. 9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127	NOTES EXCEPT AS SPECIFIED: 10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS  0.025 11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin 12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:  0.025	Name: _____ Date: _____ Design: Eduardo González 8/15/2021 Drawn: Eduardo González 10/25/2021 Check: _____ Approv: _____	<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA				<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA	
	Stock Code: -----	Projection: 		TITLE: <b>PERFÍL T 20MM BASE DEL ACOPL</b>				
	THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.			SIZE <b>A</b>	Model: <b>4XXX</b>	DWG NUMBER <b>PTSB</b>	REV <b>A</b>	
				Material:	Heat Treat: Finish: <b>- HRC    Rectificado</b>	QTY: <b>1</b>	SHEET: <b>54 OF 57</b>	

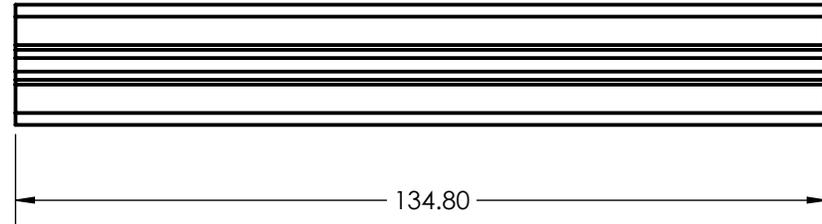
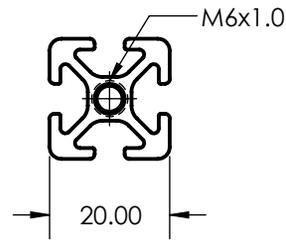


1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011 2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5° 3. DEBURR EDGES 0.13 MAX 4. MAX BURR PERMITTED 0.05 5. INSIDE RAD 0.13 MAX 6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX 7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION. 8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES. 9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127	NOTES EXCEPT AS SPECIFIED: 10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS  0.025 11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin 12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:  0.025	Name: _____ Date: _____ Design: Eduardo González 8/15/2021 Drawn: Eduardo González 10/25/2021 Check: _____ Approv: _____	<b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA				<b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA					
	Stock Code: -----	TITLE: <h2 style="margin: 0;">PERFÍL T 20MM BASE ESTRUCTURAL</h2>			SIZE: <b>A</b>		Model: <b>4XXX</b>		DWG NUMBER: <b>PTB</b>		REV: <b>A</b>	
	Projection: 	THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.			Material: _____		Heat Treat: Finish: <b>- HRC</b>		QTY: <b>1</b>		SHEET: <b>55 OF 57</b>	
	Una copia impresa de este documento se considera NO CONTROLADA - SÓLO PARA REFERENCIA. Es responsabilidad del usuario asegurarse de utilizar la revisión más reciente.											

A hard copy of this document is considered UNCONTROLLED - FOR REFERENCE ONLY. It is the responsibility of the user to verify that the latest revision is being accessed.



<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS  0.025</p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:  0.025</p>	<p>Name: _____</p> <p>Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>	<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>				
	<p>Stock Code: _____</p> <p>Projection: </p>	<p>TITLE:</p> <p><b>PERFÍL T 20MM COBERTOR DE SEGURIDAD</b></p>					
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>			<p>SIZE: <b>A</b></p>	<p>Model: <b>4XXX</b></p>	<p>DWG NUMBER</p> <p style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>PTCS</b></p>	<p>REV</p> <p style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>A</b></p>
	<p>Material: _____</p>		<p>Heat Treat: Finish:</p> <p style="text-align: center;"><b>- HRC    Rectificado</b></p>	<p>QTY: <b>4</b></p>	<p>SHEET: <b>56 OF 57</b></p>		



<p>1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES) PER ASME Y14.5-2009, ASME Y14.43-2011</p> <p>2. ANGLE TOLERANCE ° 0.5°</p> <p>3. DEBURR EDGES 0.13 MAX</p> <p>4. MAX BURR PERMITTED 0.05</p> <p>5. INSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>6. OUTSIDE RAD 0.13 MAX</p> <p>7. LOWERCASE LETTER WITHIN A CIRCLE DENOTE CRITICAL DIMENSION.</p> <p>8. UPPERCASE LETTER WITHIN AN HEXAGON DENOTE REVISED DIMENSIONS OR FEATURES.</p> <p>9. TOLERANCES: X.X ° 0.20 X.XX ° 0.05 X.XXX ° 0.025 X.XXXX ° 0.0127</p>	<p>NOTES EXCEPT AS SPECIFIED:</p> <p>10. SURFACES SHALL IS 0.025 FLATNESS  0.025</p> <p>11. SURFACE ROUGHNESS PER ASME B46.1-2009 TO BE 1.6 µm 63 µin </p> <p>12. DIAMETERS WITH SAME CENTERLINE IS:  0.025</p>	<p>Name: _____</p> <p>Date: _____</p> <p>Design: Eduardo González 8/15/2021</p> <p>Drawn: Eduardo González 10/25/2021</p> <p>Check: _____</p> <p>Approv: _____</p>	<p><b>BOURNS<sup>®</sup></b> COSTA RICA</p> <p><b>TRIMPOT</b> ELECTRONICAS, Ltda HEREDIA, COSTA RICA</p>		
	<p>Stock Code: _____</p> <p>Projection: </p>	<p>TITLE:</p> <p><b>PERFÍL T 20MM COBERTOR NEUMÁTICO</b></p>			
	<p>THIS PRINT DISCLOSES SUBJECT MATTER IN WHICH BOURNS INC. HAS PROPRIETARY RIGHTS. THE RECEIPT OR POSSESSION OF THIS PRINT DOES NOT CONFER, TRANSFER OR LICENSE THE USE DESIGN OR TECHNICAL INFORMATION SHOWN HERE IN. DISCLOSURE THERE OF TO OTHERS OR MANUFACTURE OF ANY ARTICLE HERE FROM IS FORBIDDEN EXCEPT: BY PERMISSION FROM BOURNS INC.</p>		<p>SIZE <b>A</b></p> <p>Model: <b>4XXX</b></p> <p>Material: _____</p>	<p>DWG NUMBER <b>PTNC</b></p> <p>Heat Treat: Finish: <b>- HRC Rectificado</b></p>	<p>REV <b>A</b></p> <p>QTY: <b>1</b></p> <p>SHEET: <b>57 OF 57</b></p>
	<p>Una copia impresa de este documento se considera <b>NO CONTROLADA - SÓLO PARA REFERENCIA</b>. Es responsabilidad del usuario asegurarse de utilizar la revisión más reciente.</p>				