

## RAE

- 1. TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de Grado para optar por el título de INGENIERO MECATRÓNICO.
- 2. TÍTULO:** DISEÑO Y SIMULACIÓN DE BANCO BALÍSTICO DE PRUEBAS PARA PROBETAS DE VIDRIOS DE SEGURIDAD Y MOLDES DE PLASTILINA AUTOMATIZADO.
- 3. AUTOR:** Andrés Felipe Valencia Ortíz
- 4. LUGAR:** Bogotá D.C.
- 5. FECHA DE ELABORACIÓN:** Febrero de 2012
- 6. PALABRAS CLAVES:** Acristalamiento Antibala, Balística, Bastidor, Control Automático, chaleco Antibalas, Hoja Testigo, Impacto, Probeta, Proyecto, Prueba, Simulación.
- 7. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:** Este proyecto consiste en la realización del *Diseño y la Simulación de un Banco Balístico para la Industria Militar de Colombia*, que permitirá probar vidrios blindados para vehículos y chalecos antibalas según La Norma Técnica Colombiana NTC 5501 y la Norma Estándar NIJ - 01.01.06. La finalidad es diseñar un módulo con mayor precisión y velocidad para optimizar el tiempo en el que se realizan las pruebas. El Banco estará controlado automáticamente a través de una interfaz de fácil manejo.
- 8. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** La línea de Investigación de la USB: *Tecnologías Actuales y Sociedad*. Sub-línea Facultad de Ingeniería: *Instrumentación y Control de Procesos*. Campo Temático del Programa: *Automatización de Procesos*.
- 9. FUENTES CONSULTADAS:** SHIGLEY Joseph, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, Editorial McGraw - Hill Octava Edición. ASKELAND, Donald R. *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, Rolla, 1998, 130 p. BUDYNAS, Nisbett. *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, Estados Unidos, 209 p. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 5501 y Estándar NIJ - 01.01.06. Bogotá D.C., 2007, 6 p. AUTODESK INVENTOR. *Manual del ingeniero*. Estados Unidos, 2011. ASTI VERA, Armando. *Metodología de la Investigación*. RAFITA MORENO, Ramón Pied. *Ingeniería de la Automatización Industrial*. ICONTEC. *Compendio de Dibujo Técnico*. Bogotá D.C., 2010.
- 10. CONTENIDO DEL DOCUMENTO:** El desarrollo del documento está dividido en 9 capítulos: en los tres primeros se realiza el planteamiento del problema, donde se detalla la temática, se delimita el proyecto y se establecen los objetivos; se presenta a continuación un marco de referencia que es el soporte teórico y normativo del plan de trabajo y la metodología de la investigación, que especifica el enfoque del proyecto dentro de la estructura institucional para tesis de ingeniería de la Universidad de San Buenaventura, además, cómo se recolectó la información y las personas involucradas en el proceso, docentes de la

Universidad de San Buenaventura, ingenieros de la empresa que apoyaron esta investigación y operarios de la Fábrica General José María Córdova (FAGECOR). En el capítulo 4, se expone el desarrollo ingenieril, comenzando con el diseño mecánico y los requisitos, optimización de la estructura y determinación de mecanismos para el correcto funcionamiento del módulo. Posteriormente la etapa de control automático, que consta del modelo matemático y la secuencia del controlador lógico programable (PLC). En el capítulo 5 se presentan los resultados y sus respectivos análisis, seleccionando adecuadamente los elementos, pertinentes a los cálculos. En el capítulo 6 se llevan a cabo los últimos ajustes al diseño. A continuación viene el presupuesto de toda la labor en el capítulo 7, que contempla los costos que conlleva la fabricación del Banco Balístico de Pruebas. El capítulo 8 son las conclusiones del proyecto, respondiendo a los interrogantes y a las novedades surgidas en el transcurso de la investigación, además si se cumplieron los objetivos planteados. Enseguida vienen las recomendaciones en el capítulo 9 con respecto a toda la parte administrativa y técnica. El escrito posee anexos, donde se adjuntan los documentos que permitieron el progreso del plan de trabajo, los componentes comerciales adquiridos, sus características y el proveedor que los suministra, asimismo, los respectivos planos de la máquina.

- 11. METODOLOGÍA:** Empírico-analítico. La metodología que se llevó a cabo, consistió en una serie de iteraciones para optimizar todo el proceso de diseño y establecer finalmente la solución más adecuada. Se plantearon diferentes alternativas al problema inicial, analizando en cada una, ventajas, desventajas y viabilidad, estos criterios se evaluaron con la finalidad de elegir el mejor esquema y por ende de perfeccionar al máximo el trabajo de la máquina. Para el desarrollo de este proyecto de investigación, se utilizaron herramientas de diseño asistido por computador (AUTODESK INVENTOR) e ingeniería asistida por computador (ANSYS) facilitados por la Industria Militar de Colombia (INDUMIL), aplicando diversos procesos de selección para los diferentes dispositivos y utilizando los componentes adquiridos por esta excelente empresa; se desarrollaron los cálculos mecánicos, así como el diseño de la transmisión de la potencia mecánica y el control automático (interfaz hombre – máquina).
- 12. CONCLUSIONES:** Trabajar en este proyecto ha sido una gran experiencia, la industria requiere más exigencia y compromiso, pues se plantean soluciones a problemas reales; esto permite fortalecer la inventiva, el análisis y la toma de decisiones. El Banco Balístico diseñado cumple con los requisitos planteados por la Fábrica General José María Córdova (FAGECOR), con base en las simulaciones realizadas, estáticas y dinámicas. Se optimizó el tiempo de los ensayos, que se llevarán a cabo en condiciones adecuadas propiciadas por la estructura diseñada, protegiendo también la integridad de los operarios.

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE BANCO BALÍSTICO DE PRUEBAS PARA  
PROBETAS DE VIDRIOS DE SEGURIDAD Y MOLDES DE PLASTILINA  
AUTOMATIZADO**

**ANDRÉS FELIPE VALENCIA ORTÍZ**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BOGOTÁ D.C.  
2011**

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE BANCO BALÍSTICO DE PRUEBAS PARA  
PROBETAS DE VIDRIOS DE SEGURIDAD Y MOLDES DE PLASTILINA  
AUTOMATIZADO**

**ANDRÉS FELIPE VALENCIA ORTÍZ**

**Proyecto de grado como requisito para optar al título de  
INGENIERO MECATRÓNICO**

**ASESOR  
ALFONSO DUQUE JARAMILLO  
Ingeniero Eléctrico**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BOGOTÁ D.C.  
2011**



**PROYECTO DE GRADO - BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

Bogotá D. C., Febrero 13 de 2012

*Para mis padres Sigifredo Valencia y Dora Alida Ortíz con todo mi amor, a quienes les debo, entre muchas otras cosas, la increíble experiencia de estar vivo y su apoyo incondicional.*

*A mi hermano Daniel Alberto Valencia un regalo de Dios, quien me ha demostrado que a pesar de los inconvenientes podemos salir adelante, debido a sus circunstancias me enseñó a ver la vida de otra manera, y a luchar juntos contra la gran variedad de adversidades que siempre se nos presentaron.*

*A mis profesores que sin su valiosa ayuda no hubiese podido adquirir conocimientos intelectuales y valores personales.*

*A todas y a cada una de las personas que siempre estuvieron a mi lado e hicieron posible la realización de este gran sueño, que con esfuerzo y dedicación se ha cumplido.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo lo agradezco primero que todo a Dios por darme la vida y permitirme realizar esta carrera, a mis padres que con su esfuerzo y amor me brindaron la oportunidad de prepararme para un mejor futuro, por manifestarme su apoyo incondicional y por estar siempre a mi lado. A mi familia en general por confiar siempre en mí, a mis amigos por compartir tanto los momentos buenos como difíciles y por los proyectos realizados en equipo; a la Universidad de San Buenaventura por su educación católica, llena de valores; también a los docentes por tener la paciencia de enseñarme y colaborar con esta investigación.

Al Ingeniero Baldomero Méndez Pallares Director del Programa de Ingeniería Electrónica y Mecatrónica de la Universidad de San Buenaventura por su colaboración y ayuda para la aprobación y desarrollo de este proyecto.

Al Ingeniero Alfonso Duque Jaramillo Director del trabajo de grado por sus conocimientos y excelentes aportes para el avance de esta investigación.

Al Ingeniero Héctor Manuel Vega, docente de la Facultad de Ingeniería, del programa de Ingeniería Mecatrónica, por transmitir sus excelentes conocimientos, los cuales facilitaron el diseño y desarrollo del proyecto.

A la Comunicadora Social Patricia Carreño, docente de la Universidad de San Buenaventura por sus excelentes aportes para la presentación de este plan de trabajo.

Al Ingeniero Edwin Nikolay Prieto profesional Subgerencia Técnica de la Industria Militar por sus conocimientos y excelentes aportes para el desarrollo del Banco Balístico.

Al Tecnólogo Andrés Salgado, dibujante de la Subgerencia Técnica de la Industria Militar por su gran apoyo y ayuda para cumplir con los objetivos del proyecto.



**PROYECTO DE GRADO – BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MEGATRÓNICA**



Al Ingeniero Juan Carlos Gamba profesional Subgerencia Técnica de la Industria Militar por su colaboración y orientación en el progreso de esta labor.

Al Ingeniero Manuel Serrano profesional Subgerencia Técnica de la Industria Militar por sus conocimientos y disposición para la validación del Banco Balístico.

Al Ingeniero Manuel Betancourt Jefe de Proyectos de la Subgerencia Técnica de la Industria Militar por su cooperación, experiencia y orientación en el transcurso de esta labor.

Al Ingeniero Gustavo Parra profesional especializado de la Subgerencia Técnica de la Industria Militar por revisar y coordinar el desarrollo del proyecto Banco Balístico de Pruebas.

Al Capitán César José Fernández Barreto Gerente (e) de la Industria Militar, quien me abrió las puertas, me apoyó, confió en mí y me permitió iniciar mi vida laboral.

A la Industria Militar en general, porque es un orgullo para mí haber aprendido de una empresa tan prestigiosa, excelente y eficiente en su tarea, siempre con el objetivo de progresar e innovar, abasteciendo oportunamente a la Fuerza Pública.

## CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	31
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	32
1.1. ANTECEDENTES (ESTADO DEL ARTE)	32
1.1.1. Origen de la Industria Militar en Colombia	32
1.1.2. Actividad e importancia en el contexto económico – social de INDUMIL	33
1.1.3. Departamento de Subgerencia Técnica de la Industria Militar	33
1.2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	34
1.3. JUSTIFICACIÓN	35
1.4. OBJETIVOS	36
1.4.1. Objetivo General	36
1.4.2. Objetivos Específicos	36
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO	37
1.5.1. Alcances	37
1.5.2. Limitaciones	37
2. MARCO DE REFERENCIA	39
2.1. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL	39
2.1.1. ¿Qué es la balística?	39

2.1.2. ¿Qué es un Banco de pruebas?	39
2.1.3. ¿Cómo se realizan los ensayos balísticos en un Banco de pruebas?	40
2.1.3.1. Dispositivos balísticos para ensayo	40
2.1.3.2. Condiciones para el ensayo. Procedimiento	41
- Validez del tiro	41
2.1.4. Elementos usados para la protección a las armas de fuego	42
2.1.4.1. ¿Qué es blindaje?	42
2.1.4.2. ¿Qué es un chaleco antibalas?	42
2.1.5. Características que influyen en el impacto sobre las placas y chalecos antibalas	43
2.1.5.1. Poder de detención	43
2.1.5.2. Poder de penetración	43
2.2. MARCO LEGAL O NORMATIVO	44
2.2.1. Norma Técnica Colombiana NTC 5501	44
2.2.1.1. Bastidor rígido	45
2.2.1.2. Caja recogida de fragmentos	45
2.2.1.3. Hoja testigo	45
2.2.2. Estándar NIJ – 0101.06	46
2.2.2.1. Material de apoyo de la prenda antibalas	46
- Tablero material de apoyo	46

- Material de apoyo	46
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	47
3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	47
3.2. LÍNEA DE LA INVESTIGACIÓN DE LA USB / SUB - LÍNEA DE FACULTAD / CAMPO TEMÁTICO DEL PROGRAMA	47
3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	47
4. DESARROLLO INGENIERIL	49
4.1. DISEÑO MECÁNICO	50
4.1.1. Concepto de diseño	51
4.1.1.1. Diseño del bastidor	51
4.1.1.2. Diseño de la plataforma	56
4.1.2. Diseño estructural y optimización de dimensiones de la estructura del Banco Balístico	61
4.1.2.1. Soporte para la probeta en el bastidor	62
4.1.2.2. Armazón del bastidor	71
4.1.2.3. Plataforma	83
- Perfiles horizontales de la plataforma	83
- Perfiles verticales de la plataforma	90
4.1.3. Selección de soldadura para los perfiles	103
4.1.3.1. Electrodo para soldar aceros al Carbono	104
- Soldadura 6013	104

- Soldadura 6010	105
4.1.3.2. Análisis de la soldadura	106
- Tipo de soldadura	106
- Clasificación de los cordones de soldadura	107
- Análisis de esfuerzos en la soldadura	107
4.1.4. Mecanismos para movimientos en los ejes	110
4.1.4.1. Análisis cinemático	110
- Movimiento horizontal	111
- Simulación IGUS para movimiento horizontal	115
- Movimiento vertical	119
- Simulación IGUS movimiento vertical	123
4.1.5. Cálculo mecanismo movimiento horizontal	127
4.1.5.1. Velocidad requerida para el movimiento horizontal	127
4.1.5.2. Carga para el tornillo del movimiento horizontal	127
4.1.5.3. Diseño tornillo de potencia horizontal	128
4.1.5.4. Torque y potencia para el movimiento horizontal	130
4.1.5.5. Selección del motor y el reductor para el movimiento horizontal	133
4.1.6. Cálculo mecanismo movimiento vertical	135
4.1.6.1. Velocidad requerida para el movimiento vertical	135
4.1.6.2. Carga axial para los tornillos del movimiento vertical	136

4.1.6.3.	Diseño tornillos de potencia verticales	137
4.1.6.4.	Torque y potencia para el movimiento vertical	139
4.1.6.5.	Selección del motor y el reductor para el movimiento vertical	143
4.1.7.	Cálculo mecanismo movimiento rotacional	145
4.1.7.1.	Diseño sistema de rotación	145
4.1.7.2.	Torque y potencia para el movimiento rotacional	147
4.1.7.3.	Selección del motor para el movimiento rotacional	149
4.1.8.	Cálculo de la tuerca	150
4.1.9.	Selección de cadena de rodillos y los piñones	154
4.1.10.	Cálculos para la transmisión de potencia	158
4.1.10.1.	Cálculo de las ruedas dentadas	159
-	Medición ruedas dentadas	160
-	Número necesario de eslabones para la cadena	161
-	Cálculo de la longitud de la cadena	164
-	Cálculos de las proporciones de la resistencia de la cadena	164
4.1.10.2.	Comprobación de resistencia de la cadena	166
-	Potencia de diseño y potencia de cadena	168
-	Presión en el área de contacto de la cadena	174
-	Análisis vida útil esperada	176
-	Vida útil esperada para un alargamiento de cadena dado	177

- Vida útil esperada a causa de la fatiga de las placas de eslabón	179
- Vida útil esperada a causa de la fatiga del impacto del casquillo y del rodillo	182
- Validación del diseño de la transmisión de potencia con Inventor	183
4.2. CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	187
4.2.1. Cálculos para el control del movimiento horizontal	187
4.2.2. Cálculos para el control del movimiento vertical	189
4.2.3. Programación de los movimientos en el autómatas programable	191
4.2.3.1. Movimiento vertical	191
4.2.3.2. Movimiento horizontal	192
4.2.3.3. Movimiento de rotación	193
4.2.4. Entradas y salidas digitales del PLC	196
4.2.4.1. Entradas digitales	196
4.2.4.2. Salidas digitales	196
4.2.5. Cableado de los elementos de control	197
4.2.6. Proceso de automatización	201
5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	204
5.1. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE IMPACTO EN LA PROBETA	204
5.2. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN ESTÁTICA DE LA ESTRUCTURA	212
5.3. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DINÁMICA DE LA ESTRUCTURA	221

5.3.1. Movimiento horizontal	221
5.3.2. Movimiento vertical	223
5.3.3. Movimiento de rotación	225
6. AJUSTES FINALES	227
6.1. SELECCIÓN RUEDAS INDUSTRIALES	227
6.2. TORNILLERÍA Y ELEMENTOS DE SUJECIÓN	228
6.3. PROTECCIÓN DE MECANISMOS	233
6.3.1. Láminas para proteger mecanismos	233
7. PRESUPUESTO	237
8. CONCLUSIONES	239
9. RECOMENDACIONES	241
BIBLIOGRAFÍA	243
ANEXOS	244
ANEXO A. Guías lineales	
ANEXO B. Carros	
ANEXO C. Bujes	
ANEXO D. PLC	
ANEXO E. Encoders	
ANEXO F. Interruptores finales de carrera	
ANEXO G. Fuentes conmutadas	



**PROYECTO DE GRADO – BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MEGATRÓNICA**



ANEXO H. Variadores de frecuencia

ANEXO I. Servosistema

ANEXO J. Pantalla touchscreen

ANEXO K. Chumacera

ANEXO L. Acople araña

ANEXO M. Planos Banco Balístico

## LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Limitaciones del proyecto	37
Tabla 2. Clasificación y requisitos para el ensayo de acristalamientos resistentes a las balas	40
Tabla 3. Requisitos para el diseño del Banco Balístico	49
Tabla 4. Análisis vista frontal y posterior del bastidor seleccionado	55
Tabla 5. Análisis vista lateral del bastidor seleccionado	55
Tabla 6. Peso del bastidor sin la probeta	56
Tabla 7. Vista lateral de la plataforma seleccionada	60
Tabla 8. Análisis vista lateral de la plataforma seleccionada	60
Tabla 9. Peso de la plataforma sin bastidor	61
Tabla 10. Características secciones del perfil en L con alas desiguales	67
Tabla 11. Características secciones del perfil en L con alas iguales	73
Tabla 12. Coordenadas de los nodos (medidas Banco Balístico) del bastidor	79
Tabla 13. Definición de las barras o vigas que unen los nodos y forman el esqueleto del bastidor	80
Tabla 14. Características geometría de los perfiles adicionales al bastidor	80
Tabla 15. Cargas aplicadas al bastidor	81
Tabla 16. Ligaduras del bastidor	81

Tabla 17. Reacciones de la estructura bastidor calculadas por el programa	82
Tabla 18. Coordenadas de los nodos (medidas Banco Balístico) de la plataforma	96
Tabla 19. Definición de las barras o vigas que unen los nodos de la Plataforma	97
Tabla 20. Características geometría de los perfiles adicionales a la plataforma	98
Tabla 21. Cargas aplicadas a la plataforma	98
Tabla 22. Ligaduras de la plataforma	98
Tabla 23. Reacciones de la estructura plataforma calculadas por el programa	100
Tabla 24. Fuerzas calculadas resultantes en la estructura plataforma	101
Tabla 25. Propiedades mecánicas de la soldadura E6013	104
Tabla 26. Propiedades mecánicas de la soldadura E6010	105
Tabla 27. Esfuerzos permisibles del código AISC para metal de aporte	108
Tabla 28. Coeficientes de fricción para tornillo horizontal	132
Tabla 29. Parámetros ingresados para seleccionar motor horizontal	133
Tabla 30. Coeficientes de fricción para tornillos verticales	141
Tabla 31. Parámetros ingresados para la selección del motor	143
Tabla 32. Presión admitida entre el tornillo y la tuerca	153
Tabla 33. Factor de impacto para máquinas según funcionamiento	168
Tabla 34. Factor tramos de cadena	170

Tabla 35. Factor lubricación de la cadena	170
Tabla 36. Factor de tamaño específico para cadena	178
Tabla 37. Entradas del PLC	196
Tabla 38. Salidas del PLC	196
Tabla 39. Parámetros ingresados para simulación de impacto en ANSYS	204
Tabla 40. Datos esfuerzos en el área de impacto simulación ANSYS	206
Tabla 41. Datos esfuerzos sujeción frontal simulación ANSYS	208
Tabla 42. Datos esfuerzos sujeción posterior simulación ANSYS	210
Tabla 43. Datos simulación dinámica movimiento horizontal	221
Tabla 44. Datos simulación dinámica movimiento vertical	223
Tabla 45. Datos simulación dinámica movimiento de rotación	225
Tabla 46. Elementos que fueron utilizados para el diseño	237
Tabla 47. Cotización elementos comerciales adicionales para el diseño	238

## LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Ejemplo de vidrios blindados	42
Figura 2. Ejemplo de un chaleco antibalas	42
Figura 3. proyectiles de diferentes armas de fuego	43
Figura 4. Ejemplo de plastilina balística	46
Figura 5. Diagrama de flujo para el diseño mecánico	50
Figura 6. Bastidor opción No. 1	51
Figura 7. Bastidor opción No. 2	52
Figura 8. Bastidor opción No. 3	53
Figura 9. Vista frontal del bastidor seleccionado	54
Figura 10. Vista lateral del bastidor seleccionado	55
Figura 11. Vista superior del bastidor seleccionado	55
Figura 12. Plataforma opción No. 1	56
Figura 13. Plataforma opción No. 2	57
Figura 14. Plataforma opción No. 3	58
Figura 15. Vista frontal de la plataforma seleccionada	59
Figura 16. Vista lateral de la plataforma seleccionada	60
Figura 17. Vista superior de la plataforma seleccionada	61

Figura 18. Carga a la que está expuesta la viga	62
Figura 19. Reacciones en la viga	62
Figura 20. Diagrama de cortante de la viga	64
Figura 21. Diagrama de momento de la viga	64
Figura 22. Perfil en L con alas desiguales para sostener probeta	65
Figura 23. Perfil en L con alas desiguales y su centroide	66
Figura 24. Diagrama pendiente de la viga	70
Figura 25. Diagrama de deflexión de la viga	70
Figura 26. Perfil en L con alas desiguales realizado en Autodesk Inventor	71
Figura 27. Perfiles verticales utilizados para el armazón del bastidor Perfil en L con alas desiguales	71
Figura 28. Perfil en L con alas iguales y su centroide	72
Figura 29. Coeficientes de longitud efectiva	75
Figura 30. Propiedades del perfil ingresado (ejes X, Y, Z)	76
Figura 31. Resultados cálculo columna	77
Figura 32. Perfiles que serán utilizados horizontalmente: tubos cuadrados	78
Figura 33. Fuerzas en cada eslabón del bastidor del Banco Balístico	81
Figura 34. Fuerza máxima en la estructura del bastidor	82
Figura 35. Carga a la que está expuesta la viga	83
Figura 36. Reacciones en la viga	84

Figura 37. Diagrama de cortante de la viga	85
Figura 38. Diagrama de momento de la viga	86
Figura 39. Perfiles que serán utilizados horizontalmente: tubos cuadrados	86
Figura 40. Diagrama pendiente de la viga	89
Figura 41. Diagrama de deflexión de la viga	89
Figura 42. Perfiles horizontales hechos en Autodesk Inventor	90
Figura 43. Perfiles que serán utilizados verticalmente: tubos cuadrados	90
Figura 44. Coeficientes de longitud efectiva	92
Figura 45. Medidas perfil cuadrado ingresadas	93
Figura 46. Propiedades del perfil ingresado (Ejes X, Y, Z)	94
Figura 47. Resultados cálculo columna	95
Figura 48. Fuerzas en cada eslabón de la plataforma del Banco Balístico	99
Figura 49. Fuerza máxima en la estructura de la plataforma	102
Figura 50. Perfiles verticales realizados en Autodesk Inventor	103
Figura 51. Soldaduras a tope	106
Figura 52. Clasificación cordones de soldadura según su posición	107
Figura 53. Soldadura que se le aplicará a la estructura	110
Figura 54. Referencia del sistema para Y0	112
Figura 55. Coeficiente para calcular fuerzas en movimiento horizontal	112
Figura 56. Movimiento eje horizontal (Eje X) para el sistema	113

Figura 57. Selección del sistema para el movimiento vertical	115
Figura 58. Parámetros del sistema para el movimiento horizontal	116
Figura 59. Medidas y movimiento horizontal	117
Figura 60. Resultados obtenidos	118
Figura 61. Coeficientes para calcular fuerzas movimiento vertical	121
Figura 62. Movimiento eje vertical (Eje X) para el sistema	121
Figura 63. Selección del sistema para el movimiento vertical	123
Figura 64. Parámetros del sistema para el movimiento vertical	124
Figura 65. Medidas y movimiento vertical	125
Figura 66. Resultados obtenidos	126
Figura 67. Geometría del tornillo horizontal rosca trapecial métrica	129
Figura 68. Rampa de aceleración motor horizontal	131
Figura 69. Cálculo torque para movimiento horizontal	134
Figura 70. Selección modelo de motor y reductor	134
Figura 71. Mecanismo movimiento horizontal	135
Figura 72. Geometría tornillos verticales rosca trapecial métrica	138
Figura 73. Rampa de aceleración motores verticales	140
Figura 74. Cálculo torque para movimiento vertical	143
Figura 75. Selección modelo de motor y reductor	144
Figura 76. Mecanismo movimiento vertical	144

Figura 77. Rodamiento seleccionado	146
Figura 78. Rampa de aceleración motor de rotación	148
Figura 79. Mecanismos movimiento de rotación	149
Figura 80. Geometría rosca trapecial métrica para análisis de esfuerzos	150
Figura 81. Mecanismo tornillo – tuerca	153
Figura 82. Tabla de capacidad para seleccionar número de dientes	154
Figura 83. Referencia de los piñones para seleccionarlos	155
Figura 84. Selección de los piñones	156
Figura 85. Medidas números de cadenas comerciales ANSI sencillas	157
Figura 86. Geometría cadena de rodillos	158
Figura 87. Geometría de las ruedas dentadas	159
Figura 88. Medición de la rueda dentada para dientes pares	160
Figura 89. Cantidad de eslabones de la cadena	161
Figura 90. Área de contacto	163
Figura 91. Tipos de lubricación	165
Figura 92. Factor de servicio de la cadena	169
Figura 93. Factor de rueda dentada	169
Figura 94. Factor de coeficiente	171
Figura 95. Vida útil requerida de la cadena	172
Figura 96. Presión específica admisible según la velocidad	175

Figura 97. Factor de desgaste de la cadena	178
Figura 98. Factor de la velocidad de la cadena	179
Figura 99. Factor de dientes	180
Figura 100. Factor de tamaño específico de cadena	181
Figura 101. Selección de la cadena de rodillos	183
Figura 102. Diseño de las ruedas dentadas	184
Figura 103. Resultados del diseño planteado	185
Figura 104. Factores de diseño de la cadena y potencia mecánica	186
Figura 105. Control de posición del servomotor	194
Figura 106. Control de velocidad del servomotor	194
Figura 107. Modo de trabajo del servomotor	195
Figura 108. Conexiones del PLC	197
Figura 109. Conexión sensores y pulsadores a la fuente del PLC	198
Figura 110. Conexión variadores al común del PLC	198
Figura 111. Sistema de alimentación variadores de frecuencia	199
Figura 112. Reactores AC para los variadores adquiridos	200
Figura 113. Filtros de línea para los variadores adquiridos	200
Figura 114. Estranguladores eléctricos	200
Figura 115. Alimentación encoders incrementales	201
Figura 116. Proceso de automatización	202

Figura 117. Control movimiento de rotación	203
Figura 118. Proyecto y probeta	204
Figura 119. Esfuerzos en el área de impacto	205
Figura 120. Gráfica esfuerzos en el área de impacto	205
Figura 121. Esfuerzos sujeción frontal	207
Figura 122. Gráfica esfuerzos sujeción frontal	207
Figura 123. Esfuerzos sujeción posterior	209
Figura 124. Gráfica esfuerzos sujeción posterior	209
Figura 125. Gráfica velocidad del proyectil	211
Figura 126. Fuerza No. 1	217
Figura 127. Fuerza No. 2	217
Figura 128. Restricciones fijas	218
Figura 129. Tensión de Von Mises	219
Figura 130. Desplazamiento de la estructura	219
Figura 131. Coeficiente de seguridad	220
Figura 132. Gráfica fuerza tornillo horizontal	222
Figura 133. Gráfica momento tornillo horizontal	222
Figura 134. Gráfica fuerza tornillos verticales	224
Figura 135. Gráfica momento tornillos verticales	224
Figura 136. Gráfica posición, velocidad y par movimiento de rotación	226

Figura 137. Ruedas industriales	227
Figura 138. Arandelas planas	228
Figura 139. Arandelas Grower forma B	228
Figura 140. Anillo de seguridad exterior	229
Figura 141. Anillo de seguridad interior	229
Figura 142. Tornillo cilíndrico con hexágono interior	230
Figura 143. Espárrago roscado con hexágono interior punta plana	230
Figura 144. Tuercas hexagonales	231
Figura 145. Chavetas de ajuste	231
Figura 146. Tornillo cabeza avellanada plana con hexágono	232
Figura 147. Características tornillos comerciales	232
Figura 148. Calibres láminas	233
Figura 149. Ensamble completo del Banco Balístico de Pruebas	235
Figura 150. Vista frontal del ensamble completo	236
Figura 151. Acople servomotor para el movimiento de rotación	236

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO A. Información Técnica de las guías comerciales adquiridas por la Industria Militar (INDUMIL)

ANEXO B. Información Técnica de los carros comerciales adquiridos por la Industria Militar (INDUMIL)

ANEXO C. Información Técnica de los bujes adquiridos por la Industria Militar (INDUMIL)

ANEXO D. Información Técnica del PLC adquirido por la Industria Militar (INDUMIL)

ANEXO E. Información Técnica de los encoders utilizados por la Industria Militar (INDUMIL)

ANEXO F. Información Técnica de los sensores finales de carrera adquiridos por la Industria Militar (INDUMIL)

ANEXO G. Información Técnica de las fuentes conmutadas adquiridas por la Industria Militar (INDUMIL)

ANEXO H. Información Técnica de los variadores de frecuencia adquiridos por la Industria Militar (INDUMIL)

ANEXO I. Información Técnica del servosistema utilizado para el diseño

ANEXO J. Información Técnica de la pantalla touchscreem adquirida por la Industria Militar (INDUMIL)

ANEXO K. Información Técnica de las chumaceras utilizadas para el diseño

ANEXO L. Información Técnica de los acoples araña utilizados para el diseño

ANEXO M. Planos Banco Balístico de Pruebas

## GLOSARIO

**ACRISTALAMIENTO ANTIBALA:** vidrio de seguridad caracterizado por una determinada resistencia al ataque con diversas armas y municiones.

**AISI – SAE:** la norma AISI/SAE (también conocida por SAE – AISI) es una clasificación de aceros y aleaciones de materiales no ferrosos. Es la más común en los Estados Unidos. AISI es el acrónimo en inglés de *American Iron and Steel Institute* (Instituto Americano del Hierro y el Acero), mientras que SAE es el acrónimo en inglés de *Society of Automotive Engineers* (Sociedad Norteamericana de Ingenieros Automotores).

**ASTM:** es el acrónimo en inglés de *American Section of the International Association for Testing Materials* (Asociación Internacional de Ensayos de Materiales), encargada de normalizar los ensayos y pruebas para metales y materiales de ingeniería, por ejemplo: ensayos de tracción, ensayos de resistencia, ensayos destructivos y propiedades tecnológicas.

**ASME:** es el acrónimo en inglés de *American Society of Mechanical Engineers* (Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos), encargada de normalizar todos los aceros para construcciones mecánicas.

**AWS:** es el acrónimo en inglés de *American Welding Society* (Asociación Americana de Soldadura), encargada de normalizar todos los procedimientos y cálculos de la soldadura.

**BALÍSTICA:** arte de calcular el alcance y dirección de los proyectiles.

**BASTIDOR:** armazón de madera o de metal que sirve de soporte a otros elementos, en este caso, es el marco que sostiene las probetas de vidrio y los moldes de plastilina.

**BUJE:** elemento de máquina donde se apoya y gira un eje, permitiendo un movimiento suave y libre.

**CLOROPRENO:** se usa como monómero en la producción del policloropreno, un caucho sintético. El policloropreno se conoce también como Neopreno, la marca comercial con la que DuPont lo desarrolló y lo comercializa actualmente.

**ENCODER:** es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales. Estos impulsos generados pueden ser utilizados para controlar los desplazamientos de tipo angular o de tipo lineal.

**FATIGA MECÁNICA:** en ingeniería y, en especial, en ciencia de materiales, la fatiga se refiere a un fenómeno por el cual la rotura de los materiales bajo cargas dinámicas cíclicas se produce más fácilmente que con cargas estáticas.

**HMI:** Human – Machine Interphase (interfaz hombre – máquina), que le permite al usuario una interacción fácil con la máquina.

**HOJA TESTIGO:** es una lámina de Aluminio de calidad definida en cada tipo de ensayo, situada detrás de la probeta para determinar el riesgo de lesiones por las esquirlas proyectadas desde la cara posterior de la probeta, debido al impacto de la bala o proyectil.

**INERCIA:** la inercia es la propiedad de la materia a resistir cualquier cambio en su movimiento, ya sea en dirección o velocidad.

**IRHD:** International Rubber Hardness Degrees (Grado internacional de la dureza del caucho).

**ISO:** International Standardization Organization (Organización Internacional de estandarización).

**MOMENTO DE INERCIA:** refleja la distribución de masa de un cuerpo o de un sistema de partículas en rotación, respecto a un eje de giro. El momento de inercia depende de la geometría del cuerpo y de la posición del eje, por consiguiente es la resistencia que un cuerpo en rotación opone al cambio de su velocidad de giro.

**MOTOR ASÍNCRONO:** los motores asíncronos son llamados así porque la velocidad del campo magnético generado por el bobinado del estator es mayor a la velocidad del rotor, esta diferencia se llama velocidad de deslizamiento. En los motores asíncronos el sistema inductor es el estator, el sistema inducido es el rotor.

**MOTOR SÍNCRONO:** los motores síncronos son llamados así porque la velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del bobinado del estator son iguales, es decir, hay sincronismo. En este tipo de motores el rotor consta de

electroimanes o imanes permanentes que giran sincrónicamente con el campo del estator.

**NEOPRENO:** es la marca comercial de Dupont para una familia de gomas sintéticas basadas en el polímero del cloropreno.

**NIVEL DE RESISTENCIA:** capacidad del acristalamiento de detener los proyectiles disparados. Se determina en función de la munición empleada y de los requisitos específicos del ensayo aplicable.

**OPTIMIZAR:** mejorar los procesos productivos de la industria, con el propósito de reducir costos y mantener la calidad.

**PLC:** dispositivo electrónico que controla máquinas y procesos. Utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones y ejecutar funciones específicas que incluyen activación y desactivación, temporización, conteo, secuencia, aritméticos y manejo de datos.

**PIÑÓN:** es la rueda de una cadena de transmisión que transfiere la potencia proporcionada por el motor.

**PROBETA:** cada uno de los elementos de la muestra preparados para el ensayo en el laboratorio balístico.

**PROYECTIL:** bala o tiro en vuelo después de haber sido disparado por un arma de fuego.

**PRUEBA:** hecho utilizado para demostrar una acción, tesis o teoría.

**RADIO DE GIRO DE UN PERFIL:** distancia desde el eje a un punto que, si toda la masa del cuerpo estuviera concentrada en ese punto, su momento de inercia permanecería invariable. También llamado radio de inercia.

**RIEL:** barras metálicas sobre las que se desplazan los carros que permiten el movimiento del bastidor.

**ROUTER:** es un dispositivo que envía paquetes de datos a través de redes informáticas, es decir es el microprocesador del control del dispositivo que está conectado a dos o más líneas de datos de diferentes redes.

**SERVOMOTOR:** es un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en esa posición. Este sistema está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control.

**SENSOR:** un sensor es un dispositivo que proporciona una medida de una cantidad física deseada. La salida es generalmente una señal eléctrica que puede estar conforme a ruido y a disturbios extraños.

**SIMULACIÓN:** técnica en la cual se capturan las relaciones de causa y efecto de un sistema en un modelo realizado con un software, donde se puede generar un comportamiento muy cercano al del sistema real.

**SISTEMA TRIFÁSICO:** está formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud que presentan una cierta diferencia de fase entre ellas, el desfase puede ser de corriente o voltaje.

**SOLDADURA:** es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas derritiendo ambas y agregando un material de relleno derretido (metal o plástico), con el fin de conseguir un charco de material fundido (charco de soldadura), que al enfriarse se convierte en un empalme fuerte.

**TORNILLO DE POTENCIA:** los tornillos de transmisión de potencia son elementos mecánicos que transforman movimiento angular por lineal y que están en capacidad de mover masas considerables.

**VARIADOR DE FRECUENCIA:** un variador de frecuencia es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

**VARIADOR DE VELOCIDAD:** es un dispositivo para controlar y regular la velocidad de un motor, los cuales pueden ser mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos. El sistema consiste en la combinación del motor y su controlador.

## **INTRODUCCIÓN**

En grandes batallas de la historia por conseguir el poder, ejércitos completos han innovado sus armas y formas de defensa para evitar la pérdida de vidas humanas. Debido al progreso acelerado de tecnologías en elementos bélicos, las Fuerzas Armadas de nuestro país se han visto obligadas a desarrollar y mejorar su indumentaria militar de forma local, razón por la cual se establecieron parámetros internos de control para artefactos e instrumentos de protección que garanticen la calidad de los dispositivos fabricados.

Para la industria actual, la eficacia es uno de los factores más importantes en el desarrollo de sus productos, de manera que se tenga una competitividad alta en el mercado satisfaciendo las necesidades de los clientes. Los procesos de control de calidad y la evaluación del impacto recibido por elementos de protección como placas, vidrios y chalecos antibalas usados por las Fuerzas Militares son en sí mismos objetos de continuo perfeccionamiento, pues es necesario aproximarse lo más posible a las diferentes situaciones reales en las que se van a desempeñar. Para el desarrollo de los ensayos se varían los ángulos de disparo y las distancias verificando la eficacia de los productos.

De allí la necesidad de la Industria Militar de Colombia (INDUMIL) de continuar con el proyecto Banco Balístico de Pruebas. El departamento de Subgerencia Técnica decidió elaborar un examen técnico del esquema antiguo, con el fin de re - diseñar el Banco Balístico según los requisitos presentados en los estudios previos. Realizar este análisis permitió documentar el plan de trabajo con el objetivo de recopilar datos relacionados e identificar su estado actual, proporcionando bases sólidas para re - plantear el mismo.

La evaluación técnica del diseño que se propone para el Banco Balístico de Pruebas consistió en la observación de la información referida al tema, así como también, fue necesario un estudio dinámico y estático de los componentes de su estructura, para finalmente constituir una alternativa frente a las exigencias de diseño.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. ANTECEDENTES (ESTADO DEL ARTE)

Los primeros casos de identificación de armas de fuego, tuvieron lugar en 1835 en la ciudad de Londres, de allí la importancia del análisis de pruebas balísticas. Una vez que un arma ha sido disparada existen toda clase de elementos que son objeto de estudio y que determinan por tanto ciertas situaciones.

Las cubiertas de las balas y las balas en sí mismas revelan bajo el microscopio los signos delatores. Los análisis apuntan a la búsqueda de marcas de estrías que revelan qué arma fue utilizada para impulsar la bala. También es posible seguir la trayectoria de la bala alineando los hoyos dejados por ésta y los puntos de entrada, a fin de determinar el lugar exacto desde donde fue disparado el proyectil.

En el ámbito de la industria militar estas características deben ser analizadas en conjunto para probar los vidrios de seguridad de vehículos blindados y los moldes de plastilina. De allí la necesidad de un módulo que permita estudiar a la vez las marcas de estrías de las balas de diferentes armas de fuego en el material (vidrio y plastilina), la trayectoria del proyectil para observar en qué parte se ve afectado el objeto de estudio, cómo se desprenden las esquirlas involucradas en el proceso y así finalmente verificar la calidad del vidrio para su uso y establecer con los moldes de plastilina cómo puede verse afectado el cuerpo humano por una bala para diseñar chalecos. En conclusión analizando los residuos de los proyectiles y el impacto de los fragmentos se determina la resistencia de vidrios de seguridad para vehículos y se establece el trauma que sufre el material sintético.

**1.1.1. Origen de la Industria Militar en Colombia.** La Industria Militar tiene su origen en el año 1908, cuando se organizó el "Taller Nacional de Artes Mecánicas" dependiendo del Ministerio de Guerra. En el año 1954 dadas las exigencias de nuevas estructuras y objetivos de mayor alcance se crea la INDUSTRIA MILITAR como entidad autónoma; después como Empresa Industrial y Comercial del Estado, iniciando con su primera Fábrica denominada General "José María Córdova", para la fabricación de armamento y de munición de pequeño calibre para uso militar prioritariamente. La Fábrica "Santa Bárbara", nace en el año 1955, como la segunda Unidad Operativa con maquinaria y equipos destinados a la fabricación de municiones pesadas de artillería para las Fuerzas Militares,

iniciando operaciones en el año 1964. Finalmente la Fábrica de Explosivos "Antonio Ricaurte", se creó en el año de 1963 con el carácter de Sociedad Comercial Anónima y en 1968 pasa a convertirse en la tercera Unidad Operativa de la Industria militar.

Con el transcurrir de los años, luego de un desarrollo industrial las tres fábricas han ampliado y diversificado sus líneas de producción y servicios, con capacidad tecnológica para la elaboración de productos de alta calidad, hecho que les permite ser competitivas en cualquier mercado a nivel global.

### **1.1.2. Actividad e importancia en el contexto económico – social de INDUMIL.**

“Innovar y suministrar bienes y servicios con la calidad y oportunidad requeridos aumentando la confianza y satisfacción de los grupos sociales objetivo, con el uso racional de los recursos e impactando en los resultados que superen permanentemente las metas y desafíos a través de la gestión integral de sus sistemas de calidad, ambiental, seguridad y salud ocupacional y responsabilidad social, administrando sus riesgos y cumpliendo las leyes y normatividades vigentes.

Mediante el mejoramiento continuo, dinamizar la excelencia empresarial y operativa con fundamento en nuestra misión, visión, políticas, principios y valores, brindando a los trabajadores un ambiente sano, confortable y seguro, previniendo lesiones y enfermedades, fomentando el crecimiento del capital intelectual y humano para hacer personas integrales, creativas, innovadoras y saludables, comprometidas activamente con el desarrollo sostenible, la prevención y el control de la contaminación, el desarrollo estratégico y operacional de la organización y contribuyendo al bienestar de la sociedad y del medio ambiente, para coadyuvar a los <propósitos fundamentales del Estado.”<sup>1</sup>

### **1.1.3. Departamento de Subgerencia Técnica de la Industria Militar.** Este departamento tiene como propósito principal dirigir, atender, coordinar y gestionar proyectos para producir armas, municiones, explosivos, equipos y elementos complementarios a la Fuerzas Militares, a la Policía Nacional y a otros organismos estatales. Adicionalmente el departamento renueva y mejora la utilización de las maquinarias y equipos de sus fábricas, con miras a complementar las necesidades industriales de sus trabajadores.

---

<sup>1</sup> [www.indumil.gov.co](http://www.indumil.gov.co)

## 1.2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El movimiento de Banco Balístico de Pruebas actual es manual, como consecuencia hay poca precisión y poca exactitud en el tiro; por ende es esencial minimizar el error para reducir el tiempo de evaluación.

El Banco debe moverse en dos ejes (X (distancia), Z (altura)), debido a dos razones principales en el momento de realizar las pruebas:

1. En las probetas de vidrio blindado (500 mm x 500 mm, espesor = 60 mm) se dibuja un triángulo equilátero de 120 mm  $\pm$  10 mm, luego hay que disparar a los vértices. Como la línea de fuego está fija, entonces hay que cuadrar la probeta para que los disparos sean válidos.
2. A los chalecos antibalas que van montados en la plastilina balística (610 mm x 610 mm, espesor = 140 mm), es necesario dispararles con un ángulo de 30 grados de rotación con respecto al Eje Z.

Un operario es quien debe calibrar la ubicación del módulo recibiendo las indicaciones de quien dispara. Entre disparo y disparo se requiere ejecutar configuraciones manuales directamente sobre la máquina, lo que implica detener el ensayo para hacer los ajustes pertinentes cada vez que la probeta va a ser impactada, esto demanda bastante tiempo y puede llegar a ser un proceso inseguro. Las pruebas deben realizarse de forma dinámica, brindando protección a los empleados y permitiendo analizar de manera adecuada el impacto de los proyectiles en el vidrio y la plastilina, que finalmente se utilizarán para salvar vidas.

Los métodos actuales en la ejecución de las pruebas a los blindajes hacen que estas sean lentas e imprecisas, debido a que el sistema es manual e ineficiente. Por consiguiente: *¿cómo diseñar y simular el Banco Balístico para reducir los tiempos, cumpliendo con duras condiciones de operación y que permita evaluar los chalecos que van montados en bloques de plastilina balística de dimensiones 610 mm x 610 mm, con una profundidad de 140 mm; y probetas de vidrio blindado de dimensiones 500 mm x 500 mm, con una profundidad de 60 mm; cumpliendo con las normas ICONTEC NTC 5501 y Estándar NIJ – 01.01.06?*

La problemática se centra en la optimización, minimizando costos y utilizando los elementos adquiridos por la Industria Militar.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Debido a que el desarrollo de la industria militar por parte del Estado es una necesidad primordial para el mantenimiento de su soberanía, esta está obligada a un constante desarrollo y a evaluaciones frecuentes, con el fin de subir los niveles de seguridad.

El diseño de elementos para proteger las vidas humanas, es algo que ha venido progresando a través de la historia y con un crecimiento paralelo el armamento utilizado. Para ensayar los dispositivos de protección a las balas actualmente en Colombia, es fundamental un módulo o un Banco Balístico automatizado en el cual se puedan ejecutar las pruebas con los requerimientos mínimos que las normas internacionales establecen y así garantizar la integridad humana; en este caso se desea innovar la estructura para montar chalecos antibalas y vidrios blindados.

El Banco Balístico de Pruebas para probetas de vidrios de seguridad y moldes de plastilina que se encuentra actualmente en la Fábrica General José María Córdova (FAGECOR) de la Industria Militar (INDUMIL) está deteriorado, obsoleto y el movimiento es manual, esto significa que no es apropiado para realizar los test balísticos; por tanto es preciso un nuevo diseño automatizado para evaluar los mismos materiales, con la perspectiva de que los ensayos se hagan de la mejor manera y el funcionamiento sea automático, buscando a su vez que el módulo pueda ser reconocido como apto, de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana ICONTEC NTC 5501 y a la Norma Estándar NIJ – 01.01.06.

Con este trabajo se pretende demostrar que la ingeniería colombiana está a la vanguardia de la tecnología y el progreso, diseñando sus propios métodos para perfeccionar dispositivos de seguridad utilizados por la Fuerza Pública, encargados de la defensa de nuestro país.

## 1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.4.1. Objetivo General

Diseñar y simular el Banco Balístico de Pruebas que será automático y controlado a distancia; del departamento de Subgerencia Técnica de la Industria Militar (INDUMIL), con el propósito de reemplazar el actual modelo, incrementar la seguridad del personal, proporcionar confiabilidad y exactitud, y reducir los tiempos de pruebas balísticas para probetas de vidrios de seguridad y moldes de plastilina.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Diseñar la estructura mecánica del Banco Balístico que debe estar compuesta por un bastidor rígido, el cual sostendrá las probetas de vidrio y los moldes de plastilina de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC 5501.
- ✓ Calcular la transmisión de potencia, motores y mecanismos del Banco de Pruebas Balísticas para permitir el movimiento automático del bastidor en los Ejes X, y Z, y rotación de 30° con respecto al Eje Z; además que toda la estructura pueda moverse manualmente en los tres ejes.
- ✓ Determinar el material comercial del módulo para que pueda soportar las cargas y los impactos de los proyectiles.
- ✓ Simular el impacto del proyectil en la probeta utilizando el programa ANSYS.
- ✓ Simular a nivel estático y dinámico el Banco Balístico utilizando el programa Autodesk Inventor.
- ✓ Programar el PLC y realizar la interfaz gráfica de fácil acceso al usuario.
- ✓ Plantear el sistema de comunicación entre la plataforma de control y el Banco de Pruebas.
- ✓ Diseñar el respectivo control a cada uno de los sistemas que producen el movimiento de la máquina.
- ✓ Utilizar de manera adecuada los elementos adquiridos por la Industria Militar (INDUMIL) para el desarrollo del proyecto (guías, carros, bujes, PLC, encoders, router, entre otros elementos).

## 1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

### 1.5.1. Alcances

El desarrollo del proyecto se basa en el nuevo diseño y simulación del Banco Balístico de Pruebas, es decir, innovación del esquema del módulo para mejorar la estructura mecánica que se tiene hoy en día en la Fábrica General José María Córdova (FAGECOR) de la Industria Militar (INDUMIL); posteriormente se llevará a cabo el diseño de la plataforma de control para comunicar automáticamente el Banco; atendiendo a las necesidades del operario. El alcance del proyecto se enfoca en el diseño y la simulación, quedando terminados los modelos, las pruebas pertinentes realizadas a través de un ordenador utilizando los programas de *INVENTOR* y *ANSYS* y los cálculos para su posterior construcción.

### 1.5.2. Limitaciones

Tabla 1. Limitaciones del proyecto

Limitaciones	Descripción
Limites de carrera	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Teniendo en cuenta que la probeta de ensayos está sujeta al Banco Balístico, este debe desplazarse respecto a la distancia de tiro, lo suficiente para permitir que la probeta sea impactada en los vértices: un triángulo equilátero de 12cm y un cuadrado de 20cm de lado (según norma ICONTEC NTC 5501).</li> <li>✓ El soporte de apoyo de la probeta fija al bastidor debe rotar 30° con respecto al Eje Z (según norma Estándar NIJ - 01.01.06).</li> <li>✓ El desplazamiento del bastidor a través del Eje Z debe permitir mover la probeta desde el nivel del piso.</li> <li>✓ El bastidor debe aguantar el peso del bloque de plastilina sobre los que van los chalecos y permitir la ubicación del mismo.</li> </ul>
Perturbaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El sistema debe ser capaz de disipar la energía provocada por el impacto del proyectil, el cual irá a una velocidad máxima de 960 (m/s), evitando que se desplace de su posición y protegiendo la estructura de cualquier daño.</li> </ul>
Normativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Norma Técnica Colombiana NTC 5501 y Estándar NIJ – 01.01.06. “De los requisitos de funcionamiento y métodos de ensayo para la clasificación de vidrio y chalecos antibalas en función de la</li> </ul>

	resistencia a las balas”
Nivel de blindaje	✓ El máximo nivel de resistencia a las balas o de blindaje de las probetas que se colocarán en el Banco Balístico es de nivel V(a, b, c), la cual posee mayor exigencia.
Tipos de munición	✓ Las pruebas se van a llevar a cabo con los tipos de munición y sus respectivos calibres representativos mostrados en la tabla 2, extraída de la Norma Técnica Colombiana NTC 5501.

Fuente: tabla realizada por el autor

La Industria Militar de Colombia (INDUMIL), adquirió unos elementos para el diseño y desarrollo del Banco Balístico. Para la estructura mecánica se seleccionaron los siguientes, pues soportan difíciles condiciones de operación (polvo, esquirlas de vidrio y polímero). Se denominan sistemas de articulación lineal en seco y son aptos para el laboratorio balístico de la fábrica:

- 8 Bujes ref. RJUM-02-30 Marca IGUS **(Ver ANEXO C)**
- 6 Bujes ref. RJUM-02-25 Marca IGUS **(Ver ANEXO C)**
- 4 Carros lineales ref. TW-01-20 Marca IGUS **(Ver ANEXO B)**
- 4 Carros lineales ref. TW-01-20-HF Marca IGUS **(Ver ANEXO B)**
- 2 Guías lineales ref. TS-01-20-1000 Marca IGUS **(Ver ANEXO A)**
- 2 Guías lineales ref. TS-01-20-1500 Marca IGUS **(Ver ANEXO A)**
- 1 Eje ref. AWM-25-2200 Marca IGUS
- 2 Ejes ref. AWM-30-1600 Marca IGUS

Para controlar el Banco de pruebas, se compraron también los siguientes dispositivos electrónicos:

- 1 PLC marca OMRON ref. CP1HX40DTD **(Ver ANEXO D)**
- 1 Módulo de Ethernet marca OMRON para CP1, ref. CP1WETN01US **(Ver ANEXO D)**
- 1 Puerto de comunicaciones RS422/485 marca OMRON ref. CP1WCIF11 **(Ver ANEXO D)**
- 1 Pantalla Touch Screen marca OMRON ref. NS5MQ01BV2 **(Ver ANEXO J)**
- 2 Fuentes conmutadas marca OMRON ref. S8VM05024CD **(Ver ANEXO G)**
- 2 variadores de velocidad marca OMRON ref. 3G3JXA2007 **(Ver ANEXO H)**
- 1 variador de velocidad marca OMRON ref. 3G3JXA2015 **(Ver ANEXO H)**
- 3 encoders incrementales marca OMRON ref. E6B2CWZ6C100PR5M **(Ver ANEXO E)**
- 4 interruptores final de carrera marca OMRON ref. D4A1110N **(Ver ANEXO F)**
- 3 sensores inductivos marca OMRON ref. E2AM12KN08M1C1
- 3 conectores para sensor marca OMRON ref. Y96E44RD5
- 2 Switch de comunicaciones marca D-LINK ref. DES1008D

## 2. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL

**2.1.1. ¿Qué es la balística?.** En un primer concepto de qué es balística se puede decir que es el arte de calcular el alcance y dirección de los proyectiles. Sin embargo es preciso profundizar, ya que la balística está compuesta por elementos muy importantes que se deben estudiar. A continuación se dará una pequeña introducción a este arte, sus componentes y aspectos más relevantes.

En primera instancia el término “balística” se reconoce a la parte de las ciencias físicas, específicamente la mecánica o dinámica de los cuerpos, que trata sobre los fenómenos que afectan el movimiento de los proyectiles en el espacio y que por lo tanto determinan su dirección y alcance.

El concepto que el término balística comprende desde el punto de vista forense, es decir de la aplicación de las leyes, principios, técnicas y procedimientos de las ciencias a la resolución de problemas judiciales, es mucho más amplio, se define como: la ciencia y arte que estudia integralmente las armas de fuego, el alcance y dirección de los proyectiles que disparan y los efectos que producen.

**2.1.2. ¿Qué es un Banco de pruebas?.** Un Banco de pruebas es una estructura para realizar experimentos de proyectos de gran desarrollo. Estos elementos brindan una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de planteamientos científicos y teorías, elementos computacionales y otras nuevas tecnologías.

Esta estructura es utilizada en varias disciplinas para describir un ambiente de desarrollo, que está protegido de los riesgos de los ensayos en un contexto de producción, la puesta en marcha del módulo se lleva a cabo generalmente en forma aislada.

En este caso el Banco de pruebas será para probar vidrios blindados con el fin de verificar seguridad y probar moldes de plastilina, donde se colocarán las prendas antibalas para determinar el trauma de una bala en el cuerpo de una persona. El diseño debe ser resistente a los impactos.

**2.1.3. ¿Cómo se realizan los ensayos balísticos en un Banco de pruebas?**  
Según la norma colombiana, son importantes los siguientes aspectos: dispositivos balísticos para ensayo, condiciones para el ensayo (acondicionamiento de la probeta, procedimiento para llevar a cabo la prueba, validez del tiro)<sup>2</sup>.

**2.1.3.1. Dispositivos balísticos para ensayo.** Los dispositivos usados son: arma, proyectil, probeta, calibrador, entre otros. A continuación se muestra en una tabla (establecida por la Norma Técnica Colombiana) los tipos de municiones utilizados, con sus principales características y aplicando las normas internacionales para cada caso.

La tabla es la guía fundamental para realizar los ensayos de manera apropiada, dependiendo del tipo de arma y la geometría de la probeta.

Tabla 2. Clasificación y requisitos para el ensayo de acristalamientos resistentes a las balas.

Nivel	Munición***		Masa gramos * (Granos)	Velocidad (m/s)	Impactos	Distancia de tiro (m)	Tamaño Probeta ** (cm)	Norma Referente	Tipo de Ensayo
	Tipo de munición	Calibre representativo							
I	A	9 mm FMJ	8 (124)	320-344	5	5	31X31	NIJ0108,01 IIA	Tipo 1
	B	0,357 Magnum JSP	10,2 (158)	366-396	5	5	31X31		Tipo 1
II	A	9 mm FJ1/RN/SC	8 (124)	390-410	3	5	50X50	CEN BR2	Tipo 2
	B	0,357 Magnum FM1 /CB/SC	10,2 (158)	420-440	3	5	50X50	CEN BR3	Tipo 2
III	A	9 mm FMJ NATO	8 (124)	411-441	5	5	31X31	NIJ0108,01 IIIA	Tipo 1
	B	0,44 Magnum LEAD SWC	15,65 (240)	411-441	5	5	31X31		Tipo 1
	C	0,44 Magnum FJ2/FN/SC	15,6 (240)	430-450	3	5	50X50	CEN BR4	Tipo 2
IV	A	5,56*45 FJ2/PB/SCP1	4 (62)	940-960	3	10	50X50	CEN BR5	Tipo 2
	B	7,62 x 51 mm FJ1/PB/SC	9,5 (150)	820-840	3	10	50X50	CEN BR6	Tipo 2
	C	7,62 mm x 51 mm FJM/SC/PB Nato (M-80)	9,7 (150)	823-853	5	15	31X31	NIJ0108,01 III	Tipo 1
V	A	30-06 AP	10,8 (166)	853-883	1	15	31X31	NIJ0108,01 IV	Tipo 1
	B	7,62 x 39 API / BZ	7,77 (120)	675-715	3	30	50X50	STANAG 2	Tipo 3
	C	7,62 mm x 51 mm FJ2/PB/HC1	9,8 (150)	810-830	3	10	50X50	CEN BR7	Tipo 2
OTROS	Escopeta LEAD SLUG		31	400-440	1	10	50X50	CEN SG1	Tipo 2

NOTAS  
 \* Se permite una tolerancia de  $\pm 1,5\%$  del valor nominal de la masa del proyectil.  
 \*\* Se permite una tolerancia de  $\pm 0,5$  cm  
 \*\*\* Las abreviaciones que indican el tipo de munición se encuentran definidas en el numeral 3.2.

Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas

<sup>2</sup> Extraído de la Norma Técnica Colombiana NTC 5501 Clasificación de los vidrios (acristalamientos) resistentes a las balas. Ensayos balísticos.

Los ensayos pueden ser llevados a cabo con los dispositivos balísticos que generen la misma velocidad de impacto que las indicadas en la anterior tabla. Para obtener las distancias entre impactos especificadas, pueden necesitarse cañones especiales, así como miras.

Para obtener las velocidades especificadas puede necesitarse el uso de munición especialmente seleccionada o elaborada.

### 2.1.3.2. Condiciones para el ensayo. Procedimiento:

- Se elige la munición de acuerdo a la tabla 2 correspondiendo al nivel de resistencia para la que debe ser ensayado el material.
- Se monta la probeta en el bastidor a la distancia de tiro correcta, según tabla 2 con la cara de ataque frente al arma.
- La temperatura de ensayo debe ser de  $18^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  (El laboratorio balístico de FAGECOR está construido para estas temperaturas).
- Dibujar un triángulo equilátero en el centro de la probeta, con la longitud de los lados del triángulo igual a la distancia entre impactos  $12\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$ . Marcar los vértices para que sean claramente visibles.
- Efectuar uno a uno los disparos sobre la probeta de acuerdo con las condiciones de ensayo de la tabla 2 y medir la velocidad de cada impacto.
- Medir las distancias de centro a centro de los tres impactos con una precisión de 1mm.
- Examinar la probeta si hay penetración.
- Comprobar si hay fragmentos metálicos recogidos en la caja de retención y/o esquirlas de vidrio desprendidas de la parte superior de la probeta.
- Sacar la hoja testigo y examinar con luz potente las posibles perforaciones después de cepillarla suavemente para limpiarla de partículas adheridas.
- Determinar la validez del tiro según el ítem que se presenta a continuación.
- Si la lámina de aluminio se ve afectada el operario debe cambiarla y continuar con el ensayo utilizando las otras dos probetas de la serie.

- **Validez del tiro.** Un ensayo se considera que ha cumplido con las exigencias de prestaciones de una determinada clase de resistencia a las balas, si la velocidad y distancia entre impactos se ajustan a los requisitos prescritos en la tabla 2. Para cada calibre están las características de prueba, que permiten avalar el disparo realizado por el operario en el laboratorio balístico.

#### 2.1.4. Elementos usados para la protección a las armas de fuego

**2.1.4.1. ¿Qué es blindaje?.** Se conoce por blindaje a la protección utilizada en diferentes campos para evitar los daños de armas de fuego del enemigo. Normalmente, para conseguir esta finalidad, se emplean planchas metálicas, como acero, de un cierto grosor recubriendo el objetivo a proteger. Otro tipo de blindaje más sofisticado es el blindaje reactivo, excelente protegiendo los carros de combate de munición. La calidad del blindaje está categorizada por niveles.

Figura 1. Ejemplo de vidrios blindados



Fuente: [http://www.abrelockautollaves.com/vidrios\\_blindados.html](http://www.abrelockautollaves.com/vidrios_blindados.html)

**2.1.4.2. ¿Qué es un chaleco antibalas?.** Los chalecos y las chaquetas son resistentes a explosiones y fragmentación a armas de fuego, y tienen protección contra golpes repetidos. El Chaleco protege la parte frontal posterior y los laterales, así como los hombros.

Figura 2. Ejemplo de un chaleco antibalas



Fuente: <http://www.infopolicia tienda.es>

## 2.1.5. Características que influyen en el impacto sobre las placas y chalecos antibalas

**2.1.5.1. Poder de detención.** Es la energía cinética existente en el momento del impacto (dada en Kgm) multiplicada por la superficie frontal del proyectil (en  $\text{cm}^2$ ).

La unidad del poder de detención se llama “Stopwer (St)”. 1 stopwer corresponde a 1 kg por  $1 \text{ cm}^2$ .

Depende por lo tanto de la velocidad inicial de la bala, del peso y de la sección en el momento del impacto. No tiene la misma sección una bala con punta plana que una cónica aguda. Tampoco es lo mismo que impacte una bala blindada con punta reforzada, que una semi – blindada con la punta hueca, ya que esta al expandirse en el impacto presenta una superficie mayor.

Para conseguir un mayor poder de parada, con el mismo calibre, los fabricantes suelen intentar que la sección de la bala aumente en el impacto considerablemente. Con ello se aumenta irremediamente, al llevar la velocidad necesaria, los daños producidos en el cuerpo humano

**2.1.5.2. Poder de penetración.** Se calcula simplemente dividiendo la energía cinética (en kgm) en el momento del impacto, entre la sección del proyectil (en  $\text{cm}^2$ ). La unidad es el “perf”. Variará el coeficiente según sea la forma del proyectil y de lo que esté fabricado, así como de la naturaleza de donde impacte.

Figura 3. proyectiles de diferentes armas de fuego



Fuente: <http://www.portierarmyaire.com/imagenes/balas.jpg>

## 2.2. MARCO LEGAL O NORMATIVO

La norma técnica pretende exponer ante la industria, las empresas, fabricantes e importadores que se relacionen con pruebas balísticas para vidrios de seguridad y chalecos antibalas, los requerimientos mínimos y mecanismos de evaluación.

Para el blindaje esta medida especifica las exigencias de funcionamiento y métodos de ensayo para la clasificación de vidrio (constituido por una o varias capas) en función de su resistencia a las balas. El término “acristalamiento antibala” se refiere a los productos que poseen las características obvias del vidrio.

Para los chalecos el objetivo de este estándar es establecer los requisitos mínimos y los métodos de prueba para determinar la resistencia balística de las prendas antibalas destinadas a proteger contra los disparos de armas de fuego y así salvar la vida de un individuo.

La disposiciones a las que se hace referencia son: la Norma Técnica Colombiana NTC 5501 para vidrios y la Norma Estándar NIJ – 01.01.06 para chalecos. “De los requisitos de funcionamiento y métodos de ensayo para la clasificación de vidrio y chalecos antibalas en función de la resistencia a las balas”.

**2.2.1. Norma Técnica Colombiana NTC 5501.** El método de ensayo seleccionado para el diseño del Banco de Pruebas es el tipo 2, referenciado de acuerdo a la norma CEN (*European Committee for standardization*), por decisión de la Fábrica General José María Córdova (FAGECOR) de la Industria Militar.

“*El Comité Europeo de Normalización (CEN) es un facilitador de negocios en Europa, la eliminación de las barreras comerciales para la industria y los consumidores europeos. Su misión es fomentar la economía europea en el comercio mundial, el bienestar de los ciudadanos y el medio ambiente. A través de sus servicios, proporciona una plataforma para el desarrollo de normas y otras especificaciones técnicas.*”<sup>3</sup> La reglamentación CEN establece los elementos mínimos y por tanto los más relevantes para llevar a cabo pruebas balísticas a los vidrios blindados, se mencionan a continuación.

---

<sup>3</sup> <http://www.cenorm.be>

**2.2.1.1. Bastidor rígido.** El bastidor no debe desplazarse por el impacto de los proyectiles. El bloque de plastilina sobre el que irán los chalecos, o la probeta acondicionada, según sea el caso, debe instalarse sobre un armazón rígido, en posición vertical. El montaje debe ser lo suficientemente firme.

Para las probetas de vidrio corresponde cumplir con los siguientes requisitos, que son parte del diseño de la estructura del bastidor:

- La probeta debe estar posicionada perpendicular a la línea de fuego.
- Entre los bordes de la probeta y el marco del bastidor se deben aplicar unas bandas de neopreno, de una dureza de 40 IRHD a 60 IRHD conforme a la norma ISO 48, de espesor 4 mm y  $(30 \pm 5)$  mm de ancho.
- En la parte inferior del marco del bastidor, se debe colocar una banda de neopreno, de una dureza de 40 IRHD a 60 IRHD conforme a la norma ISO 48 con espesor de 4 mm, y ancho igual al espesor total de la probeta.
- Los cuatro bordes de la probeta se deben fijar uniformemente en un ancho de  $30 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ , dejando una zona diáfana  $440 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm} \times 440 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ , la cual se encuentra expuesta al impacto.
- La presión de sujeción debe ser la necesaria para que los bordes de la probeta permanezcan en su sitio durante el ensayo, pero sin producir esfuerzo que pudieran afectar el resultado.

**2.2.1.2. Caja recogida de fragmentos.** Las esquirlas desprendidas de la cara trasera de la probeta y los fragmentos de bala que atravesarán la misma deben ser recogidos en una caja situada detrás de la probeta y fija al marco del bastidor rígido. Esta caja debe tener una apertura en la parte frontal de al menos  $440 \text{ mm} \times 440 \text{ mm}$ , alineada con el blanco de la probeta. Debe ocupar completamente el espacio comprendido entre la probeta y la hoja testigo. La caja debe ser de fácil acceso para su examen y sustitución.

**2.2.1.3. Hoja testigo.** Se debe utilizar para determinar el poder penetrante de las esquirlas de vidrio proyectadas desde la cara trasera de la probeta. Consiste en una lámina de aluminio, de 0.02 mm de espesor y una densidad de  $54 \text{ g/m}^3$ . La lámina de aluminio debe ser montada en la caja recogida de fragmentos, en posición vertical, detrás de la probeta y a una distancia de  $500 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ . Debe tener una superficie diáfana de al menos  $440 \text{ mm} \times 440 \text{ mm}$  que corresponda a la

zona de blanco. La lámina de aluminio debe estar rígidamente fijada por los bordes, para asegurar que no se mueva ni se desgarre durante el ensayo.

**2.2.2. Estándar NIJ – 01.01.06.** Para llevar a cabo de forma apropiada las pruebas balísticas a chalecos, son necesarios los siguientes elementos, los cuales son importantes para el diseño del Banco Balístico.

### 2.2.2.1. Material de apoyo de la prenda antibalas

- **Tablero material de apoyo.** Las dimensiones internas del tablero del material de apoyo serán 610 mm x 610 mm, con una profundidad de 140 mm (24,0 pulg x 24,0 pulg x 5,5 pulg). La tolerancia en todas las dimensiones será de  $\pm 2$  mm ( $\pm 0,08$  pulg).

- **Material de apoyo.** Para cumplir con los estándares entre laboratorios, se usará arcilla de modelar al aceite roma plastilina No. 1 como material de apoyo. El material de apoyo será reemplazado todos los años o con más frecuencia si fuera necesario.

La plastilina roma es un material sintético blando y moldeable utilizado para medir el trauma ocasionado por un impacto balístico. Esta plastilina va a montarse en el Banco de pruebas donde van las prendas antibala.

Figura 4. Ejemplo de plastilina balística



Fuente: <http://www.google.com/plastilinabalistica.jpg>

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de este proyecto es el empírico - analítico: pues el plan de trabajo está enfocado a la interpretación y transformación del mundo material, debido a que los planteamientos teóricos y cálculos generados a través de modelos matemáticos y simulaciones computacionales se retroalimentan con la experimentación, en la búsqueda de información cada vez más confiable y práctica para la solución del problema.

Con el buen desarrollo de la propuesta se construirá posteriormente de forma adecuada el Banco Balístico, atendiendo a los requerimientos no sólo de la norma sino también de los operarios encargados de manipular el módulo de trabajo.

#### 3.2. LÍNEA DE LA INVESTIGACIÓN DE LA USB / SUB - LÍNEA DE FACULTAD / CAMPO TEMÁTICO DEL PROGRAMA

La línea institucional es *Tecnologías Actuales y Sociedad*, debido a que este implica conocimientos en tecnología de vanguardia, como lo es la programación, equipos y laboratorios específicos para mejorar la competitividad de la Industria Militar de Colombia en cuanto a las pruebas de blindaje se refiere; como el proyecto involucra la optimización de procesos industriales la sub-línea de facultad es *Instrumentación y Control de Procesos*, el campo de investigación es *Automatización de Procesos*; toda esta estructura forma parte del nodo de Ingeniería Mecatrónica, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá D.C.

#### 3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la realización de la investigación se utilizaron los siguientes medios: en primera instancia los libros relacionados con balística, pruebas y ensayos con proyectiles, posteriormente Internet, tesis de grado, asesorías con personas que tienen experiencia en el medio, textos que brindaron información requerida, utilización de software de diseño, instrumentos de medición, simuladores y aportes: del tutor asignado por parte de la Industria Militar Ingeniero Nikolay Prieto,

profesional Subgerencia Técnica y del asesor metodológico del Proyecto de Grado, Ing. Alfonso Duque, integrante del Nodo de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad de San Buenaventura.

Otras fuentes utilizadas para el desarrollo del plan de trabajo fueron datos experimentales y consultas con el personal de la Fábrica General José María Córdova (FAGECOR) e ingenieros jefes de las oficinas centrales de la Industria Militar (INDUMIL). Asimismo:

- Tutorías con docentes de la facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá D.C.
- Para el desarrollo de la investigación se emplearon como recursos las simulaciones, mediciones y evaluación de los parámetros de diseño y su correcto funcionamiento.
- Conversaciones con el personal encargado del laboratorio de Balística de FAGECOR, con el fin de diseñar una máquina de fácil acceso y manejo.
- Visitas frecuentes a la fábrica FAGECOR.
- Software “INVENTOR” utilizado para realizar los planos de los mecanismos y de todo el sistema. Este programa es de tipo *CAD (Diseño asistido por computador)*, donde la fortaleza es el diseño.
- Software “ANSYS” utilizado para analizar las cargas sobre el Banco Balístico, observando esfuerzos máximos y deformaciones en el material de prueba. Este programa es de tipo *CAE (Ingeniería Asistida por computador)*, donde se realizan simulaciones de tipo real.

*Fuentes secundarias:*

10. Bibliografía de control automático, diseño mecánico, y simulación.
11. Catálogos de Cia. General de Aceros Ltda.
12. Catálogos de OMRON.
13. Catálogos de IGUS.
14. Catálogos de perfiles estructurales.
15. Manual AUTODESK INVENTOR.
16. Manual ANSYS AUTODYN.
17. Páginas WEB: “.Gov” y “.Edu” sobre sistemas de posicionamiento X, Y, Z e investigaciones en este campo.
18. Normas Internacionales para prendas antibalas.
19. Normatividad del Ministerio de Defensa Nacional.
20. Documentos acerca de vidrios blindados.

#### 4. DESARROLLO INGENIERIL

Este proyecto tiene como contribución a la ingeniería, la optimización y desarrollo de una máquina que permite evaluar los materiales que son utilizados para proteger vidas humanas, de acuerdo a eso es necesario tener los siguientes criterios de diseño para plantear una solución adecuada y eficiente:

Tabla 3. Requisitos para el diseño del Banco Balístico

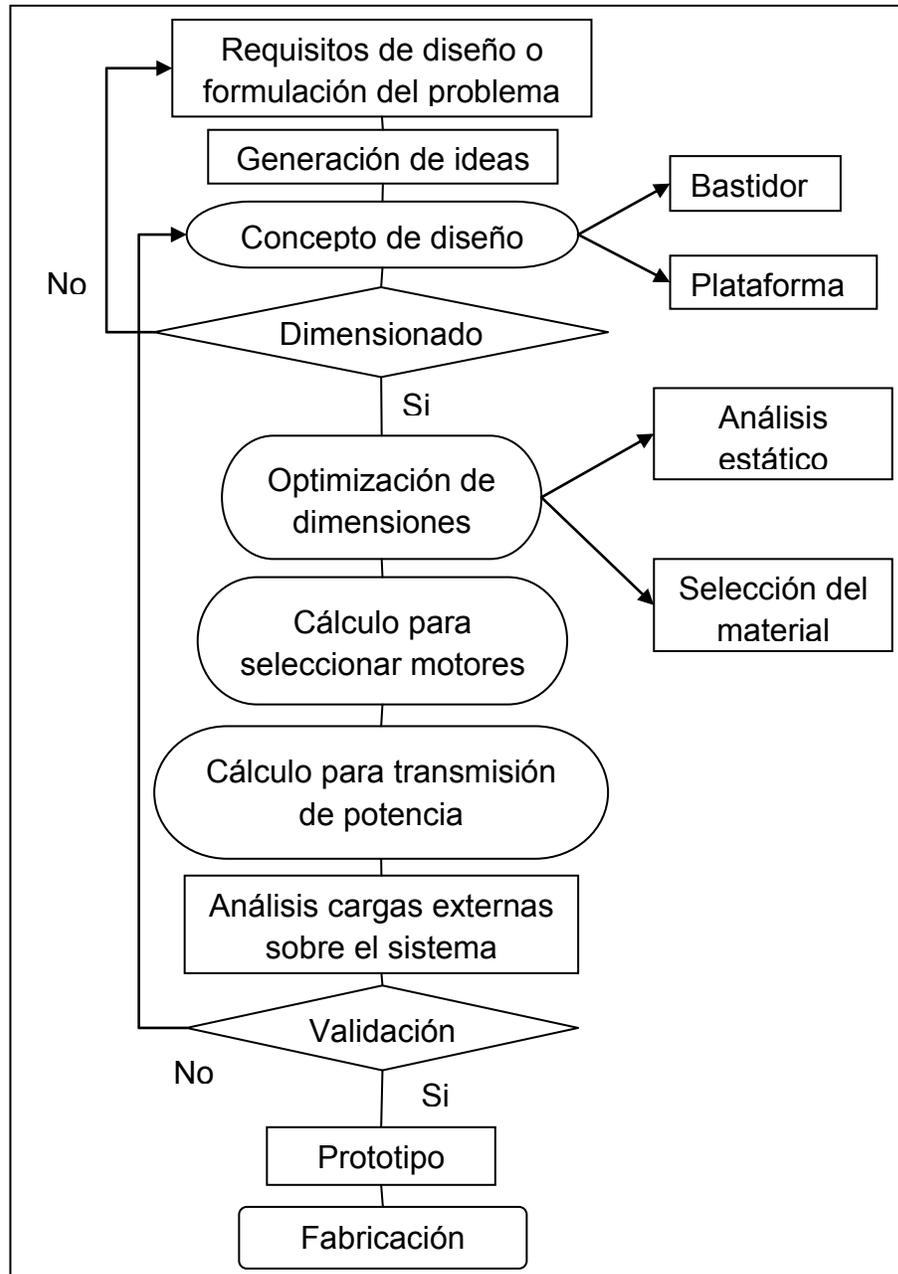
Clase de requisito	Necesidad del cliente	Definición
Funcionales	Diseño de un Banco de Pruebas Balístico que permita realizar pruebas a chalecos y vidrios.	Debe soportar duras condiciones de operación (polvo, agua).
		Debe requerir poco mantenimiento preventivo.
		Debe ser diseñado de forma que su implementación sea rápida.
		Debe contar con un control electrónico fácil de manejar.
		Debe permitir la instalación de los bloques de plastilina usados en fábrica, así como probetas de hasta 500mm x 500mm.
Desempeño	El Banco debe soportar las cargas generadas durante los impactos.	Los movimientos de arrancada y parada deben ser suaves.
		La estructura debe ser en acero para soportar las cargas y dar rigidez al conjunto.
Legales y reglamentarios	Cumplimiento de las normas balísticas usadas en la fábrica FAGECOR para la realización de pruebas.	En la fábrica se comenzará la implementación de normas que exigen ciertas dimensiones mínimas para la realización de pruebas. Deben tenerse en cuenta estas normas para el diseño del Banco, garantizando la calidad de los vidrios y los chalecos.
Otros	Motores	Su actuación se debe realizar por medio de motores que proporcionen un torque apropiado para mover las masas.
	Mecanismos	Usar articulaciones secas de mínimo mantenimiento. Utilización elementos INDUMIL.
	Control	Control inalámbrico.

Fuente: tabla realizada por el autor

#### 4.1. DISEÑO MECÁNICO

El diseño mecánico de toda la estructura del Banco Balístico consta de varias etapas, a continuación se muestra un diagrama de flujo de la secuencia de trabajo que se llevó a cabo:

Figura 5. Diagrama de flujo para el diseño mecánico



Fuente: Figura realizada por el autor

#### 4.1.1. Concepto de diseño

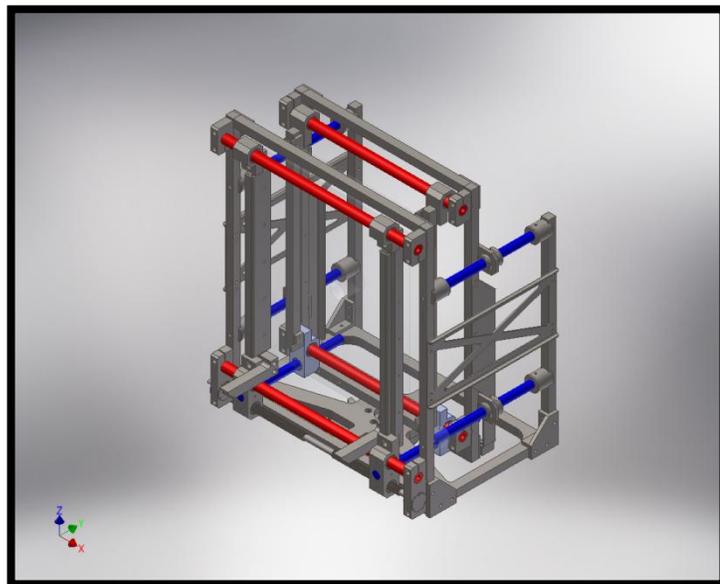
De acuerdo a los requisitos del cliente, mencionados en la tabla 3 y teniendo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 5501, donde se referencia la reglamentación CEN para ensayos balísticos de vidrios antibalas y la Norma Estándar NIJ 01.01.06 para chalecos; se diseñaron varias opciones de un bastidor rígido para sostener las probetas de vidrio y los moldes de plastilina, posteriormente las alternativas de una plataforma para fijar el armazón y de fácil manipulación en ambiente de fábrica, ambos a través de un ordenador utilizando el Software “AUTODESK INVENTOR”. El concepto de diseño reúne las primeras ideas con el propósito de plantear la solución final, aplicando ingeniería de detalle.

##### 4.1.1.1. Diseño del bastidor

Para llegar al diseño final del bastidor rígido, se plantearon varias opciones, analizando ventajas y desventajas, además con el propósito de perfeccionar la idea del concepto.

##### Primer modelo: bastidor rectangular

Figura 6. Bastidor opción No. 1



Fuente: imagen realizada por el autor

*Ventajas:*

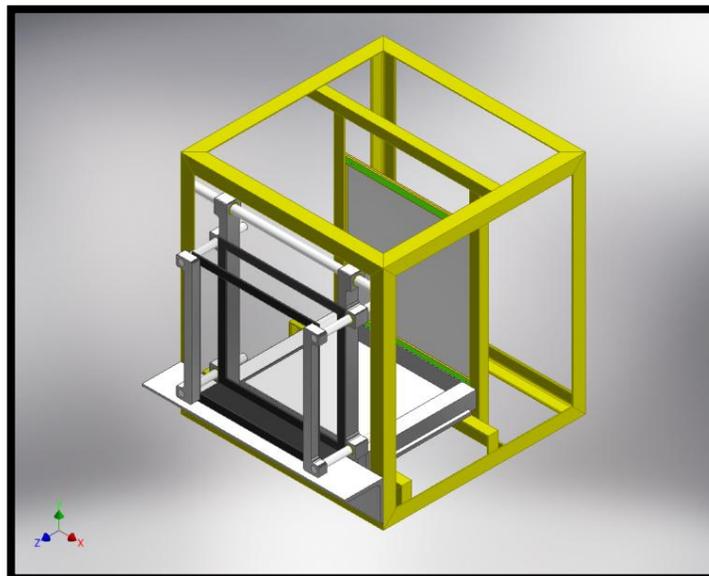
- ❖ Utilización de todos los bujes y ejes adquiridos por INDUMIL.
- ❖ Diseño innovador con una estructura firme.

*Desventajas:*

- ❖ No hay espacio para colocar los bloques de plastilina donde se van a poner los chalecos antibalas como lo exige la norma Estándar NIJ – 0101.06.
- ❖ No sujeta apropiadamente la probeta para las pruebas de vidrio, sólo la soporta en los 2 bordes laterales.
- ❖ No hay espacio para la colocación de la hoja testigo como lo exige la Norma CEN para pruebas balísticas.
- ❖ No hay espacio para la colocación de la caja recogida de fragmentos como lo exige la norma CEN para pruebas balísticas.
- ❖ Demasiadas piezas y la complejidad de las mismas es alta, por lo que representa un mayor costo y tiempo de fabricación.
- ❖ Dificulta la colocación y extracción de la probeta.

**Segundo modelo: bastidor cuadrado No. 1**

Figura 7. Bastidor opción No. 2



Fuente: imagen realizada por el autor

*Ventajas:*

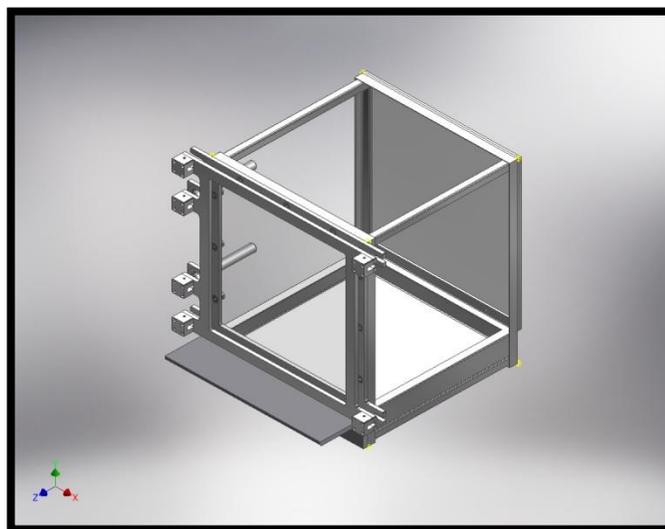
- ❖ Utilización de la mayoría bujes y ejes adquiridos por INDUMIL.
- ❖ Simplicidad en el diseño, lo que reduce los costos y tiempo de fabricación.
- ❖ Firmeza estructural.
- ❖ Ubicación apropiada de la hoja testigo según norma CEN.
- ❖ Ubicación apropiada de la caja recogida de fragmentos según norma CEN.
- ❖ Tiene el soporte para colocar el bloque de plastilina donde van a probarse los chalecos antibalas.
- ❖ Utilización de menos piezas que el bastidor rectangular.

*Desventajas:*

- ❖ No soporta la probeta en los 4 bordes como lo exige la norma CEN, sólo en los 2 bordes laterales.
- ❖ El espacio que está detrás de la hoja testigo queda inutilizable, sólo permite distribuir el centro de gravedad, sin embargo el bastidor está sobredimensionado.
- ❖ Dificultad para acceder a la caja recogida de fragmentos.

**Tercer modelo: bastidor cuadrado No. 2**

Figura 8. Bastidor opción No. 3



Fuente: imagen realizada por el autor

*Ventajas:*

- ❖ Utilización de algunos bujes y ejes adquiridos por INDUMIL.
- ❖ Es un diseño simple, minimizando costos y tiempo de fabricación.
- ❖ Firmeza estructural.
- ❖ Fácil acceso para colocar y extraer la probeta.
- ❖ Fácil acceso a la caja recogida de fragmentos.
- ❖ Ubicación apropiada de la hoja testigo según norma CEN.
- ❖ Ubicación apropiada de la caja recogida de fragmentos según norma CEN.
- ❖ Tiene el soporte para colocar el bloque de plastilina donde van a probarse los chalecos antibalas.
- ❖ Sujeta apropiadamente la probeta en los 4 bordes como lo exige la norma.

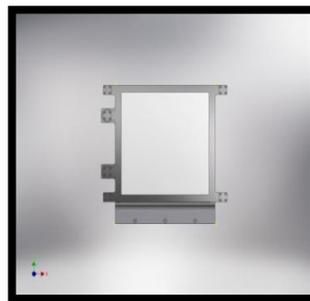
*Desventajas:*

- ❖ Requirió más tiempo de diseño.
- ❖ Hay más piezas que en el diseño anterior.

Analizando las alternativas, realizando un balance general de ventajas y desventajas se seleccionó el tercer modelo, básicamente porque cumple con las normas que guían el proyecto y se están utilizando los elementos mecánicos de INDUMIL, el problema del peso se puede minimizar optimizando los espesores de los perfiles; no posee más piezas que el modelo No. 1, pero tampoco excede en gran cantidad al número de piezas que tiene el modelo No. 2.

A continuación se muestran las principales características del modelo que fue aprobado.

Figura 9. Vista frontal del bastidor seleccionado



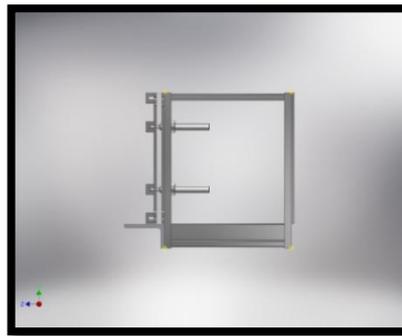
Fuente: imagen realizada por el autor

Tabla 4. Análisis vista frontal del bastidor seleccionado

Característica	Dimensión
Alto	594 mm
Ancho	500 mm

Fuente: tabla realizada por el autor

Figura 10. Vista lateral del bastidor seleccionado



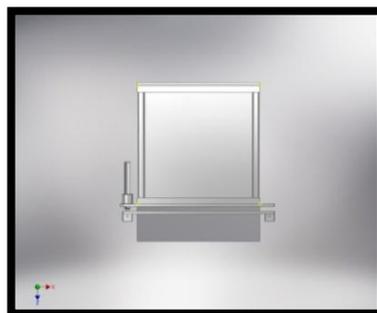
Fuente: imagen realizada por el autor

Tabla 5. Análisis vista lateral del bastidor seleccionado

Característica	Dimensión
Largo	648 mm

Fuente: tabla realizada por el autor

Figura 11. Vista superior del bastidor seleccionado



Fuente: imagen realizada por el autor

Tabla 6. Peso del bastidor sin la probeta

Elemento	Peso aproximado
Bastidor	47 kg

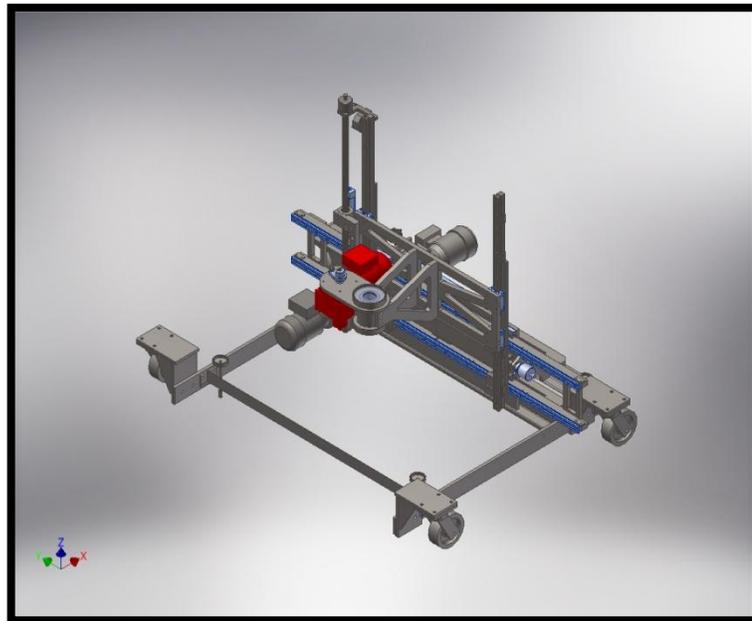
Fuente: tabla realizada por el autor

#### 4.1.1.2. Diseño de la plataforma

Para el diseño de la plataforma que sostendrá el bastidor, se plantearon tres soluciones con sus respectivas ventajas y desventajas.

##### Primer modelo:

Figura 12. Plataforma opción No. 1



Fuente: imagen realizada por el autor

##### Ventajas:

- ❖ Utilización de las 4 guías y los 8 carros, es decir la totalidad de estos elementos comprados por INDUMIL.

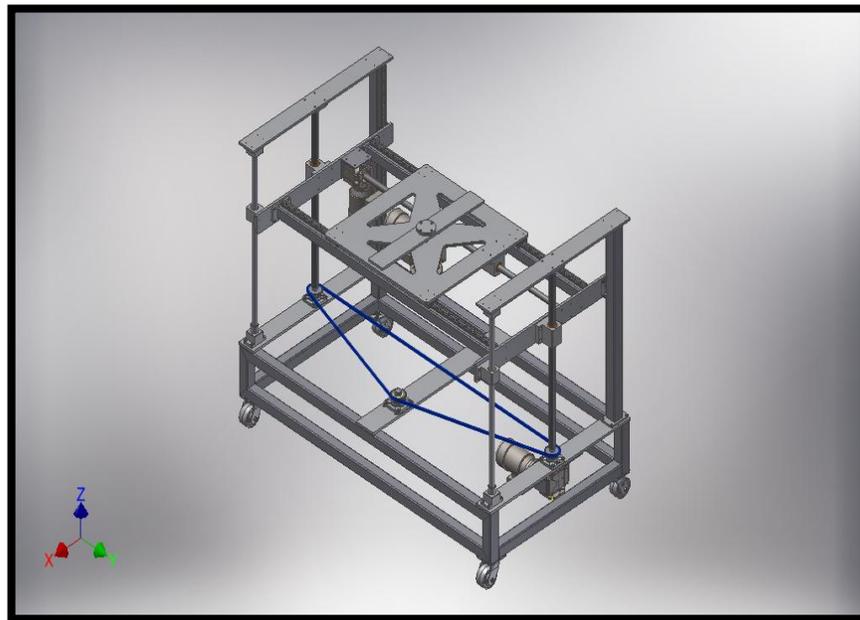
- ❖ Los rieles están acomodados adecuadamente y permiten el movimiento en X y en el Eje Z sin interferencia.

*Desventajas:*

- ❖ El centro de masa muestra que no se podría sostener el bastidor con firmeza, es decir no habría distribución equivalente del peso del armazón.
- ❖ Demasiadas piezas y la complejidad de las mismas es alta, esto representa un mayor costo y tiempo de fabricación.

**Segundo modelo:**

Figura 13. Plataforma opción No. 2



Fuente: imagen realizada por el autor

*Ventajas:*

- ❖ Utilización de las 4 guías y 6 carros, sobran dos carros de la totalidad de estos elementos comprados por INDUMIL.
- ❖ Concepto de diseño del Banco antiguo, más apropiado para el ambiente de la fábrica.

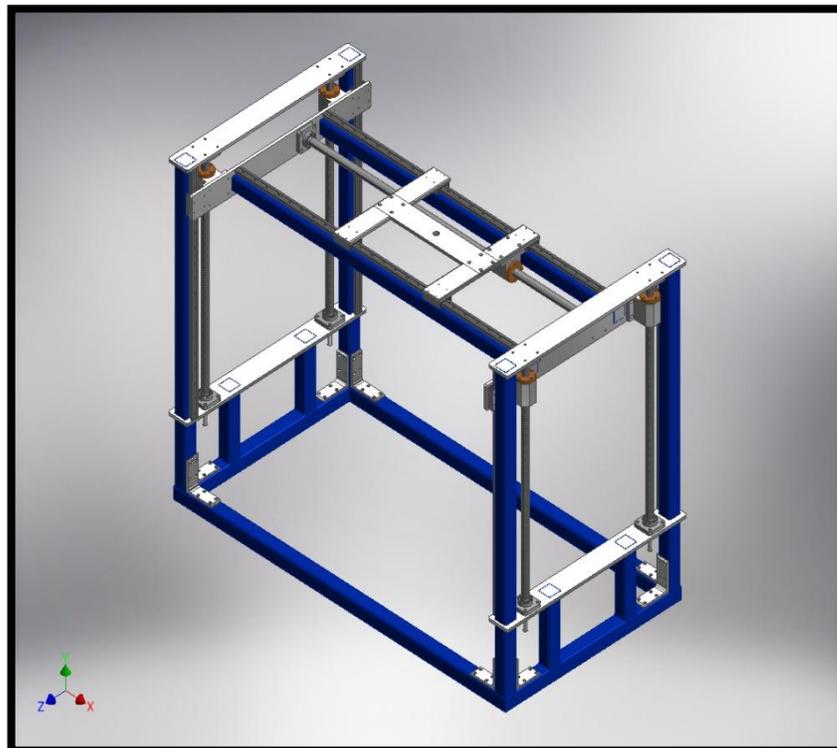
- ❖ Distribución equivalente del peso del bastidor que sostiene la probeta y el bloque de plastilina.
- ❖ La transmisión de potencia es apropiada para las masas que hay que mover.
- ❖ Firmeza estructural para aguantar los impactos.

*Desventajas:*

- ❖ Posee más piezas que el diseño anterior.
- ❖ Más grande que el primer modelo.
- ❖ La cadena para transmisión de potencia es demasiado grande, puede presentar caídas frecuentes.
- ❖ Con sólo dos tornillos, uno en cada lado, el esfuerzo cortante es alto.

**Tercer modelo**

Figura 14. Plataforma opción No. 3



Fuente: imagen realizada por el autor

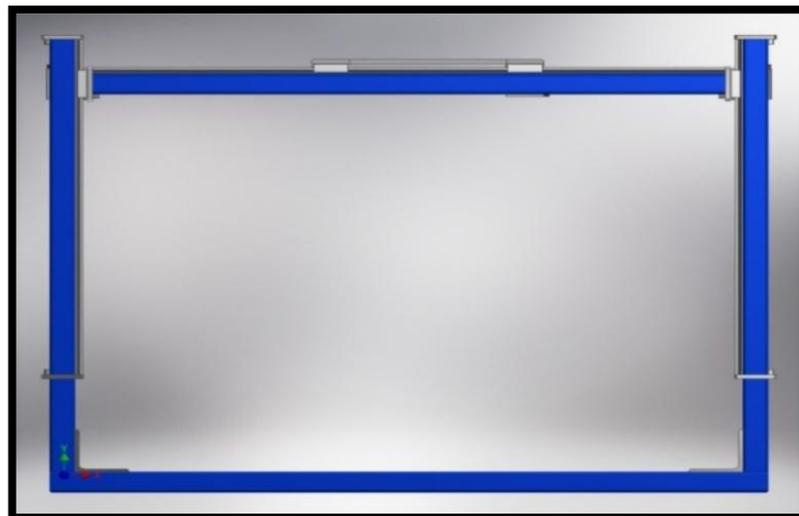
*Ventajas:*

- Menor cantidad de piezas, lo que representa menos costo y se reduce el tiempo de fabricación.
- Consistencia en la estructura, ensamblando los perfiles laterales completos.
- Utilización de las 4 guías y 6 carros, sobran dos carros de la totalidad de estos elementos comprados por INDUMIL.
- Pesa menos que el diseño anterior.
- La cadena para transmisión de potencia del diseño anterior es demasiado larga y se pueden presentar problemas de inestabilidad, por ello se colocaron dos cadenas, una en cada lado, para garantizar un correcto funcionamiento.
- Distribución equivalente del peso del bastidor que sostiene la probeta y el bloque de plastilina.

*Desventajas:*

- Se adicionaron dos tornillos de potencia en los extremos, para reducir esfuerzos cortantes en los dientes de los mismos y permitir que la bandeja que soporta el bastidor, se sostenga en algún punto de la trayectoria del movimiento vertical.
- Para dar más simetría a la estructura, se agregaron dos rieles con una longitud de un metro, esto permite guiar con mayor seguridad el movimiento vertical.
- Se adicionó un motor para transmitir el movimiento vertical, cada motor mueve cada par de tornillos laterales.

Figura 15. Vista frontal de la plataforma seleccionada



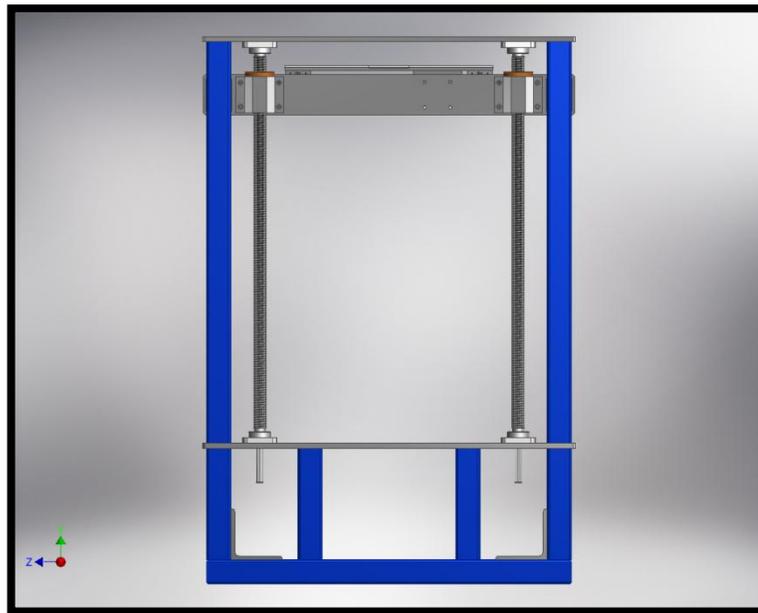
Fuente: imagen realizada por el autor

Tabla 7. Análisis vista frontal de la plataforma seleccionada

Característica	Dimensión
Alto	1360 mm
Largo	1740 mm

Fuente: tabla realizada por el autor

Figura 16. Vista lateral de la plataforma seleccionada



Fuente: imagen realizada por el autor

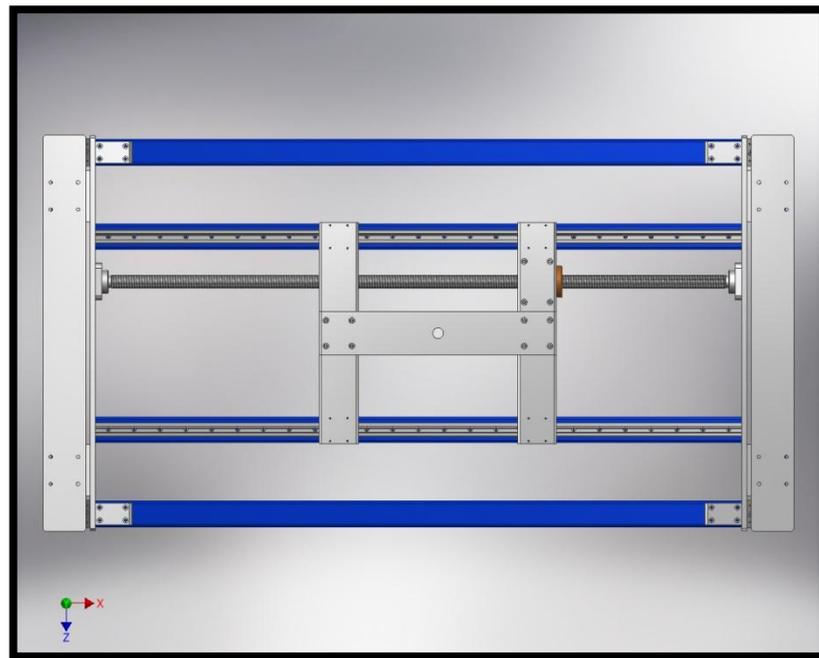
En esta vista lateral se puede observar la ubicación de los tornillos de potencia verticales que son dos a cada lado de la estructura; se agregaron con el objetivo de dar más resistencia y consistencia al Banco Balístico, ya que el movimiento vertical es el más crítico.

Tabla 8. Análisis vista lateral de la plataforma seleccionada

Característica	Dimensión
Ancho	920 mm

Fuente: tabla realizada por el autor

Figura 17. Vista superior de la plataforma seleccionada



Fuente: imagen realizada por el autor

En esta vista superior se puede observar la ubicación del tornillo de potencia horizontal, sólo es uno pues el movimiento horizontal no es tan crítico.

Tabla 9. Peso plataforma sin bastidor

Elemento	Peso aproximado
Plataforma	220 Kg

Fuente: tabla realizada por el autor

#### 4.1.2. Diseño estructural y optimización de dimensiones de la estructura

Para optimizar las dimensiones de las partes del Banco Balístico propuesto, se utilizó el software “INVENTOR” y el método de elementos finitos parametrizando el factor de seguridad y las medidas, con el propósito de que la máquina no quede sobredimensionada y funcione apropiadamente con los elementos adquiridos por la Industria Militar de Colombia.

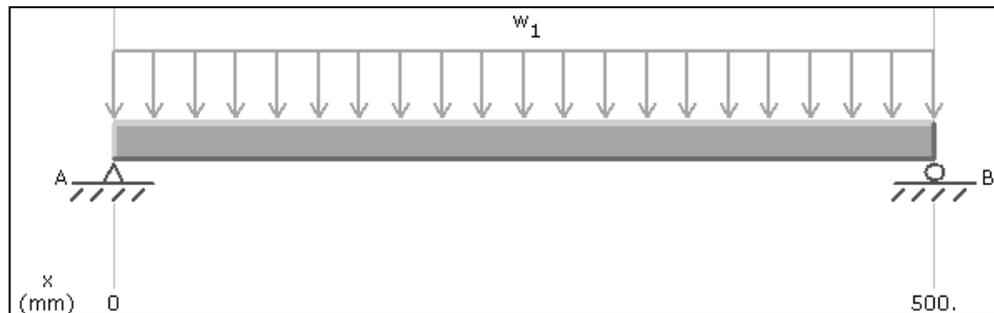
#### 4.1.2.1. Soporte para la probeta en el bastidor

$$F_{Probeta} = (\text{Peso molde plastilina})(\text{Gravedad})$$

$$F_{Probeta} = (100 \text{ kg}) \cdot (10 \text{ m/s}^2) = 1000 \text{ N}$$

La carga es distribuida y queda de la siguiente forma:

Figura 18. Carga a la que está expuesta la viga



Fuente: imagen realizada por el autor

$$F_{Probeta} = (1000 \text{ N/m})(0.5 \text{ m}) = 500 \text{ N}$$

El programa MDSolids 3.5 permite calcular las reacciones según las fuerzas sobre el sistema, se obtuvo lo siguiente:

Figura 19. Reacciones en la viga

Reactions
Ay = 250.00 N (up)
By = 250.00 N (up)

Fuente: imagen realizada por el autor

Luego se calculan las reacciones y se verifica el resultado del programa:

$$\sum M_A = 0; -500 \text{ N} \cdot (250 \times 10^{-3} \text{ m}) + B_y \cdot (500 \times 10^{-3} \text{ m}) = 0$$

$$B_y = \frac{500 \text{ N} \cdot (250 \times 10^{-3} \text{ m})}{500 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$$B_y = 250 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0; A_y - 500 \text{ N} + B_y = 0$$

$$A_y = 500 \text{ N} - B_y = 500 \text{ N} - 250 \text{ N}$$

$$A_y = 250 \text{ N}$$

Se establece la coherencia entre los valores de las reacciones del programa y los cálculos matemáticos llevados a cabo; a continuación se hallan los diagramas de cortante y momento que permitirán establecer cómo se puede ver afectada la viga por las fuerzas.

*Cálculo de la fuerza cortante:*

$$\sum F_y = 0;$$

$$0 - V_0 = 0$$

$$0 - V_1 = 0$$

$$V_1 = 0$$

$$250 \text{ N} - V_2 = 0$$

$$V_2 = 250 \text{ N}$$

$$250 \text{ N} - V_3 = 0$$

$$V_3 = 250$$

$$250 \text{ N} - \left(1000 \frac{\text{N}}{\text{m}}\right)(0.250 \text{ m}) - V_4 = 0$$

$$V_4 = 0$$

$$V_5 = -V_3 = -250 \text{ N}$$

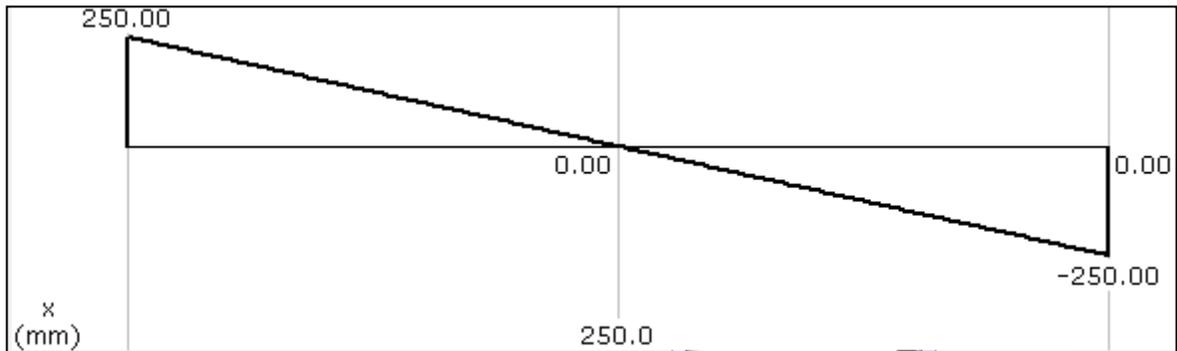
$$V_6 = -V_2 = -250 \text{ N}$$

$$V_7 = V_1 = 0$$

$$V_8 = V_0 = 0$$

A continuación se realiza el diagrama de cortante con estos valores:

Figura 20. Diagrama de cortante de la viga



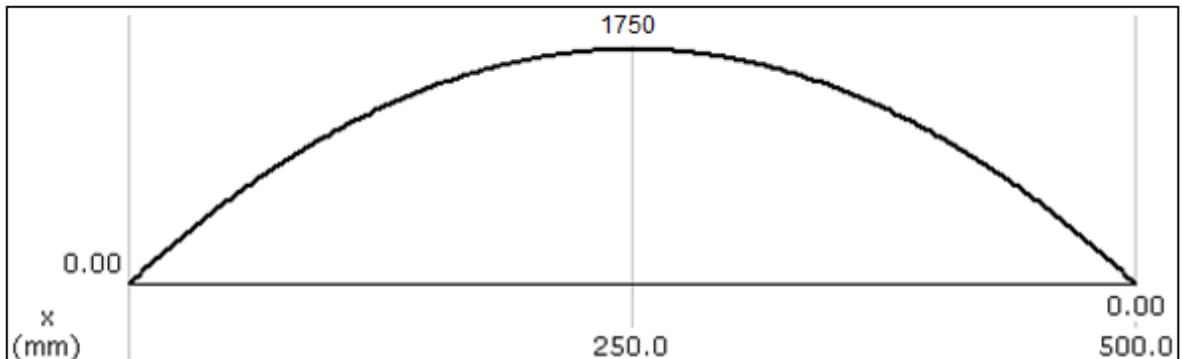
Fuente: imagen realizada por el autor

Analizando la Figura 20, se determina entonces que la fuerza máxima a la que se encuentra la viga es de:

$$F_{M\acute{a}x} = 250 \text{ N}$$

*Cálculo del momento*

Figura 21. Diagrama de momento de la viga



Fuente: imagen realizada por el autor

Analizando la gráfica se tiene entonces que el momento es:  $M = 1750 \text{ N} \cdot \text{m}$ .

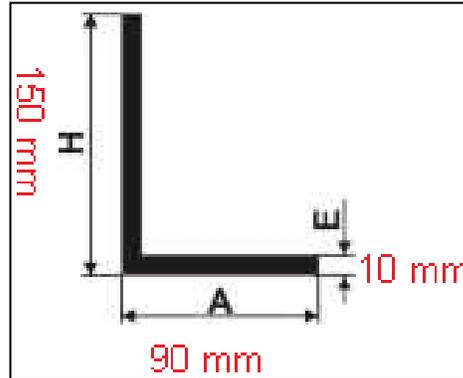
*El material utilizado para diseñar las viga es:*

*ACERO ESTRUCTURAL (ASTM – A36)*

*Resistencia última: 400 Mpa ; Resistencia a la fluencia: 250 Mpa.*

Calculando el área transversal del perfil:

Figura 22. Perfil en L con alas desiguales para sostener la probeta



Fuente: imagen realizada por el autor

Calculando el área transversal:

$$A_{T\_perfil} = (H + (A - E)) \cdot E$$

Reemplazando los valores para las variables (Figura 22), se tiene por tanto lo siguiente:

$$A_{T\_perfil} = (150 \text{ mm} + (90 \text{ mm} - 10 \text{ mm})) \cdot 10$$

$$A_{T\_perfil} = (150 \text{ mm} + 80 \text{ mm}) \cdot 10 \text{ mm}$$

$$A_{T\_perfil} = (230 \text{ mm}) \cdot (10 \text{ mm})$$

$$A_{T\_perfil} = 2300 \text{ mm}^2 = 2300 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$T_m = \frac{F_{M\acute{a}x}}{A_{T\_perfil}} = \frac{250 \text{ N}}{2300 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 108696 \text{ pa} = 108.696 \text{ Kpa}$$

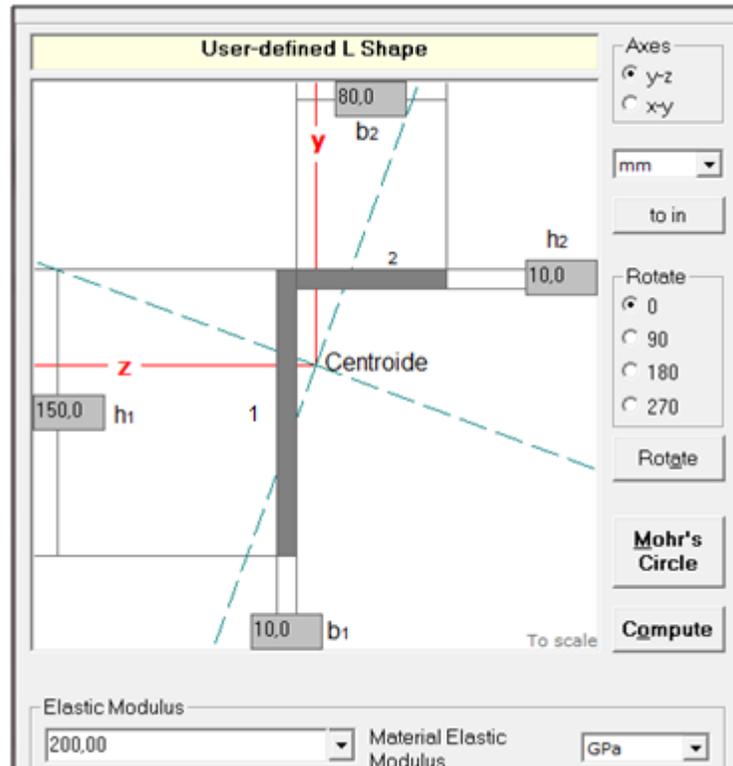
$$T_m < \text{Resistencia \acute{u}ltima}$$

$$108.696 \text{ kpa} < 400 \text{ Mpa (Dise\~{n}o viable)}$$

Como el esfuerzo calculado ( $T_m$ ) es menor al esfuerzo de fluencia ( $S_y$ ), la viga es admisible y el diseño es viable.

Calculando el momento de inercia en cada uno de los ejes, ya que la Figura es compuesta:

Figura 23. Perfil en L con alas desiguales y su centroide



Fuente: análisis MDSolids 3.5

Analizando la primera geometría (placa 1 en la Figura 23):

$$\begin{aligned} \text{Rectángulo 1: } A_1 &= (150 \text{ mm})(10 \text{ mm}) = 1500 \text{ mm}^2 \\ \bar{x}_1 &= 5 \text{ mm} \\ \bar{y}_1 &= 75 \text{ mm} \\ \bar{x}_1 \cdot A_1 &= (5 \text{ mm}) \cdot (1500 \text{ mm}^2) = 7500 \text{ mm}^3 \\ \bar{y}_1 \cdot A_1 &= (75 \text{ mm}) \cdot (1500 \text{ mm}^2) = 112500 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Analizando la segunda geometría (placa 2 en la Figura 23):

$$\begin{aligned} \text{Rectángulo 2: } A_2 &= (80 \text{ mm})(10 \text{ mm}) = 800 \text{ mm}^2 \\ \bar{x}_2 &= 45 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 50 \text{ mm} \\ \bar{y}_2 &= 5 \text{ mm} \\ \bar{x}_2 \cdot A_2 &= (50 \text{ mm}) \cdot (800 \text{ mm}^2) = 40000 \text{ mm}^3 \\ \bar{y}_2 \cdot A_2 &= (5 \text{ mm}) \cdot (800 \text{ mm}^2) = 4000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Tabla 10. Características secciones del perfil en L con alas desiguales

Sección	A: área		$\bar{x}$		$\bar{y}$	
Placa No. 1	1500 mm <sup>2</sup>	A <sub>1</sub>	5 mm	$\bar{x}_1$	75 mm	$\bar{y}_1$
Placa No. 2	800 mm <sup>2</sup>	A <sub>2</sub>	45 mm + 5 mm	$\bar{x}_2$	5 mm	$\bar{y}_2$
	$\sum A = 2300 \text{ mm}^2$					
	$\bar{x} \cdot A$		$\bar{y} \cdot A$			
Placa No. 1	7500 mm <sup>3</sup>		112500 mm <sup>3</sup>			
Placa No. 2	40000 mm <sup>3</sup>		4000 mm <sup>3</sup>			
	$\sum \bar{x} \cdot A = 47500 \text{ mm}^3$		$\sum \bar{y} \cdot A = 116500 \text{ mm}^3$			

Fuente: tabla realizada por el autor

Primeros momentos de área, teniendo en cuenta el cuadro anterior:

$$\begin{aligned} Q_x &= \bar{X} \cdot \sum A = \sum \bar{x} \cdot A & Q_y &= \bar{Y} \sum A = \sum \bar{y} \cdot A \\ Q_x &= 47500 \text{ mm}^3 & Q_y &= 116500 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Ubicación del centroide de la Figura compuesta:

$$\begin{aligned} \bar{X} \cdot \sum A &= \sum \bar{x} \cdot A & \bar{Y} \cdot \sum A &= \sum \bar{y} \cdot A \\ \bar{X}(2300 \text{ mm}^2) &= 47500 \text{ mm}^3 & \bar{Y}(2300 \text{ mm}^2) &= 116500 \text{ mm}^3 \\ \bar{X} &= \frac{47500 \text{ mm}^3}{2300 \text{ mm}^2} = 20.65 \text{ mm} & \bar{Y} &= \frac{116500 \text{ mm}^3}{2300 \text{ mm}^2} = 50.65 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hallando el momento de inercia: se realizan los siguientes cálculos (las variables h<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>, b<sub>2</sub>, están en la Figura 23):

Con respecto al Eje X se tiene:

$$I_{x\_Placa\_1} = I_{Rectángulo} + A_1 \cdot (\bar{y}_1 - \bar{Y})^2 = \left(\frac{1}{12}(b_1) \cdot (h_1)^3\right) + A_1 \cdot (\bar{y}_1 - \bar{Y})^2$$

$$I_{x\_Placa\_1} = \left(\frac{1}{12}(10 \text{ mm}) \cdot (150 \text{ mm})^3\right) + 1500 \text{ mm}^2 \cdot (75 \text{ mm} - 50.65 \text{ mm})^2$$

$$I_{x\_Placa\_1} = 3.70 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{x\_Placa\_2} = I_{Rectángulo} + A_2 \cdot (\bar{y}_2 - \bar{Y})^2 = \left(\frac{1}{12}(b_2) \cdot (h_2)^3\right) + A_2 \cdot (\bar{y}_2 - \bar{Y})^2$$

$$I_{x\_Placa\_2} = \left(\frac{1}{12}(80 \text{ mm}) \cdot (10 \text{ mm})^3\right) + 800 \text{ mm}^2 \cdot (5 \text{ mm} - 50.65 \text{ mm})^2$$

$$I_{x\_Placa\_2} = 1.67 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_x = I_{x\_Placa\_1} + I_{x\_Placa\_2} = 3.70 \times 10^6 \text{ mm}^4 + 1.67 \times 10^6 \text{ mm}^4 = 5.38 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_x = I_z$$

Con respecto al Eje Y:

$$I_{y\_Placa\_1} = I_{Rectángulo} + A_1 \cdot (\bar{x}_1 - \bar{X})^2 = \left(\frac{1}{12}(h_1) \cdot (b_1)^3\right) + A_1 \cdot (\bar{x}_1 - \bar{X})^2$$

$$I_{y\_Placa\_1} = \left(\frac{1}{12}(150 \text{ mm}) \cdot (10 \text{ mm})^3\right) + 1500 \text{ mm}^2 \cdot (5 \text{ mm} - 20.65 \text{ mm})^2$$

$$I_{y\_Placa\_1} = 379883.75 \text{ mm}^4$$

$$I_{y\_Placa\_2} = I_{Rectángulo} + A_2 \cdot (\bar{x}_2 - \bar{X})^2 = \left(\frac{1}{12}(h_2) \cdot (b_2)^3\right) + A_2 \cdot (\bar{x}_2 - \bar{X})^2$$

$$I_{y\_Placa\_2} = \left(\frac{1}{12}(10 \text{ mm}) \cdot (80 \text{ mm})^3\right) + 800 \text{ mm}^2 \cdot (50 \text{ mm} - 20.65 \text{ mm})^2$$

$$I_{y\_Placa\_2} = 1.12 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_y = I_{y\_Placa\_1} + I_{y\_Placa\_2} = 379983.8 \text{ mm}^4 + 1.12 \times 10^6 \text{ mm}^4 = 1.49 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Teniendo en cuenta el radio del perfil:

$$y = \frac{\text{Altura}}{2} = \frac{H}{2} = \frac{90 \text{ mm}}{2} = 45 \text{ mm} = 45 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Hallando el máximo momento elástico que puede soportar la viga y comparando el momento hallado en la Figura 20:

$$M < (M_x = M_z)$$

$$M < M_y$$

Calculando el momento en el Eje X:

$$M_x = \frac{I_x}{y} \cdot S_y = \left( \frac{5.38 \times 10^{-6} m^4}{40 \times 10^{-3} m} \right) \cdot (250 \times 10^6 N/m^2)$$

$$1.75 KN \cdot m < 33626 N \cdot m \text{ (el diseño es viable)}$$

Calculando el momento en el Eje Y:

$$M_y = \frac{I_y}{y} \cdot S_y = \left( \frac{1.49 \times 10^{-6} m^4}{40 \times 10^{-3} m} \right) \cdot (250 \times 10^6 N/m^2)$$

$$1.75 KN \cdot m < 9312.5 N \cdot m \text{ (el diseño es viable)}$$

Hallando los esfuerzos en la viga admisible:

$$\sigma_{Adm} = \frac{M \cdot y}{I_{Menor}} = \frac{(1750 N \cdot m)(45 \times 10^{-3} m)}{1.49 \times 10^{-6} m^4} = 52.8 \times 10^6 pa$$

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{Adm}} = \frac{(250 \times 10^6 pa)}{53 \times 10^6 pa} = 4.7$$

*Cálculo de la pendiente de la viga:*

La pendiente se calcula utilizando la siguiente fórmula que involucra la carga, las reacciones de la viga, el módulo de elasticidad del material ( $E = 200 \text{ Gpa}$ ) y el momento de inercia del perfil a utilizar:

$$\theta = \frac{\frac{A_y}{2}(x - 0 \text{ mm})^2 + \frac{B_y}{2}(x - 500 \text{ mm})^2 - A_c|_0 - \frac{F}{6}(x - 0 \text{ mm})^3 + \frac{F}{6}(x - 500 \text{ mm})^3}{E \cdot I}$$

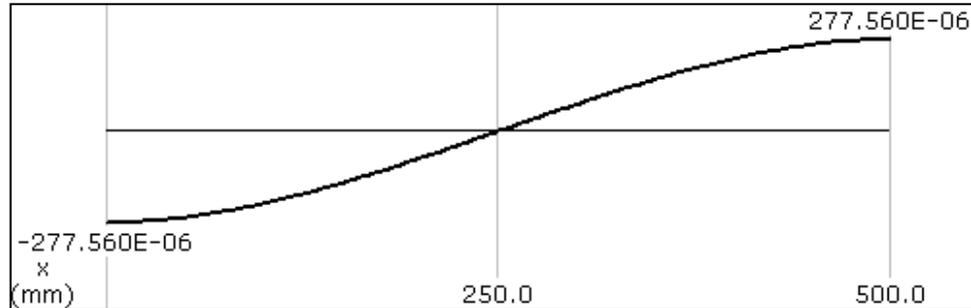
Reemplazando se tiene:

$$A_c = 5208333.33 \text{ (pendiente en } x = 0)$$

$$\theta = \frac{\frac{250 N}{2}(x - 0 \text{ mm})^2 + \frac{250 N}{2}(x - 500 \text{ mm})^2 - 5208333.33 - \frac{1 \text{ mm}}{6}(x - 0 \text{ mm})^3 + \frac{1 \text{ mm}}{6}(x - 1500 \text{ mm})^3}{(200000 N/mm^2) \cdot (5.38 \times 10^6 mm^4)}$$

$$\theta = 4.84 \times 10^{-6} \text{ radianes} \cdot (180 \text{ grados}/\pi \text{ radianes}) = 0.000277 \text{ grados}$$

Figura 24. Diagrama pendiente de la viga



Fuente: imagen realizada por el autor

La deflexión se calcula utilizando la siguiente fórmula:

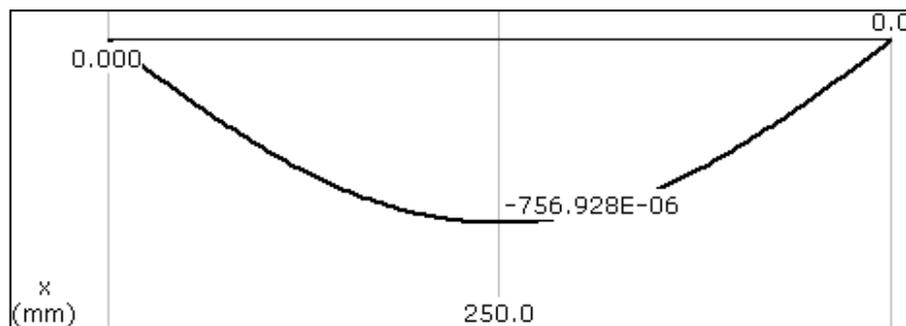
$$\kappa = \frac{\frac{A_y}{6}(x - 0 \text{ mm})^3 + \frac{B_y}{6}(x - 500 \text{ mm})^3 - (A_c)x|0 - \frac{F}{24}(x - 0 \text{ mm})^4 + \frac{F}{24}(x - 500 \text{ mm})^4}{E \cdot I}$$

Reemplazando se tiene,  $A_c$ : pendiente en  $x = 0$ :

$$\kappa = \frac{\frac{250 \text{ N}}{6}(x - 0 \text{ mm})^3 + \frac{250 \text{ N}}{6}(x - 500 \text{ mm})^3 - 5208333.33x - \frac{1 \text{ mm}}{24}(x - 0 \text{ mm})^4 + \frac{1 \text{ mm}}{24}(x - 500 \text{ mm})^4}{(200000 \text{ N/mm}^2) \cdot (5.38 \times 10^6 \text{ mm}^4)}$$

$$\kappa = -756.92 \times 10^{-6} \text{ mm}$$

Figura 25. Diagrama de deflexión de la viga



Fuente: imagen realizada por el autor

La deflexión y la pendiente son casi nulas, lo que garantiza la fortaleza del perfil que sostendrá la probeta de plastilina. A continuación se muestra el sólido:

Figura 26. Perfil en L con alas desiguales realizado en Autodesk Inventor

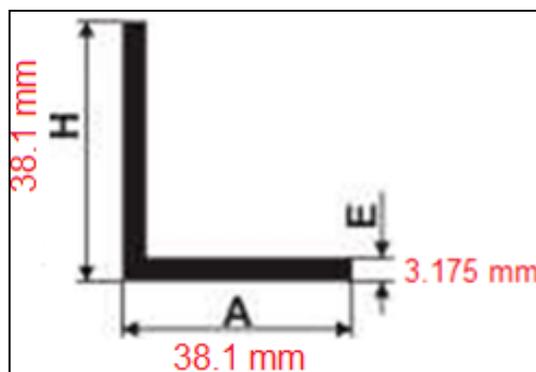


Fuente: imagen realizada por el autor

#### 4.1.2.2. Armazón del bastidor

Las vigas verticales trabajarán como columnas, y formarán parte del armazón del bastidor, por tanto se analiza un solo perfil en representación del sistema (4 perfiles verticales) y se lleva a cabo el siguiente análisis:

Figura 27. Perfiles verticales utilizados para el armazón del bastidor: perfil en L con alas iguales.



Fuente: imagen realizada por el autor

Calculando el área transversal:

$$A_{T\_perfil} = (H + (A - E)) \cdot E$$

Reemplazando los valores para las variables, se tiene por tanto lo siguiente:

$$A_{T\_perfil} = (38.1 \text{ mm} + (38.1 \text{ mm} - 3.175 \text{ mm})) \cdot 3.175 \text{ mm}$$

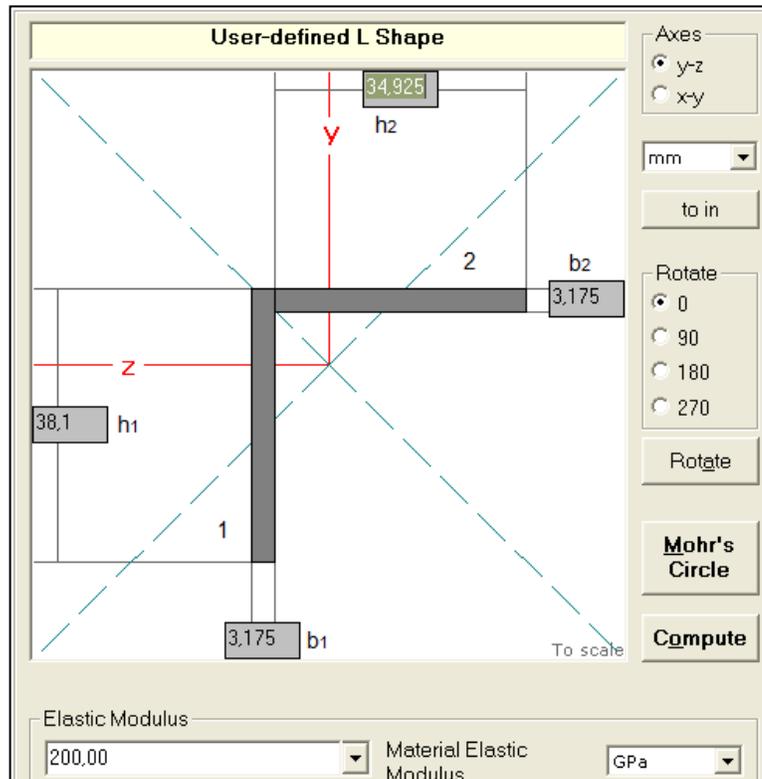
$$A_{T\_perfil} = (38.1 \text{ mm} + 34.925 \text{ mm}) \cdot 3.175 \text{ mm}$$

$$A_{T\_perfil} = (73.025 \text{ mm}) \cdot (3.175 \text{ mm})$$

$$A_{T\_perfil} = 231.854375 \text{ mm}^2 = 231.854375 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Ahora bien, se debe calcular el momento de inercia del perfil, pero como es una geometría compuesta es preciso analizarla por partes:

Figura 28. Perfil en L con alas iguales y su centroide



Fuente: análisis MDSolids 3.5

Analizando la primera geometría (placa 1 en la Figura 28):

$$\begin{aligned} \text{Rectángulo 1: } A_1 &= (3.175 \text{ mm})(38.1 \text{ mm}) = 120.9675 \text{ mm}^2 \\ \bar{x}_1 &= 1.5875 \text{ mm} \\ \bar{y}_1 &= 19.05 \text{ mm} \\ \bar{x}_1 \cdot A_1 &= (1.5875 \text{ mm}) \cdot (120.9675 \text{ mm}^2) = 192.03590625 \text{ mm}^3 \\ \bar{y}_1 \cdot A_1 &= (19.05 \text{ mm}) \cdot (120.9675 \text{ mm}^2) = 2304.430875 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Analizando la segunda geometría (placa 2 en la Figura 28):

$$\begin{aligned} \text{Rectángulo 2: } A_2 &= (3.175 \text{ mm})(34.925 \text{ mm}) = 110.886875 \text{ mm}^2 \\ \bar{x}_2 &= 19.05 \text{ mm} + 1.5875 \text{ mm} = 20.6375 \text{ mm} \\ \bar{y}_2 &= 1.5875 \text{ mm} \\ \bar{x}_2 \cdot A_2 &= (20.6375 \text{ mm}) \cdot (110.886875 \text{ mm}^2) = 2288.4278828125 \text{ mm}^3 \\ \bar{y}_2 \cdot A_2 &= (1.5875 \text{ mm}) \cdot (110.886875 \text{ mm}^2) = 176.0329140625 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Tabla 11. Características secciones del perfil en L con alas iguales

Sección	A: área		$\bar{x}$		$\bar{y}$	
Placa No. 1	120.9675 mm <sup>2</sup>	A <sub>1</sub>	1.5875 mm	$\bar{x}_1$	19.05 mm	$\bar{y}_1$
Placa No. 2	110.886875 mm <sup>2</sup>	A <sub>2</sub>	20.6375 mm	$\bar{x}_2$	1.5875 mm	$\bar{y}_2$
	$\sum A = 231.854375 \text{ mm}^2$					
	$\bar{x} \cdot A$		$\bar{y} \cdot A$			
Placa No. 1	192.03590625 mm <sup>3</sup>		2304.430875 mm <sup>3</sup>			
Placa No. 2	2288.4278828125 mm <sup>3</sup>		176.0329140625 mm <sup>3</sup>			
	$\sum \bar{x} \cdot A = 2480.4637890625 \text{ mm}^3$		$\sum \bar{y} \cdot A = 2480.4637890625 \text{ mm}^3$			

Fuente: tabla realizada por el autor

Primeros momentos de área, teniendo en cuenta los datos obtenidos en el cuadro anterior:

$$\begin{aligned} Q_x &= \bar{X} \cdot \sum A = \sum \bar{x} \cdot A & Q_y &= \bar{Y} \cdot \sum A = \sum \bar{y} \cdot A \\ Q_x &= 2480.4637890625 \text{ mm}^3 & Q_y &= 2480.4637890625 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Ubicación del centroide de la Figura compuesta:

$$\bar{X} \cdot \sum A = \sum \bar{x} \cdot A:$$

$$\bar{X}(231.854375 \text{ mm}^2) = 2480.4637890625 \text{ mm}^3$$

$$\bar{X} = \frac{2480.4637890625 \text{ mm}^3}{231.854375 \text{ mm}^2}$$

$$\bar{X} = 10.6984 \text{ mm}$$

$$\bar{Y} \cdot \sum A = \sum \bar{y} \cdot A:$$

$$\bar{Y}(231.854375 \text{ mm}^2) = 2480.4637890625 \text{ mm}^3$$

$$\bar{Y} = \frac{2480.4637890625 \text{ mm}^3}{231.854375 \text{ mm}^2}$$

$$\bar{Y} = 10.6984 \text{ m}$$

Hallando el momento de inercia: se realizan los siguientes cálculos (las variables  $h_1$ ,  $b_1$ ,  $h_2$ ,  $b_2$ , están en la Figura):

$$I_{Placa_1} = I_{Rectángulo} + A_1 \cdot (\bar{y}_1 - \bar{Y})^2 = \left( \frac{1}{12} (b_1) \cdot (h_1)^3 \right) + A_1 \cdot (\bar{y}_1 - \bar{Y})^2$$

$$I_{Placa_1} = \left( \frac{1}{12} (3.175 \text{ mm}) \cdot (38.1 \text{ mm})^3 \right) + 120.9675 \text{ mm}^2 \cdot (19.05 \text{ mm} - 10.6984 \text{ mm})^2$$

$$I_{x_{Placa_1}} = 23.0705 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_{Placa_2} = I_{Rectángulo} + A_2 \cdot (\bar{y}_2 - \bar{Y})^2 = \left( \frac{1}{12} (b_2) \cdot (h_2)^3 \right) + A_2 \cdot (\bar{y}_2 - \bar{Y})^2$$

$$I_{Placa_2} = \left( \frac{1}{12} (34.925 \text{ mm}) \cdot (3.175 \text{ mm})^3 \right) + 110.886875 \text{ mm}^2 \cdot (1.5875 \text{ mm} - 10.6984 \text{ mm})^2$$

$$I_{Placa_2} = 9.2977 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I = I_{Placa_1} + I_{Placa_2} = 23.0705 \times 10^3 \text{ mm}^4 + 9.2977 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

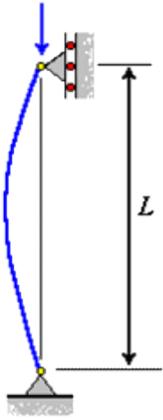
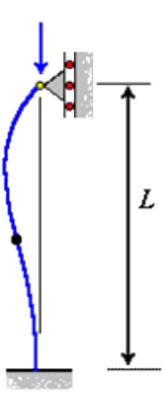
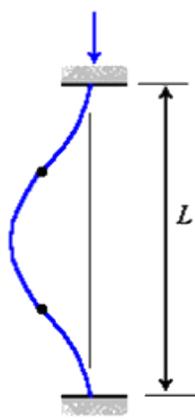
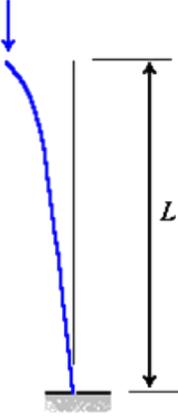
$$I = 32368.2 \text{ mm}^4 = 32.3682 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

El momento de inercia es igual en los tres Ejes (X,Y,Z) debido a que el perfil posee las alas iguales.

Los perfiles se utilizarán con una longitud de 0.608 metros para el armazón del bastidor, por consiguiente se sabe que:  $L = 0.608 \text{ m}$ .

El tipo de empotramiento es fijo en ambos extremos ya que es lo más aproximado al armazón del bastidor que se está diseñando; calculando la longitud efectiva, teniendo en cuenta los apoyos (parte inferior y parte superior) se llevan a cabo los siguientes cálculos:

Figura 29. Coeficientes de longitud efectiva

Columna articulada-articulada	Columna empotrada-articulada	Columna empotrada-empotrada	Columna empotrada-libre
			
$L_e = L$	$L_e = 0.699L$	$L_e = 0.5L$	$L_e = 2L$
$K = 1$	$K = 0.699$	$K = 0.5$	$K = 2$

Fuente: <http://www.google.com.co/longitudeseffectivas>

$$L_e = \frac{L}{2} = \frac{0.608 \text{ m}}{2} = 0.304 \text{ m}$$

El radio de giro es:

$$k = \sqrt{\frac{I}{A_{T\_perfil}}} = \sqrt{\frac{32.3682 \times 10^{-9} \text{ m}^4}{231.854375 \times 10^{-6} \text{ m}^2}} = 0.0118155 \text{ m} = 11.8155 \text{ mm}$$

La relación de esbeltez:

$$SR = \frac{L_e}{k} = \frac{0.304}{0.0118155} = 25.73$$

La constante de la columna se calcula teniendo en cuenta que el acero estructural ASTM – A36, que tiene un esfuerzo de fluencia ( $S_y$ ) de 250 Mpa y un módulo de elasticidad ( $E$ ) de 200 Gpa:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{S_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2(200 \times 10^9 \text{ pa})}{250 \times 10^6 \text{ pa}}} = 125.664$$

Como  $C_c > SR$ , entonces:

$$\sigma_{Crítico} = Sy \left[ 1 - \frac{Sy \cdot SR^2}{4\pi^2 \cdot E} \right] = (250 \times 10^6 \text{ pa}) \left[ 1 - \left( \frac{[(250 \times 10^6 \text{ pa})(25.73)^2]}{[4\pi^2 \cdot (200 \times 10^9 \text{ pa})]} \right) \right]$$

$$\sigma_{Crítico} = 245 \text{ Mpa}$$

Calculando la carga crítica:

$$P_{Crítica} = (A_{t\_perfil})(\sigma_{Crítico})$$

$$P_{Crítica} = (231.854375 \times 10^{-6} \text{ m}^2)(245 \times 10^6 \text{ pa}) = 56804.32 \text{ N} = 56.804 \text{ KN}$$

Conociendo la carga crítica de la columna se puede calcular el factor de seguridad de la estructura, lo que se realizará más adelante, cuando por medio de un programa se puedan hallar las fuerzas máximas en cada eslabón del armazón. Con las propiedades del perfil, se analiza la columna en MDSolids 3.5, comprobando los cálculos anteriormente realizados y verificando a su vez la viabilidad del diseño.

En la Figura 30 se muestra el perfil ingresado con el material respectivo Acero Estructural ASTM – A36 con un módulo de elasticidad ( $E = 200\text{Gpa}$ ), luego se da click en “*Compute*” y calcula las propiedades del perfil, de esta forma se verifica el área transversal, el momento de inercia y el radio de giro. A continuación se muestran los resultados:

Figura 30. Propiedades del perfil ingresado (Ejes X, Y, Z)

<b>Características generales</b>			
Elastic Modulus	E	200,0000	GPa
Area of shape	A	231,8544	mm <sup>2</sup>
Polar Moment of Inertia	J	64.736,4578	mm <sup>4</sup>
<b>Momentos de Inercia</b>			
Moment of Inertia	I <sub>x</sub>	32.368,2289	mm <sup>4</sup>
Moment of Inertia	I <sub>y</sub>	32.368,2289	mm <sup>4</sup>
Moment of Inertia	I <sub>z</sub>	32.368,2289	mm <sup>4</sup>
<b>Radios de giro</b>			
Radius of Gyration	r <sub>x</sub>	11,8155	mm
Radius of Gyration	r <sub>y</sub>	11,8155	mm
Radius of Gyration	r <sub>z</sub>	11,8155	mm

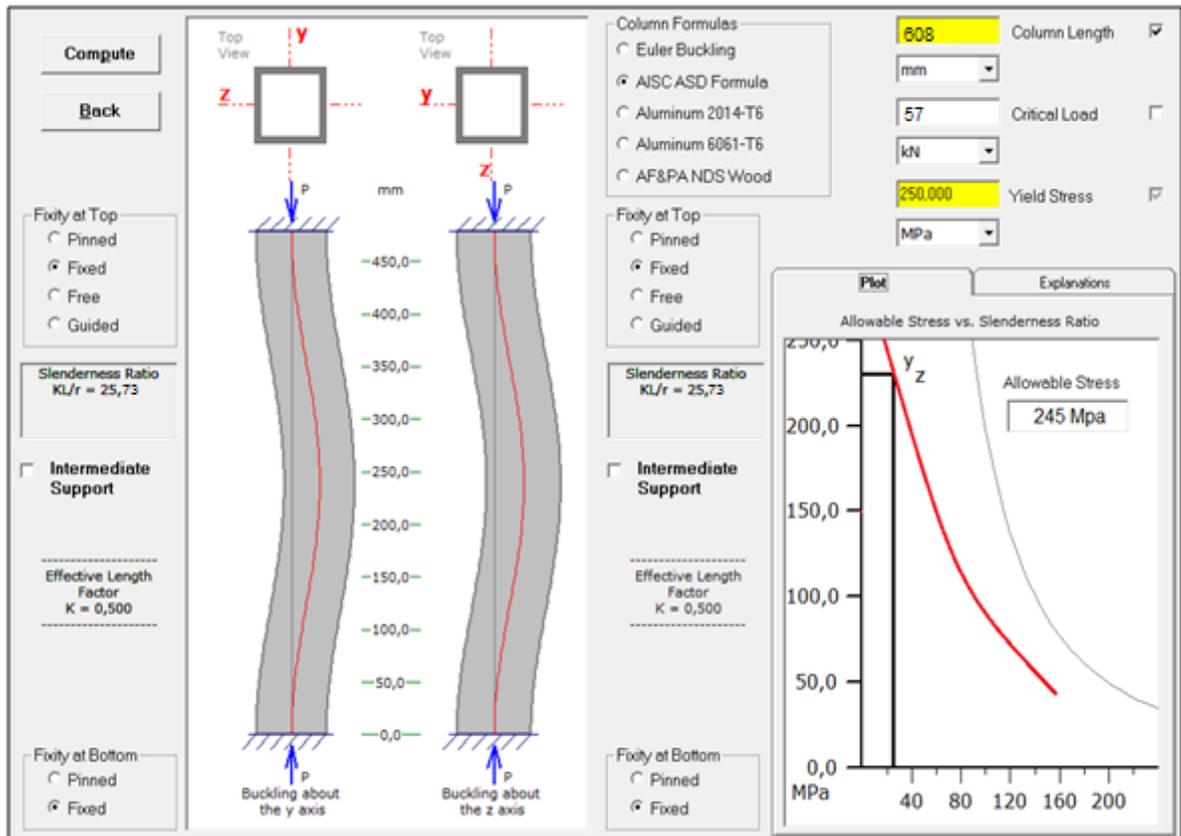
Fuente: simulación MDSolids 3.5

El programa para el perfil muestra las características del mismo en los tres ejes. Luego de tener estas propiedades hacemos click en “Back” y aparece la ventana de la Figura 31 donde es necesario seleccionar algunas opciones, e ingresar datos del material de los perfiles:

Fixity at top:	(Fijación parte superior)	= Fixed (Fijo)
Fixity at bottom:	(Fijación parte inferior)	= Fixed (Fijo)
Column formulas:	(Las fórmulas para columnas)	= AISC ASD Formula
Yield Stress (Mpa):	Resistencia a la tracción (Mpa)	= 250
Column Length (mm) :	Longitud columna (mm)	= 608

A continuación se hace click en la opción “Compute” donde se muestran todos los resultados de acuerdo al perfil cargado con sus respectivas propiedades y se puede analizar el diseño de la columna (Figura 31).

Figura 31. Resultados cálculo columna



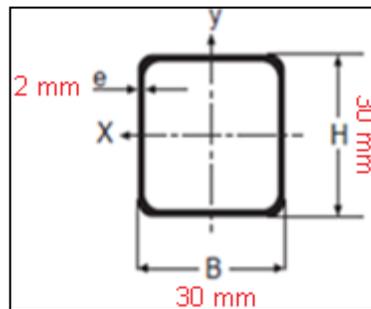
Fuente: simulación MDSolids 3.5

Con los resultados obtenidos en el programa se verifican los valores de: factor de longitud efectiva por los apoyos utilizados, la relación de esbeltez, la carga crítica y la constante de la columna.

En la parte inferior derecha se muestra una gráfica de *Relación de Esbeltez (Eje X) VS Esfuerzo Crítico (Eje Y)*, este esfuerzo crítico fue calculado utilizando las variables anteriormente mencionadas y es alto, lo cual indica que aguanta las cargas. Finalmente se establece que la columna es viable a las exigencias de diseño.

Los perfiles que se van a utilizar para unir las columnas, son cuadrados, por tanto:

Figura 32. Perfiles que serán utilizados horizontalmente: tubos cuadrados



Fuente: imagen realizada por el autor

Hallando el área transversal:

$$A_{T\_perfil} = (H \times B) - ((H - 2 \cdot e) \times (B - 2 \cdot e))$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$A_{T\_perfil} = (30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}) - ((30 \text{ mm} - 2 \cdot (2 \text{ mm})) \times (30 \text{ mm} - 2 \cdot (2 \text{ mm})))$$

$$A_{T\_perfil} = (30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}) - ((30 \text{ mm} - 4 \text{ mm}) \times (30 \text{ mm} - 4 \text{ mm}))$$

$$A_{T\_perfil} = (30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}) - (26 \text{ mm} \times 26 \text{ mm})$$

$$A_{T\_perfil} = 900 \text{ mm}^2 - 676 \text{ mm}^2 = 224 \text{ mm}^2 = 224 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Calculando el momento de inercia para los perfiles cuadrados:

$$I = \frac{1}{12} [(B \times (H)^3) - ((B - [2 \cdot e]) \times (H - [2 \cdot e]))^3]$$

$$I = \frac{1}{12} [(30 \text{ mm} \times (30 \text{ mm})^3) - ((30 \text{ mm} - 2 \cdot (2 \text{ mm})) \times (30 \text{ mm} - 2 \cdot (2 \text{ mm})))^3]$$

$$I = \frac{1}{12} [(30 \text{ mm} \times (30 \text{ mm})^3) - ((30 \text{ mm} - 4 \text{ mm}) \times (30 \text{ mm} - 4 \text{ mm}))^3]$$

$$I = \frac{1}{12} [(30 \text{ mm} \times (30 \text{ mm})^3) - (26 \text{ mm} \times (26 \text{ mm}))^3]$$

$$I = \frac{1}{12} [810000 \text{ mm}^4 - 456976 \text{ mm}^4] = \frac{1}{12} [353024 \text{ mm}^4]$$

$$I = 29419 \text{ mm}^4 = 2.9419 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

Luego en el proceso de diseño se define la configuración de los perfiles del armazón del bastidor y se calculan las coordenadas tridimensionales de todos los puntos de unión de las barras. Los resultados se muestran en la siguiente tabla (Tabla 12).

Tabla 12. Coordenadas de los nodos (medidas Banco Balístico) del bastidor

Elemento	Coordenadas (cm)			Elemento	Coordenadas (cm)		
Nodo	Eje Y	Eje X	Eje Z	Nodo	Eje Y	Eje X	Eje Z
1	0	0	0	6	50	64.80	0
2	0	0	59.40	7	50	64.80	59.40
3	50	0	0	8	50	0	59.40
4	0	64.80	0	9	50	0	9
5	0	64.80	59.40	10	50	64.80	9

Fuente: tabla realizada por el autor

Estas medidas fueron tomadas en INVENTOR al modelo planteado y seleccionado anteriormente, por tanto con estos datos se pudo armar el bastidor

en el programa para estructuras. Es importante recordar que el bastidor debe soportar la probeta y resistir los impactos de bala en el momento de las pruebas balísticas. Para el cálculo de esfuerzos en cada uno de los elementos, se usó el programa Cestri (cálculo de estructuras tridimensionales) versión 5.0, por su facilidad. A continuación se definen las barras o vigas que unen cada uno de los nodos del bastidor ubicados en las coordenadas X, Y, Z, anteriormente calculadas y los perfiles utilizados en cada caso.

Tabla 13. Definición de las barras o vigas que unen los nodos y forman el esqueleto del bastidor

Número de viga	Nodos articulados	Perfil utilizado	Número de viga	Nodos articulados	Perfil utilizado
1	3 – 1	Tubo cuadrado 30.2	9	8 – 9	Perfil 1.5"x2.5"x1/8"
2	6 – 4	Tubo cuadrado 30.2	10	9 – 3	Perfil 1.5"x2.5"x1/8"
3	8 – 2	Tubo cuadrado 30.2	11	7 – 10	Perfil 1.5"x2.5"x1/8"
4	7 – 5	Tubo cuadrado 30.2	12	10 – 6	Perfil 1.5"x2.5"x1/8"
5	1 – 4	Tubo cuadrado 30.2	13	2 -1	Perfil 1.5"x2.5"x1/8"
6	3 – 6	Tubo cuadrado 30.2	14	5 – 4	Perfil 1.5"x2.5"x1/8"
7	8 – 7	Tubo cuadrado 30.2	15	9 – 10	Perfil L (Soporte)
8	2 – 5	Tubo cuadrado 30.2			

Fuente: tabla realizada por el autor

Tabla 14. Características geometría de los perfiles adicionales al bastidor

Tipo de perfil	Material	Área (cm <sup>2</sup> )	Momentos de Inercia (cm <sup>4</sup> )			Radios de giro (cm)		
			Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
Perfil en L 1.5"x1.5"x1/8"	Acero Estructural A36(E = 200 Gpa)	2.32	3.24	3.24	3.24	1.182	1.182	1.182
Perfil en L (Soporte)	Acero Estructura A36 (E = 200 Gpa)	23	537.6	149.6	537.6	4.83	2.55	4.83

Fuente: tabla realizada por el autor

Estas características fueron ingresadas al programa Cestri para ensamblar el bastidor y calcular las fuerzas máximas de manera apropiada, respetando la

ubicación de los ejes. A continuación se muestran las cargas presentes y ligaduras asociadas:

Tabla 15. Cargas aplicadas al bastidor

Tipo de carga	Elemento	Nodos articulados	Dirección	Magnitud (kg)
Uniforme	Viga 15	9 – 10	Eje Z	-100

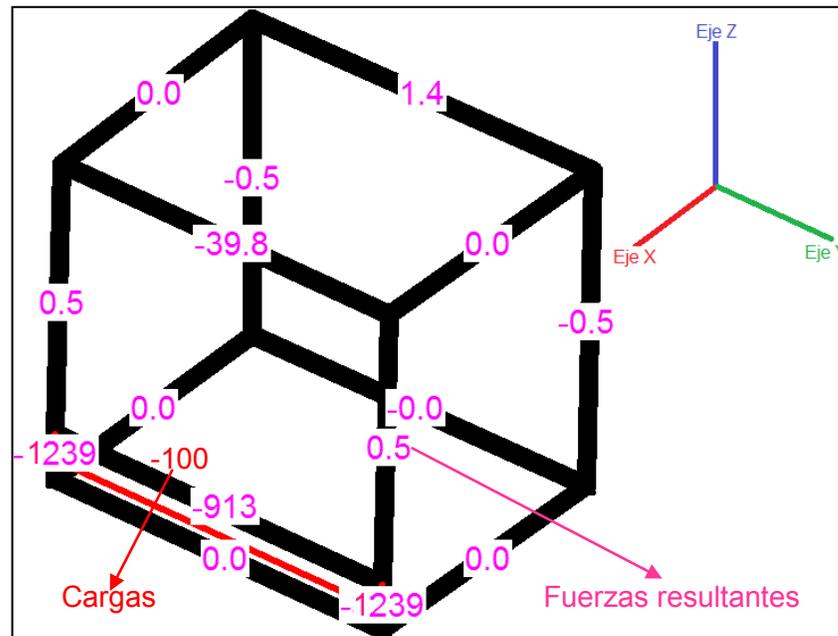
Fuente: tabla realizada por el autor

Tabla 16. Ligaduras del bastidor

Número de ligadura	Nodo vinculado	Tipo de ligadura
1	3	Rótula XYZ
2	1	Rótula XYZ
3	4	Rótula XYZ
4	6	Rótula XYZ

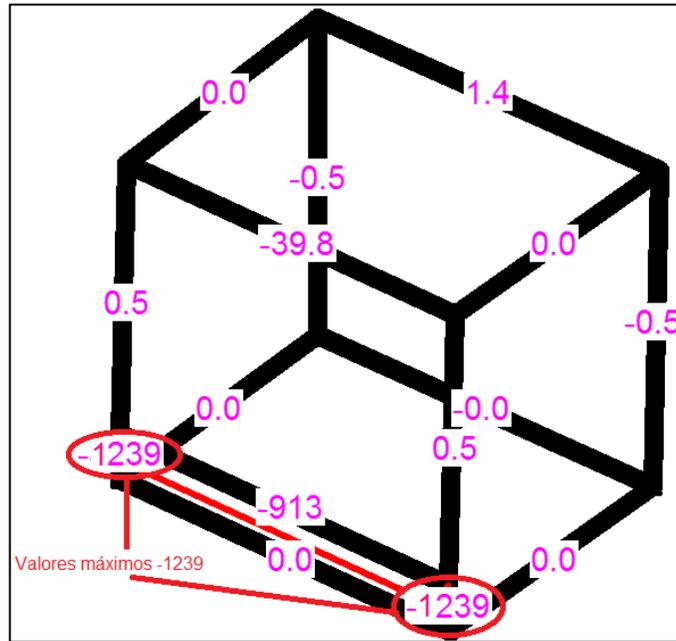
Fuente: tabla realizada por el autor

Figura 33. Fuerzas en cada eslabón del bastidor del Banco Balístico



Fuente: simulación programa Cestri

Figura 34. Fuerza máxima en la estructura del bastidor



Fuente: simulación programa Cestri

Tabla 17. Reacciones de la estructura del bastidor calculadas por el programa

Elemento Nodo	Coordenadas (cm)		Reacciones (Kgf)		
	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y	Eje Z
1	0	0	-0.01867	5.43926	-0.22446
4	0	64.80	0.01867	-5.43926	0.22446
3	50	0	0.009099	35.0905	1240
6	50	64.80	0.009099	-35.0905	1240

Observando la Tabla 17, se tiene que las reacciones máximas se encuentran en los apoyos delanteros del bastidor en el Eje Z (nodos 3 – 6), que tienen una magnitud de 1240 Kgf y están a tensión. Esta fuerza equivale a 12160.3 N, es decir, a 12.1603 KN, por tanto:

$$F_s = \frac{\text{Carga crítica columna}}{\text{Reacción máxima}} = \frac{P_{\text{Crítica}}}{\text{Reacción máxima}} = \frac{56.804 \text{ KN}}{12.1603 \text{ KN}} = 4.67 \approx 5$$

El factor de seguridad de las reacciones es apropiado para los requerimientos de diseño.

#### 4.1.2.3. Plataforma

### 21. Perfiles horizontales de la plataforma

Las vigas horizontales del Banco Balístico soportan el peso del bastidor con la probeta y permiten colocar los rieles con los carros, es decir, dan firmeza a la estructura. Los perfiles serán tubos cuadrados; en primera instancia se analizan las cargas presentes, luego se hallan las reacciones y finalmente se calculan las dimensiones requeridas del perfil. Se considera un solo perfil en representación del sistema (2 perfiles horizontales – 2 vigas) y se lleva a cabo el siguiente análisis:

$F_{Horizontal} = (\text{peso bastidor} + \text{peso bandeja} + \text{peso probeta} + \text{peso carros} + \text{peso buje} + \text{peso motor}) \cdot \text{gravedad}$

*Peso bastidor: 47 kg ; Peso bandeja: 12.2 kg*

*Peso probeta: 100 kg ; Peso buje: 5.454 kg*

*Peso motor: 2.5 kg*

*Peso de cada carro: 0.247 kg, son cuatro:*

*Peso carros:  $4 \cdot (0.247 \text{ kg}) = 0.988 \text{ kg} \approx 1 \text{ kg}$*

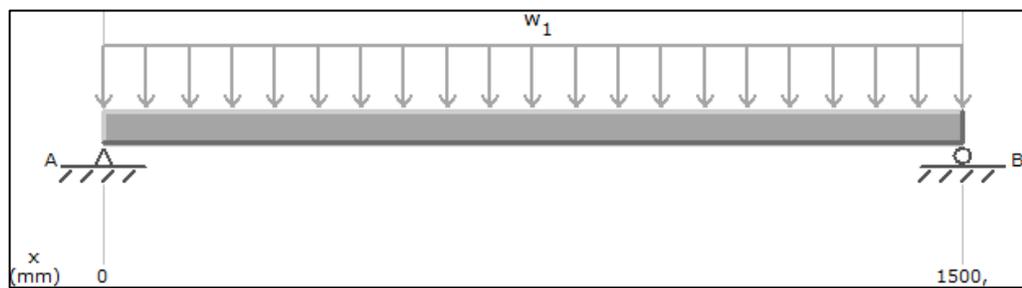
Calculando la fuerza total a la que se encuentra expuesta la viga:

$$F_{Horizontal} = (47 \text{ kg} + 12.2 \text{ kg} + 100 \text{ kg} + 5.454 \text{ kg} + 2.5 \text{ kg} + 1 \text{ kg}) \cdot (10 \text{ m/s}^2)$$

$$F_{horizontal} = (169 \text{ kg}) \cdot (10 \text{ m/s}^2) = 1690 \text{ N}$$

La carga es distribuida, y queda de la siguiente forma (Figura 18):

Figura 35. Carga a la que está expuesta la viga



Fuente: imagen realizada por el autor

Se puntualiza la carga calculada que está distribuida en toda la viga:

$$F_{Horizontal} = (1690 \text{ N/m})(1.5 \text{ m}) = 2535 \text{ N}$$

El programa MDSolids 3.5 permite calcular las reacciones según las fuerzas sobre el sistema, se obtuvo lo siguiente:

Figura 36. Reacciones en la viga

Reactions
A <sub>y</sub> = 1.267,50 N (up)
B <sub>y</sub> = 1.267,50 N (up)

Fuente: tabla realizada por el autor

Luego se calculan las reacciones y se verifica el resultado del programa:

$$\sum M_A = 0; -2535 \text{ N} \cdot (750 \times 10^{-3} \text{ m}) + B_y \cdot (1500 \times 10^{-3} \text{ m}) = 0$$

$$B_y = \frac{2535 \text{ N} \cdot (750 \times 10^{-3} \text{ m})}{1500 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$$B_y = 1267.5 \text{ N}$$

$$\sum F_Y = 0; A_y - 2535 \text{ N} + B_y = 0$$

$$A_y = 2535 \text{ N} - B_y = 2535 \text{ N} - 1267.5$$

$$A_y = 1267.5 \text{ N}$$

Se establece la coherencia entre los valores de las reacciones del programa y los cálculos matemáticos llevados a cabo; a continuación se hallan los diagramas de cortante y momento que permitirán establecer cómo se puede ver afectada la viga, por las fuerzas.

*Cálculo de la fuerza cortante:*

$$\sum F_y = 0;$$

$$0 - V_0 = 0$$

$$0 - V_1 = 0$$

$$V_1 = 0$$

$$1267.5 N - V_2 = 0$$

$$V_2 = 1267.5 N$$

$$1267.5 N - V_3 = 0$$

$$V_3 = 1267.5$$

$$1267.5 N - \left(1690 \frac{N}{m}\right)(0.750 m) - V_4 = 0$$

$$V_4 = 0$$

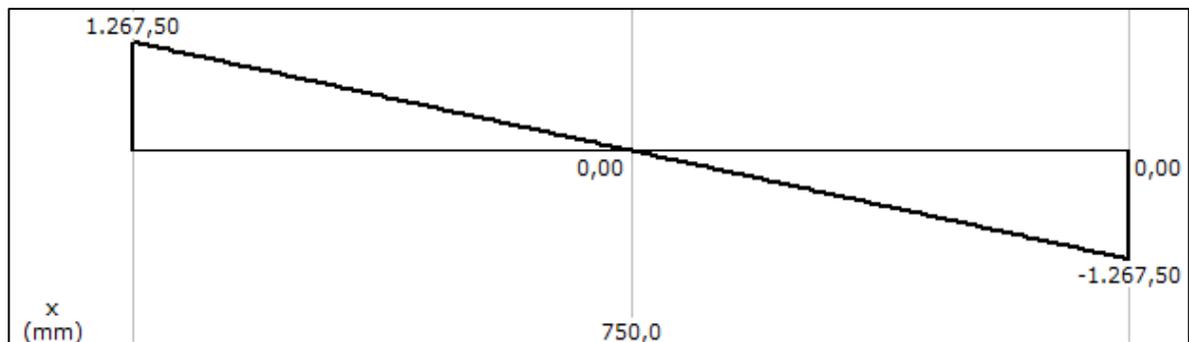
$$V_5 = -V_3 = -1267.5 N$$

$$V_6 = -V_2 = -1267.5 N$$

$$V_7 = V_1 = 0$$

$$V_8 = V_0 = 0$$

Figura 37. Diagrama de cortante de la viga



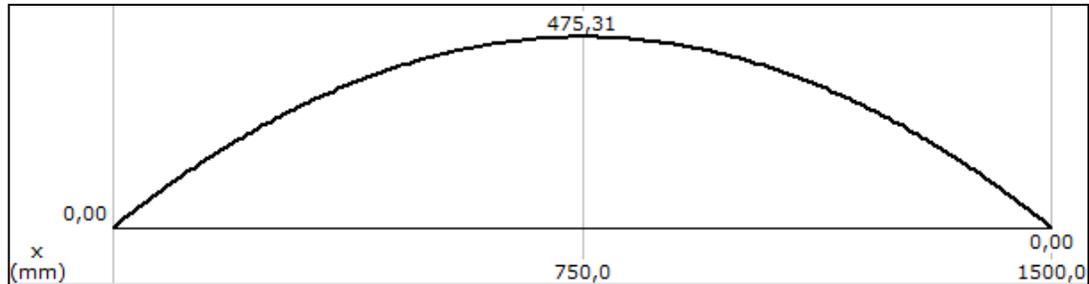
Fuente: imagen realizada por el autor

Analizando la Figura 28, se determina entonces que la fuerza máxima a la que se encuentra la viga es de:

$$F_{Máx} = 1267 N$$

Cálculo del momento:

Figura 38. Diagrama de momento de la viga

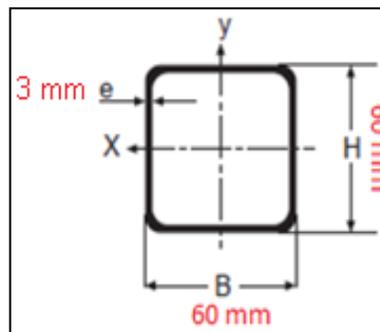


Fuente: imagen realizada por el autor

Analizando la gráfica se tiene entonces que el momento es:  $M = 475.31 \text{ N} \cdot \text{m}$ .

El material utilizado para diseñar las vigas es: ACERO ESTRUCTURAL (ASTM – A36) Resistencia última: 400 Mpa ; Resistencia a la fluencia: 250 Mpa. Calculando el área transversal del perfil:

Figura 39. Perfiles que serán utilizados horizontalmente: tubos cuadrados



Fuente: imagen realizada por el autor

$$A_{T\_perfil} = (H \times B) - ((H - 2 \cdot e) \times (B - 2 \cdot e))$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$A_{T\_perfil} = (60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}) - ((60 \text{ mm} - 2 \cdot (3 \text{ mm})) \times (60 \text{ mm} - 2 \cdot (3 \text{ mm})))$$

$$A_{T\_perfil} = (60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}) - ((60 \text{ mm} - 6 \text{ mm}) \times (60 \text{ mm} - 6 \text{ mm}))$$

$$A_{T\_perfil} = (60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}) - (54 \text{ mm} \times 54 \text{ mm})$$

$$A_{T\_perfil} = 3600 \text{ mm}^2 - 2916 \text{ mm}^2 = 684 \text{ mm}^2 = 684 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$T_m = \frac{F_{M\acute{a}x}}{A_{T\_perfil}} = \frac{1267 \text{ N}}{684 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 1.85 \text{ Mpa}$$

$$T_m < \text{Resistencia \acute{u}ltima}$$

$$1.85 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa}$$

Como el esfuerzo calculado ( $T_m$ ) es menor al esfuerzo de fluencia ( $S_y$ ), la viga es admisible y el dise\u00f1o es viable.

Calculando el momento de inercia:

$$I = \frac{1}{12} [(B \times (H)^3) - ((B - [2 \cdot e]) \times (H - [2 \cdot e])^3)]$$

$$I = \frac{1}{12} [(60 \text{ mm} \times (60 \text{ mm})^3) - ((60 \text{ mm} - 2 \cdot (3 \text{ mm})) \times (60 \text{ mm} - 2 \cdot (3 \text{ mm}))^3)]$$

$$I = \frac{1}{12} [(60 \text{ mm} \times (60 \text{ mm})^3) - ((60 \text{ mm} - 6 \text{ mm}) \times (60 \text{ mm} - 6 \text{ mm})^3)]$$

$$I = \frac{1}{12} [(60 \text{ mm} \times (60 \text{ mm})^3) - (54 \text{ mm} \times (54 \text{ mm})^3)]$$

$$I = \frac{1}{12} [12960000 \text{ mm}^4 - 8503056 \text{ mm}^4]$$

$$I = \frac{1}{12} [4456944 \text{ mm}^4] = 371412 \text{ mm}^4 = 3.71412 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

Teniendo en cuenta el radio del perfil:

$$y = \frac{\text{Altura}}{2} = \frac{H}{2} = \frac{60 \text{ mm}}{2} = 30 \text{ mm} = 30 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Hallando el máximo momento elástico que puede soportar la viga y comparando el momento hallado en la Figura 20:

$$M < M_y$$

$$M_y = \frac{I}{y} \cdot S_y = \left( \frac{3.71412 \times 10^{-7} \text{ m}^4}{30 \times 10^{-3} \text{ m}} \right) \cdot (250 \times 10^6 \text{ N/m}^2)$$

$$475.31 \text{ N} \cdot \text{m} < 3095.1 \text{ N} \cdot \text{m} \text{ (el diseño es viable)}$$

Hallando el esfuerzo admisible:

$$\sigma_{Adm} = \frac{M \cdot y}{I} = \frac{(475.31 \text{ N} \cdot \text{m})(30 \times 10^{-3} \text{ m})}{3.71412 \times 10^{-7} \text{ m}^4} = 38.4 \text{ Mpa}$$

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{Adm}} = \frac{250 \times 10^6 \text{ pa}}{38.4 \times 10^6 \text{ pa}} = 6.5$$

El procedimiento de cálculo se iteró para obtener el factor de seguridad requerido, y plantear un buen diseño.

*Cálculo de la pendiente:*

La pendiente se calcula utilizando la siguiente fórmula que involucra la carga, las reacciones de la viga, el módulo de elasticidad del material ( $E = 200 \text{ Gpa}$ ) y el momento de inercia del perfil a utilizar:

$$\theta = \frac{\frac{A_y}{2}(x - 0 \text{ mm})^2 + \frac{B_y}{2}(x - 1500 \text{ mm})^2 - A_c|_0 - \frac{F}{6}(x - 0 \text{ mm})^3 + \frac{F}{6}(x - 1500 \text{ mm})^3}{E \cdot I}$$

Reemplazando se tiene:

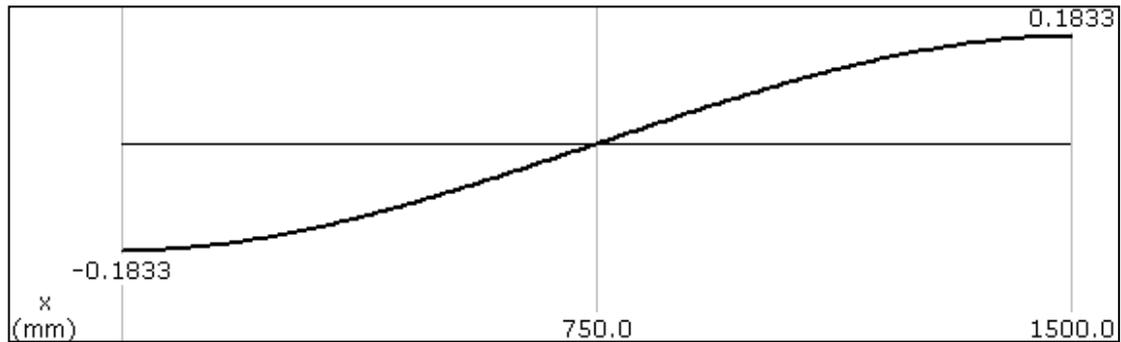
$$A_c = 237656250 \text{ (pendiente en } x = 0)$$

$$\theta = \frac{\frac{1267.5 \text{ N}}{2}(x - 0 \text{ mm})^2 + \frac{1267.5 \text{ N}}{2}(x - 1500 \text{ mm})^2 - 237656250 - \frac{1.69 \frac{\text{N}}{\text{mm}}}{6}(x - 0 \text{ mm})^3 + \frac{1.69 \frac{\text{N}}{\text{mm}}}{6}(x - 1500 \text{ mm})^3}{(200000 \text{ N/mm}^2) \cdot 371412 \text{ mm}^4}$$

$$\theta = 0.003199 \text{ radianes} \cdot (180 \text{ grados}/\pi \text{ radianes})$$

$$\theta = 0.1833 \text{ grados}$$

Figura 40. Diagrama pendiente de la viga



Fuente: imagen realizada por el autor

*Cálculo de la deflexión:*

La deflexión se calcula utilizando la siguiente fórmula:

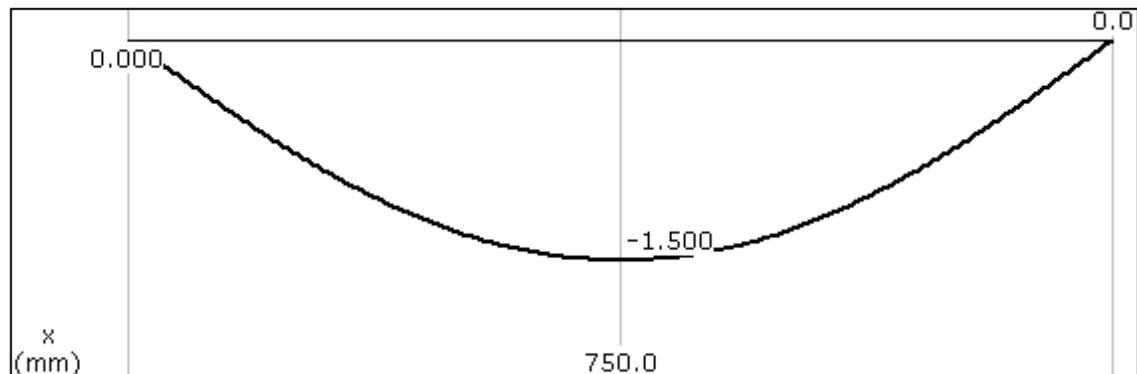
$$\kappa = \frac{\frac{A_y}{6}(x - 0 \text{ mm})^3 + \frac{B_y}{6}(x - 1500 \text{ mm})^3 - (A_c)x - \frac{F}{24}(x - 0 \text{ mm})^4 + \frac{F}{24}(x - 1500 \text{ mm})^4}{E \cdot I}$$

Reemplazando se tiene,  $A_c$ : pendiente en  $x = 0$ :

$$\kappa = \frac{\frac{1267.5 \text{ N}}{6}(x - 0 \text{ mm})^3 + \frac{1267.5 \text{ N}}{6}(x - 1500 \text{ mm})^3 - 237656250x - \frac{1.69 \frac{\text{N}}{\text{mm}}}{24}(x - 0 \text{ mm})^4 + \frac{1.69 \frac{\text{N}}{\text{mm}}}{24}(x - 1500 \text{ mm})^4}{(200000 \text{ N/mm}^2) \cdot 371412 \text{ mm}^4}$$

$$\kappa = -1.5 \text{ mm}$$

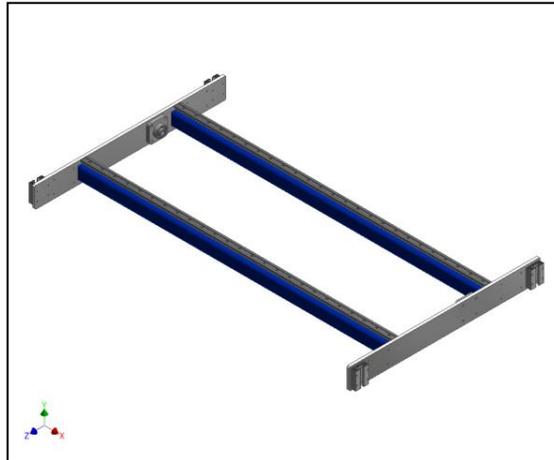
Figura 41. Diagrama de deflexión de la viga



Fuente: imagen realizada por el autor

Analizando las gráficas anteriores, se concluye que la pendiente y la deflexión son muy pequeñas, lo que garantiza que la viga soporta la carga distribuida.

Figura 42. Perfiles horizontales hechos en Autodesk Inventor

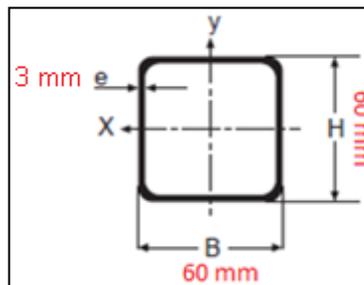


Fuente: imagen realizada por el autor

## 22. Perfiles verticales de la plataforma

Las vigas verticales trabajarán como columnas, y soportarán no sólo el bastidor, sino también la bandeja y los perfiles horizontales. Serán tubos cuadrados y se hallarán las dimensiones requeridas, por tanto se analiza un solo perfil en representación del sistema (4 perfiles verticales) y se lleva a cabo el siguiente análisis:

Figura 43. Perfiles que serán utilizados verticalmente: tubos cuadrados



Fuente: imagen realizada por el autor

Calculando el área transversal:

$$A_{T\_perfil} = (H \times B) - ((H - [2 \cdot e]) \times (B - [2 \cdot e]))$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$A_{T\_perfil} = (60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}) - ((60 \text{ mm} - 2 \cdot (3 \text{ mm})) \times (60 \text{ mm} - 2 \cdot (3 \text{ mm})))$$

$$A_{T\_perfil} = (60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}) - ((60 \text{ mm} - 6 \text{ mm}) \times (60 \text{ mm} - 6 \text{ mm}))$$

$$A_{T\_perfil} = (60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}) - (54 \text{ mm} \times 54 \text{ mm})$$

$$A_{T\_perfil} = 3600 \text{ mm}^2 - 2916 \text{ mm}^2 = 684 \text{ mm}^2 = 684 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Calculando el momento de inercia:

$$I = \frac{1}{12} [(B \times (H)^3) - ((B - 2 \cdot e) \times (H - 2 \cdot e)^3)]$$

$$I = \frac{1}{12} [(60 \text{ mm} \times (60 \text{ mm})^3) - ((60 \text{ mm} - 2 \cdot (3 \text{ mm})) \times (60 \text{ mm} - 2 \cdot (3 \text{ mm}))^3)]$$

$$I = \frac{1}{12} [(60 \text{ mm} \times (60 \text{ mm})^3) - ((60 \text{ mm} - 6 \text{ mm}) \times (60 \text{ mm} - 6 \text{ mm})^3)]$$

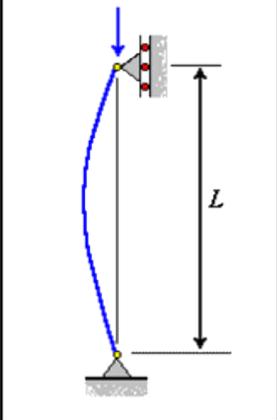
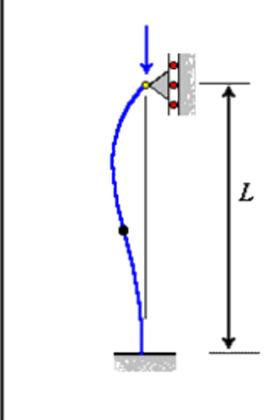
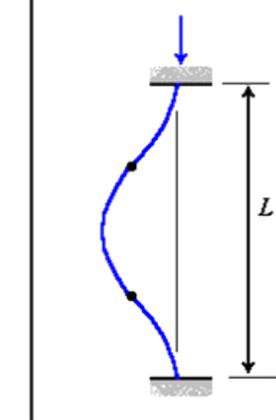
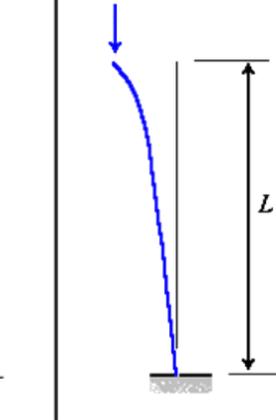
$$I = \frac{1}{12} [(60 \text{ mm} \times (60 \text{ mm})^3) - (54 \text{ mm} \times (54 \text{ mm})^3)]$$

$$I = \frac{1}{12} [12960000 \text{ mm}^4 - 8503056 \text{ mm}^4]$$

$$I = \frac{1}{12} [4456944 \text{ mm}^4] = 371412 \text{ mm}^4 = 3.71412 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

Los perfiles se utilizarán con una longitud de 1.360 metros para el movimiento vertical, por consiguiente se sabe que:  $L = 1.360 \text{ m}$ . El tipo de empotramiento es fijo en ambos extremos ya que es lo más aproximado al sistema que se está diseñando, calculando la longitud efectiva se tiene:

Figura 44. Coeficientes de longitud efectiva

Columna articulada-articulada	Columna empotrada-articulada	Columna empotrada-empotrada	Columna empotrada-libre
			
$L_e = L$ K = 1	$L_e = 0.699L$ K = 0.699	$L_e = 0.5L$ K = 0.5	$L_e = 2L$ K = 2

Fuente: <http://www.google.com.co/longitudeseffectivas>

$$L_e = \frac{L}{2} = \frac{1.360 \text{ m}}{2} = 0.68 \text{ m}$$

El radio de giro es:

$$k = \sqrt{\frac{I}{A_{T\_perfil}}} = \sqrt{\frac{3.71412 \times 10^{-7} \text{ m}^4}{684 \times 10^{-6} \text{ m}^2}} = 0.02330 \text{ m} = 23.30 \text{ mm}$$

La relación de esbeltez:

$$SR = \frac{L_e}{k} = \frac{0.68}{0.02330} = 29.18$$

La constante de la columna se calcula teniendo en cuenta que el acero estructural ASTM – 36, que tiene un esfuerzo de fluencia ( $S_y$ ) de 250 Mpa y un módulo de elasticidad ( $E$ ) de 200 Gpa:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{S_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2(200 \times 10^9 \text{ pa})}{250 \times 10^6 \text{ pa}}} = 125.664$$

Como  $C_c > SR$ , entonces:

$$\sigma_{Crítico} = Sy \left[ 1 - \frac{Sy \cdot SR^2}{4\pi^2 \cdot E} \right] = (250 \times 10^6 \text{ pa}) \left[ 1 - \frac{[(250 \times 10^6 \text{ pa})(29.18)^2]}{[4\pi^2 \cdot (200 \times 10^9 \text{ pa})]} \right]$$

$$\sigma_{Crítico} = 243.3 \text{ Mpa}$$

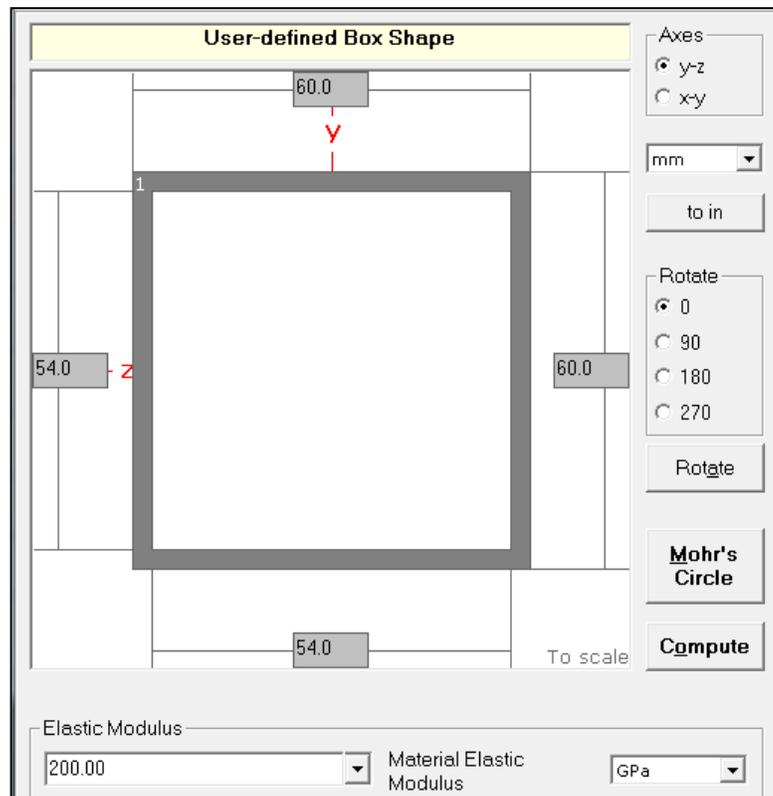
Calculando la carga crítica:

$$P_{Crítica} = (A_{t\_perfil})(\sigma_{Crítico})$$

$$P_{Crítica} = (684 \times 10^{-6} \text{ m})(243.3 \times 10^6 \text{ pa}) = 166417 \text{ N} = 166.417 \text{ KN}$$

Conociendo la carga crítica de la columna se puede calcular el factor de seguridad de la estructura, lo que se realizará más adelante. Con las propiedades del perfil, se analiza la columna en MDSolids 3.5, comprobando los cálculos anteriormente realizados.

Figura 45. Medidas perfil cuadrado ingresadas



Fuente: simulación MDSolids 3.5

En la Figura 35 se muestra el perfil ingresado con el material respectivo Acero Estructural ASTM – A36 con un módulo de elasticidad ( $E = 200\text{Gpa}$ ), luego se da click en “*Compute*” y calcula las propiedades del perfil, de esta forma se verifica el área transversal, el momento de inercia y el radio de giro. A continuación se muestran los resultados:

Figura 46. Propiedades del perfil ingresado (Ejes X, Y, Z)

<u>Características generales</u>			
Elastic Modulus	E	200.0000	GPa
Area of shape	A	684.0000	mm <sup>2</sup>
Polar Moment of Inertia	J	742,824.0000	mm <sup>4</sup>
<u>Momentos de Inercia</u>			
Moment of Inertia	I <sub>x</sub>	371,412.0000	mm <sup>4</sup>
Moment of Inertia	I <sub>y</sub>	371,412.0000	mm <sup>4</sup>
Moment of Inertia	I <sub>z</sub>	371,412.0000	mm <sup>4</sup>
<u>Radio de giro</u>			
Radius of Gyration	r <sub>x</sub>	23.3024	mm
Radius of Gyration	r <sub>y</sub>	23.3024	mm
Radius of Gyration	r <sub>z</sub>	23.3024	mm

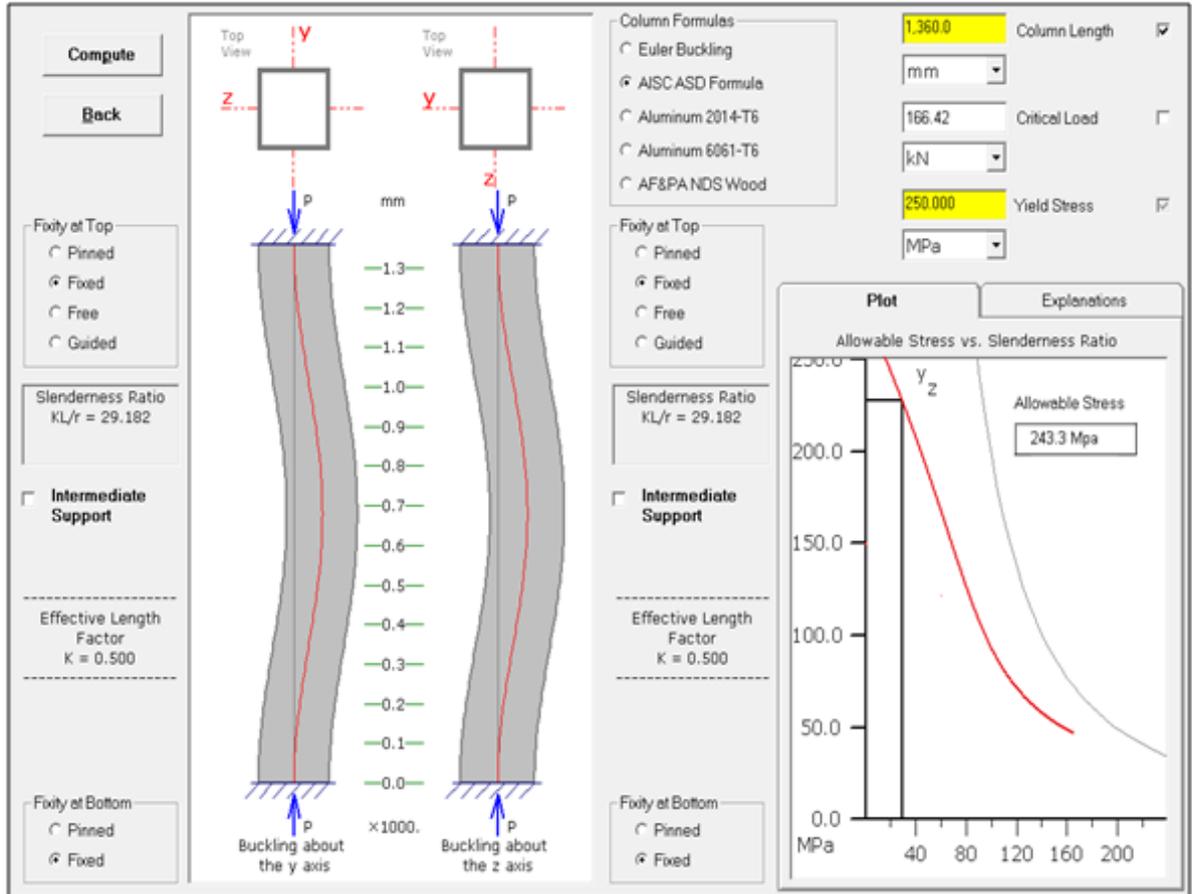
Fuente: simulación MDSolids 3.5

El programa para el perfil muestra las características del mismo en los tres ejes. Luego de tener estas propiedades hacemos click en “*Back*” y aparece la ventana de la Figura 37 donde es necesario seleccionar algunas opciones, e ingresar datos del material de los perfiles:

Fixity at top:	(Fijación parte superior)	= Fixed (Fijo)
Fixity at bottom:	(Fijación parte inferior)	= Fixed (Fijo)
Column formulas:	(Las fórmulas para columnas)	= AISC ASD Formula
Yield Stress (Mpa):	Resistencia a la tracción (Mpa)	= 250
Column Length (mm) :	Longitud columna (mm)	= 1360

A continuación se hace click en la opción “*Compute*” donde nos muestra todos los resultados de acuerdo al perfil cargado con sus respectivas propiedades y se puede analizar el diseño de la columna (Figura 27).

Figura 47. Resultados cálculo columna



Fuente: simulación MDSolids 3.5

Con los resultados obtenidos en el programa se verifican los valores de: factor de longitud efectiva por los apoyos utilizados, la relación de esbeltez, la carga crítica y la constante de la columna.

En la parte inferior derecha se muestra una gráfica de *Relación de Esbeltez (Eje X) VS Esfuerzo Crítico (Eje Y)*, este esfuerzo crítico fue calculado utilizando las variables anteriormente mencionadas y es alto, lo cual indica que aguanta las cargas. Finalmente se establece que la columna es viable a las exigencias de diseño.

Definida la configuración de los perfiles de la estructura se calculan las coordenadas tridimensionales de todos los puntos de unión de las barras. Los resultados se muestran en la siguiente tabla (Tabla 18).

Tabla 18. Coordenadas de los nodos (medidas Banco Balístico) de la plataforma

Elemento	Coordenadas (cm)			Elemento	Coordenadas (cm)		
Nodo	Eje Y	Eje X	Eje Z	Nodo	Eje Y	Eje X	Eje Z
1	0	0	0	23	7.65	0	136
2	0	174	0	24	84.35	0	136
3	92	0	0	25	84.35	174	27.90
4	92	174	0	26	7.65	174	136
5	0	0	27.90	27	84.35	0	100
6	92	0	27.90	28	92	0	100
7	92	174	27.90	29	84.35	174	100
8	0	174	27.90	30	7.65	0	27.90
9	16.60	0	0	31	0	0	100
11	16.60	0	27.90	32	7.65	0	100
12	75.40	0	27.90	33	75.40	0	100
13	16.60	174	0	34	92	174	100
14	75.40	174	0	35	0	174	100
15	16.60	174	27.90	36	7.65	174	100
16	75.40	174	27.90	37	84.35	62	100
17	0	0	136	38	84.35	112	100
18	92	0	136	39	7.65	62	100
19	0	174	136	40	7.65	112	100
20	92	174	136	41	42.18	62	100
21	7.65	174	27.90	42	42.18	112	100
22	84.35	0	27.90	43	84.35	174	136

Fuente: tabla realizada por el autor

Estas medidas fueron tomadas en INVENTOR, por tanto con estos datos se pudo armar el Banco Balístico en el programa para estructuras.

Para el cálculo de esfuerzos en cada uno de los elementos, se usó de nuevo el programa Cestri (cálculo de estructuras tridimensionales) versión 5.0 desarrollado en la Universidad de Navarra por Juan Tomás Celigüeta, el cual efectúa el análisis de estructuras reticulares de cualquier tipo, como celosías, pórticos o vigas. El programa utiliza el método de rigidez, por su sencillez de programación mostrando los nodos, barras, juntas y cargas de la estructura, además es de libre uso.

Tabla 19. Definición de las barras o vigas que unen los nodos en la plataforma

Número de viga	Nodos articulados	Perfil utilizado (mm)	Número de viga	Nodos articulados	Perfil utilizado (mm)
1	4 – 14	Tubo cuadrado 60.3	34	28 – 27	Placa 100x12 - Vert.
2	14 – 13	Tubo cuadrado 60.3	35	27 – 32	Placa 100x12 - Vert.
3	13 – 2	Tubo cuadrado 60.3	36	32 – 31	Placa 100x12 - Vert.
4	3 – 33	Tubo cuadrado 60.3	37	7 – 25	Placa 100x12 - Horiz.
5	33 – 9	Tubo cuadrado 60.3	38	25 – 16	Placa 100x12 - Horiz.
6	9 – 1	Tubo cuadrado 60.3	39	16 – 15	Placa 100x12 - Horiz.
7	1 – 2	Tubo cuadrado 60.3	40	15 – 21	Placa 100x12 - Horiz.
8	3 – 4	Tubo cuadrado 60.3	41	21 – 8	Placa 100x12 - Horiz.
9	16 – 14	Tubo cuadrado 60.3	42	5 – 30	Placa 100x12 - Horiz.
10	15 – 13	Tubo cuadrado 60.3	43	30 – 11	Placa 100x12 - Horiz.
11	12 – 33	Tubo cuadrado 60.3	44	11 – 12	Placa 100x12 - Horiz.
12	11 – 9	Tubo cuadrado 60.3	45	12 – 22	Placa 100x12 - Horiz.
13	18 – 28	Tubo cuadrado 60.3	46	22 – 6	Placa 100x12 - Horiz.
14	28 – 6	Tubo cuadrado 60.3	47	18 – 24	Placa 100x12 - Horiz.
15	6 – 3	Tubo cuadrado 60.3	48	24 – 23	Placa 100x12 - Horiz.
16	20 - 34	Tubo cuadrado 60.3	49	23 – 17	Placa 100x12 - Horiz.
17	34 – 7	Tubo cuadrado 60.3	50	20 – 43	Placa 100x12 - Horiz.
18	7 – 4	Tubo cuadrado 60.3	51	43 – 26	Placa 100x12 - Horiz.
19	19 – 35	Tubo cuadrado 60.3	52	26 – 19	Placa 100x12 - Horiz.
20	35 – 8	Tubo cuadrado 60.3	53	37 – 41	Placa 100x12 - Horiz.
21	8 – 2	Tubo cuadrado 60.3	54	41 – 39	Placa 100x12 - Horiz.
22	17 – 31	Tubo cuadrado 60.3	55	38 – 42	Placa 100x12 - Horiz.
23	31 – 5	Tubo cuadrado 60.3	56	42 – 40	Placa 100x12 - Horiz.
24	5 – 1	Tubo cuadrado 60.3	57	41 – 42	Placa 100x12 - Horiz.
25	27 – 37	Tubo cuadrado 60.3	58	43 – 29	Cilíndrico D = 25
26	37 – 38	Tubo cuadrado 60.3	59	29 – 25	Cilíndrico D = 25
27	38 – 29	Tubo cuadrado 60.3	60	26 – 36	Cilíndrico D = 25
28	32 – 39	Tubo cuadrado 60.3	61	36 – 21	Cilíndrico D = 25
29	39 – 40	Tubo cuadrado 60.3	62	24 – 27	Cilíndrico D = 25
30	40 – 36	Tubo cuadrado 60.3	63	27 – 22	Cilíndrico D = 25
31	34 – 29	Placa 100x12 - Vert.	64	23 – 32	Cilíndrico D = 25
32	29 – 36	Placa 100x12 - Vert.	65	32 – 30	Cilíndrico D = 25
33	36 – 35	Placa 100x12 - Vert.			

Fuente: tabla realizada por el autor

Nota: los perfiles cilíndricos se utilizaron para simular los tornillos de potencia y las placas para simular los elementos que unen los perfiles y los carros.

Tabla 20. Características geometría de los perfiles adicionales a la plataforma

Tipo de perfil	Material	Área (cm <sup>2</sup> )	Momentos de Inercia (cm <sup>4</sup> )			Radios de giro (cm)		
			Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
Placa 100 mm x 12 mm - Vertical	Acero AISI 1040 (E = 207 Gpa)	12	1.44	100	1.44	0.346	2.88	0.346
Placa 100 mm x 12 mm - Horizontal	Acero AISI 1040 (E = 207 Gpa)	12	100	1.44	100	2.88	0.346	2.88
Cilíndrico Diámetro = 25 mm	Acero AISI 1040 (E = 207 Gpa)	4.91	1.92	1.92	1.92	0.625	0.625	0.625

Fuente: tabla realizada por el autor

Estas características fueron ingresadas al programa Cestri para ensamblar la plataforma y calcular las fuerzas máximas de manera apropiada, respetando la ubicación de los ejes. A continuación se muestran las cargas y ligaduras:

Tabla 21. Cargas aplicadas a la plataforma

Tipo de carga	Elemento	Nodos articulados	Dirección	Magnitud (kg)
Uniforme	Viga 26	37 – 38	Eje Z	-100
Uniforme	Viga 57	41 – 42	Eje Z	-69

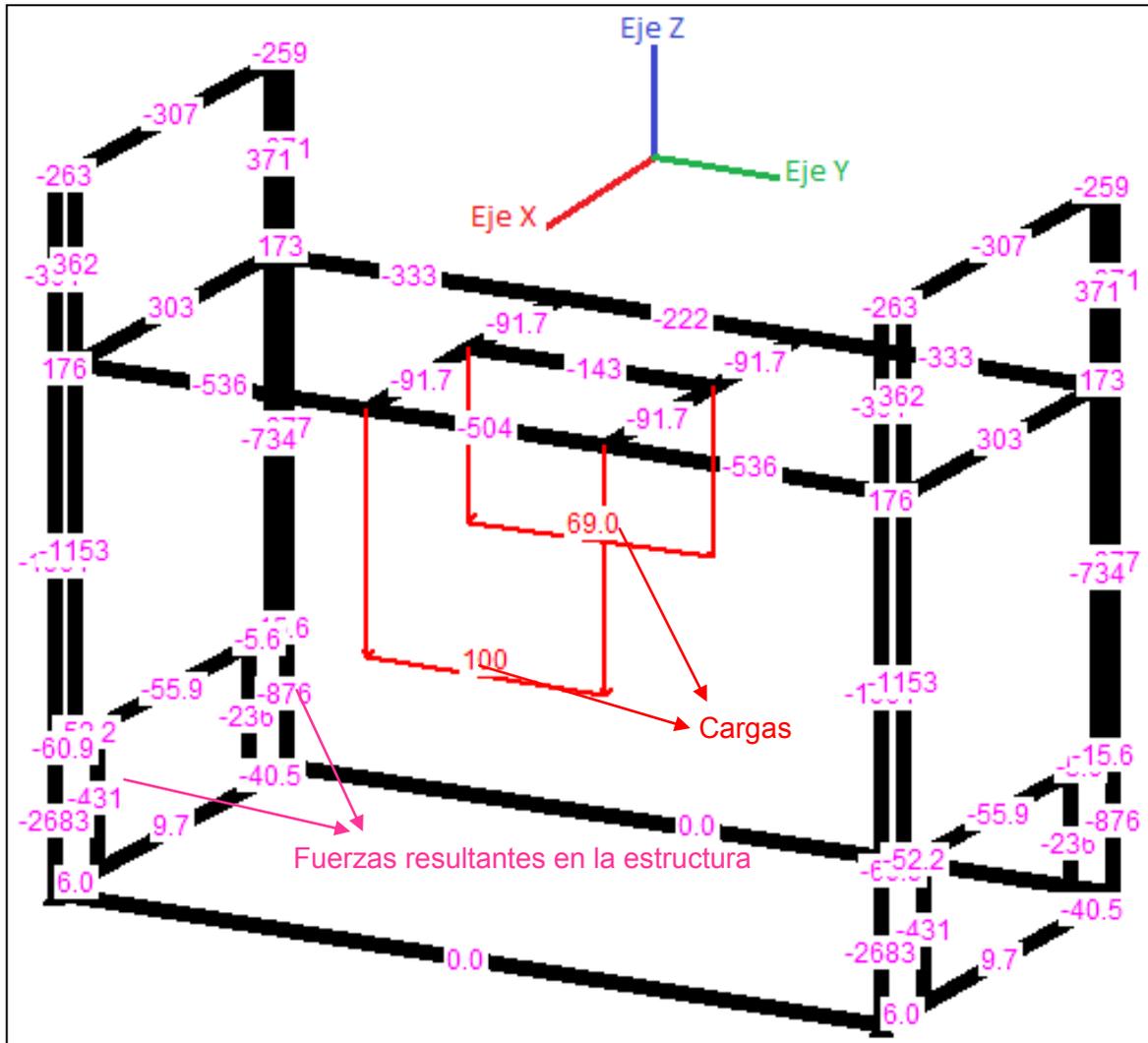
Fuente: tabla realizada por el autor

Tabla 22. Ligaduras de la plataforma

Número de ligadura	Nodo vinculado	Tipo de ligadura
1	3	Rótula XYZ
2	1	Rótula XYZ
3	4	Rótula XYZ
4	2	Rótula XYZ

Fuente: tabla realizada por el autor

Figura 48. Fuerzas en cada eslabón de la plataforma del Banco Balístico



Fuente: simulación programa Cestri

Una vez definidos los nodos, dibujadas las barras y definidos los apoyos, se ubican las cargas, y se obtienen resultados de los esfuerzos y reacciones (Figura 38). Se puede observar el equilibrio en las cargas a los lados de la estructura del Banco Balístico de Pruebas, donde hay simetría, lo que demuestra la viabilidad del diseño.

Los resultados de las reacciones en los cuatro apoyos principales se tienen a continuación, en donde se busca el mayor para hallar el factor de seguridad.

Tabla 23. Reacciones de la estructura plataforma calculadas por el programa

Elemento	Coordenadas (cm)		Reacciones (Kgf)		
	Nodo	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y
1	0	0	141.984	322.19	1142.01
2	0	174	141.984	-322.19	1142.01
3	92	0	-141.984	546.995	3082.99
4	92	174	-141.984	-546.995	3082.99

Fuente: tabla realizada por el autor

Observando la tabla 24, se tiene que las reacciones máximas se encuentran en los apoyos delanteros del Banco Balístico en el eje Z (nodos 3 – 4), que tienen una magnitud de 3082.99 Kgf y están a tensión. Esta fuerza equivale a 30234 N, es decir, a 30.234 KN, por tanto:

$$F_s = \frac{\text{Carga crítica columna}}{\text{Reacción máxima}} = \frac{P_{\text{Crítica}}}{\text{Reacción máxima}} = \frac{166.42 \text{ KN}}{30.234 \text{ KN}} = 5.50$$

El factor de seguridad de las reacciones es apropiado para los requerimientos de diseño de la estructura.

Las fuerzas más altas de toda la estructura están en los perfiles cilíndricos que simulan los tornillos de potencia y en los perfiles cuadrados verticales de la parte delantera del Banco Balístico. En los perfiles cilíndricos hay fuerzas intermedias, en los cuadrados se encuentran las máximas que tienen una magnitud de 2683 Kgf y están a compresión (Tabla 17 - Figura 39).

Esta fuerza equivale a 26311.37 N, es decir 26.311 KN, calculando el factor de seguridad de toda la estructura se tiene lo siguiente:

$$F_s = \frac{\text{Carga crítica columna}}{\text{Fuerza máxima en la estructura}} = \frac{P_{\text{Crítica}}}{\text{Fuerza máxima en la estructura}}$$

$$F_s = \frac{166.42 \text{ KN}}{26.311 \text{ KN}} = 6.3$$

Este factor es muy apropiado y establece que la estructura aguanta las cargas sin ningún inconveniente.

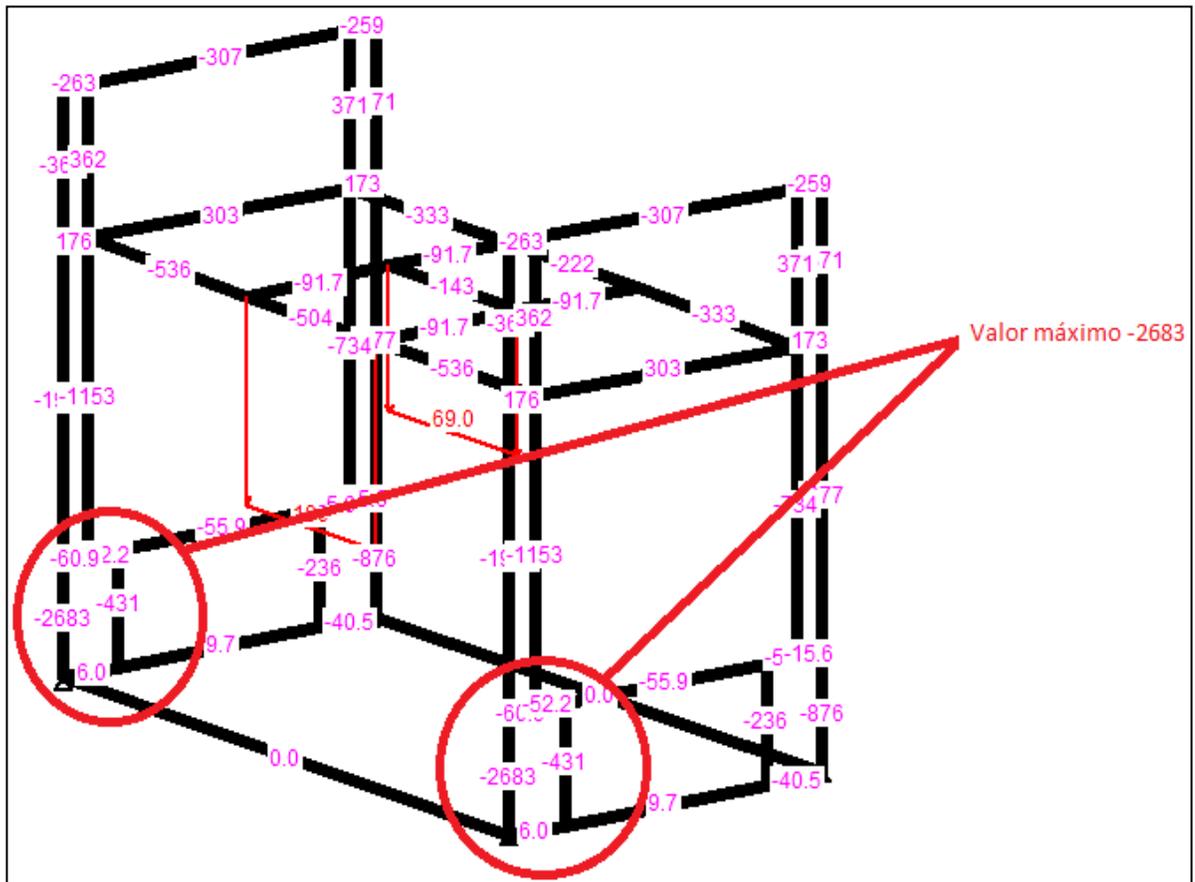
Tabla 24. Fuerzas calculadas resultantes en la estructura plataforma

Número de viga	Nodos articulados	Fuerzas (Kgf)	Número de viga	Nodos articulados	Fuerzas (Kgf)
1	4 – 14	6.0308	34	28 – 27	176.033
2	14 – 13	9.74221	35	27 – 32	302.757
3	13 – 2	-40.5393	36	32 – 31	173.368
4	3 – 33	6.0308	37	7 – 25	-60.9332
5	33 – 9	9.74221	38	25 – 16	-52.1578
6	9 – 1	-40.5393	39	16 – 15	-55.8692
7	1 – 2	1.647e-8	40	15 – 21	-5.58764
8	3 – 4	2.797e-8	41	21 – 8	-15.6127
9	16 – 14	-430.576	42	5 – 30	-15.6127
10	15 – 13	-235.776	43	30 – 11	-5.58764
11	12 – 33	-430.576	44	11 – 12	-55.8692
12	11 – 9	-235.776	45	12 – 22	-52.1578
13	18 – 28	-361.371	46	22 – 6	-60.9332
14	28 – 6	-1961.35	47	18 – 24	-263.114
15	6 – 3	-2682.94	48	24 – 23	-306.918
16	20 – 34	-361.371	49	23 – 17	-259.2
17	34 – 7	-1961.35	50	20 – 43	-263.114
18	7 – 4	-2682.94	51	43 – 26	-306.918
19	19 – 35	-371.298	52	26 – 19	-259.2
20	35 – 8	-377.148	53	37 – 41	-91.6957
21	8 – 2	-875.713	54	41 – 39	-91.6957
22	17 – 31	-371.298	55	38 – 42	-91.6957
23	31 – 5	-377.148	56	42 – 40	-91.6957
24	5 – 1	-875.713	57	41 – 42	-143.016
25	27 – 37	-536.458	58	43 – 29	361.521
26	37 – 38	-504.385	59	29 – 25	-1152.98
27	38 – 29	-536.458	60	26 – 36	371.148
28	32 – 39	-332.727	61	36 – 21	-733.522
29	39 – 40	-221.783	62	24 – 27	361.521
30	40 – 36	-332.727	63	27 – 22	-1152.98
31	34 – 29	176.033	64	23 – 32	371.148
32	29 – 36	302.757	65	32 – 30	-733.522
33	36 – 35	173.368			

Fuente: tabla realizada por el autor

Nota: los valores resaltados son los más críticos, los menos críticos e intermedios.

Figura 49. Fuerza máxima en la estructura de la plataforma



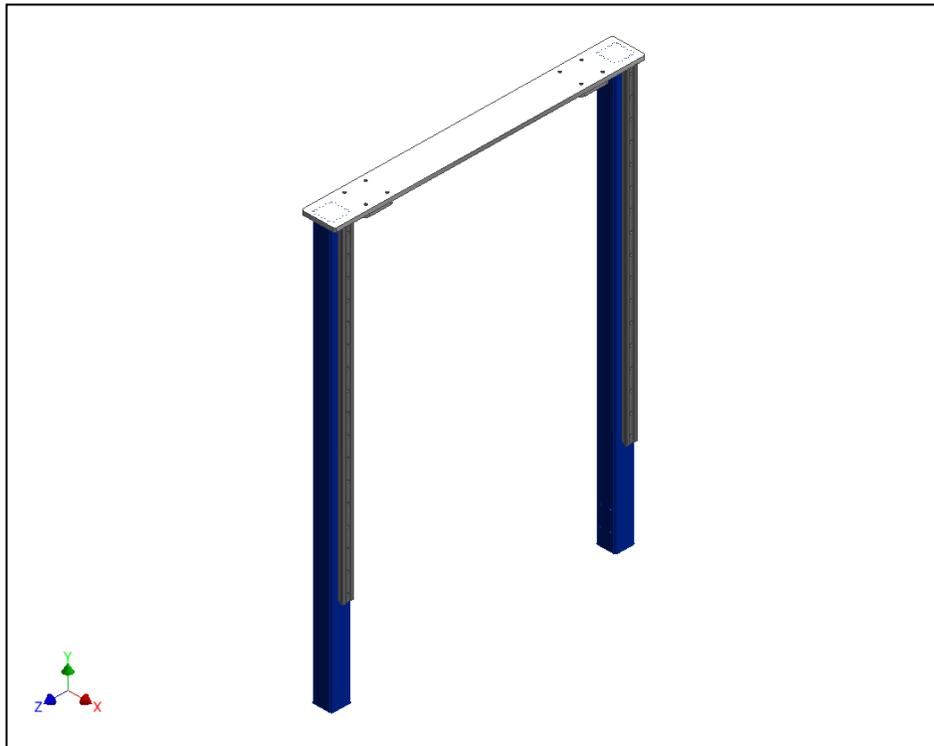
Fuente: imagen realizada por el autor

Los procedimientos de cálculo se iteraron para obtener los factores de seguridad requeridos. Además se modificaron varias veces los perfiles en el programa Cestri con el fin de que no quedara sobredimensionada la estructura del Banco Balístico de pruebas.

Los cálculos se llevaron a cabo de forma apropiada buscando un equilibrio entre las dimensiones y los factores de seguridad, así se optimiza el diseño minimizando costos y tiempo de fabricación; objetivos fundamentales para el desarrollo del proyecto.

A continuación se muestra una imagen donde se puede observar una parte del movimiento vertical, dos de los 4 perfiles que se van a utilizar para el armazón de la plataforma del Banco Balístico de pruebas.

Figura 50. Perfiles verticales realizados en Autodesk Inventor



Fuente: imagen realizada por el autor

Los rieles van unidos a los perfiles para proporcionar consistencia y durabilidad en el diseño, en la parte superior hay una placa de aluminio que comunica los tubos cuadrados.

A continuación se analiza el tipo de soldadura que se requiere para unir las partes del Banco Balístico, debe ser una soldadura con un costo considerable, comercial y con alta resistencia mecánica, garantizando firmeza y un acabado preciso, permitiendo que el módulo de ensayos esté en capacidad de aguantar los impactos.

#### 4.1.3. Selección de soldadura para los perfiles

Fue necesario seleccionar la forma de soldadura adecuada para unir los perfiles cuadrados presentes en la estructura. Para articular las partes del Banco Balístico es necesario utilizar electrodos para soldar aceros al Carbono, ya que se está

utilizando Acero Estructural ASTM - A36, la forma de soldadura más viable por costos y facilidad es soldadura por arco. Dentro del grupo se seleccionaron dos alternativas, acorde al material del Banco Balístico y al límite de fluencia del metal depositado, ya que debe ser igual o mayor al utilizado para el cálculo de los perfiles. Características del Acero ASTM – A36 es  $S_y = 250 \text{ Mpa}$ ,  $S_{ut} = 400 \text{ Mpa}$ .

#### 4.1.3.1. Electrodo para soldar aceros al carbono

##### - Soldadura 6013

IDENTIFICACIÓN : WESTARCO E6013

CLASIFICACIÓN : AWS E6013

ESPECIFICACIÓN : AWS A5.1, NTC 2192, ASMESFA 5.1

APROBADO : ABS (GRADO 1)

##### *Características sobresalientes*

El revestimiento es a base de rutilo y potasio, lo cual le da muy buena estabilidad, inclusive al trabajar con corriente alterna en equipos de bajo voltaje de circuito abierto.

##### *Aplicaciones típicas*

Carrocerías, muebles metálicos, ductos de aire acondicionado, rejas, ventanas y ornamentación en general. Puede usarse en tanques y estructuras teniendo en cuenta las limitaciones establecidas en los códigos de construcción aplicables.

##### *Propiedades mecánicas típicas del metal depositado*

Tabla 25. Propiedades mecánicas de la soldadura E6013

Resistencia a la tracción	42 kg/mm <sup>2</sup> – 52 kg/mm <sup>2</sup> (412 Mpa)	(60 Ksi – 74 Ksi)
Límite de fluencia	34 kg/mm <sup>2</sup> – 45 kg/mm <sup>2</sup> (333.2 Mpa)	(48 ksi – 65 ksi)
Elongación	22% - 29%	
Resistencia al impacto Charpy en V a 20 °C: 50 joules – 110 joules		

Fuente: [www.west-arco.com](http://www.west-arco.com)

Para seleccionar adecuadamente la soldadura se debe cumplir que:

$$S_{y\_soldadura\_mínima} > S_{y\_material}$$

333.2 Mpa > 250 Mpa (Soldadura apropiada – Alternativa No. 1)

#### - Soldadura 6010

IDENTIFICACIÓN : WESTARCO ZIP 10T AWS E6010  
 CLASIFICACIÓN : AWS E6010  
 ESPECIFICACIÓN : AWS A5.1, NTC 2192, ASME SFA5.1  
 APROBADO : ABS (GRADO 2), Lloyd's (GRADO 2)

#### *Características sobresalientes*

Es un electrodo de revestimiento celulósico – sódico, con polvo de hierro. Posee alta tasa de deposición, muy buena penetración y fusión. El arco es suave, fácil de manejar en todas las posiciones puede aplicarse con la técnica de arrastre y presenta muy buena calidad radiográfica.

#### *Aplicaciones típicas*

Especialmente diseñado para soldadura de oleoductos y gasoductos, construcciones, navales, estructuras de acero y recipientes de presión principalmente.

#### *Propiedades mecánicas típicas del material depositado*

Tabla 26. Propiedades mecánicas de la soldadura E6010

Resistencia a la tracción	43.5 kg/mm <sup>2</sup> – 50.5 kg/mm <sup>2</sup> (427 Mpa)	(62 Ksi – 72 Ksi)
Límite de fluencia	36.5 kg/mm <sup>2</sup> – 43.5 kg/mm <sup>2</sup> (345 Mpa)	(52 ksi – 62 ksi)
Elongación	22% - 33%	
Resistencia al impacto Charpy en V a -29 °C: 27 joules – 100 joules		

Fuente: www.west-arco.com

Para seleccionar adecuadamente la soldadura se debe cumplir que:

$$S_{y\_soldadura\_minima} > S_{y\_material}$$

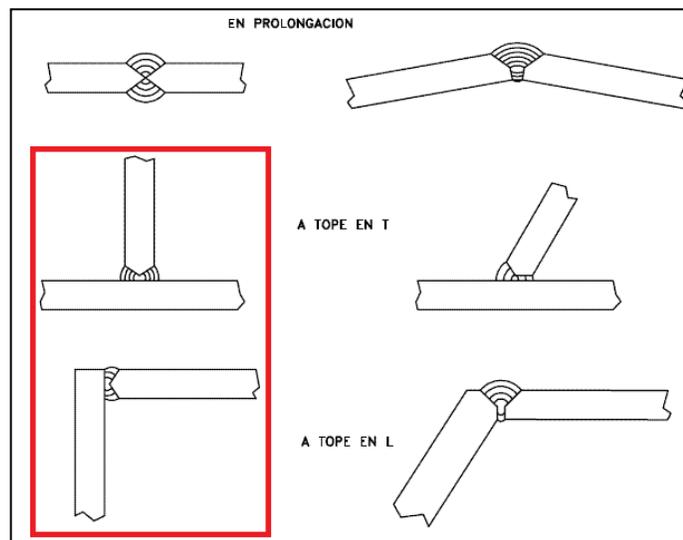
$$345 \text{ Mpa} > 250 \text{ Mpa} \text{ (soldadura apropiada – Alternativa No. 2)}$$

#### 4.1.3.2. Análisis de la soldadura

##### - Tipo de soldadura

El tipo de soldadura seleccionado es *cordón*, principalmente porque es la más utilizada por la Industria Militar de Colombia, proporciona estabilidad y posee una terminación apropiada. El cordón de soldadura será a tope debido a la posición geométrica de las piezas que se van a unir y no se desea que el material de unión ocupe mucho espacio entre pieza y pieza. Algunos a tope en L y otros a tope en T. Los perfiles que se van a unir obviamente son los cuadrados calculados.

Figura 51. Soldaduras a tope



Fuente: <http://www.google.com/soldadurasatope>

Según esto las soldaduras a tope en la estructura son:

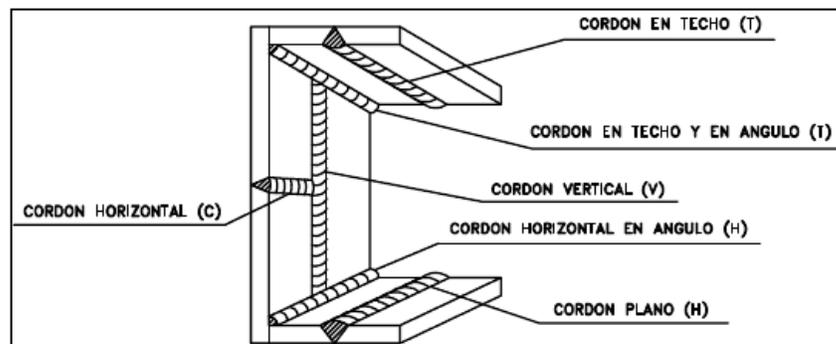
*Parte superior:* 4 soldaduras en L (perfiles verticales soldados a las placas superiores).

*Parte media:* 4 soldaduras en T (perfiles que sostienen la bandeja y el bastidor soldados a las placas laterales que unen los carros).

*Parte inferior:* 8 soldaduras en T, 4 soldaduras en L (perfiles verticales soldados a la estructura inferior y placas intermedias).

### - Clasificación de los cordones de soldadura

Figura 52. Clasificación cordones de soldadura según su posición



Fuente: <http://www.google.com/elementosconstruccion.pdf>

Según esto, clasificando los cordones de soldadura se tiene que:

*Parte superior:* 4 cordones en techo y en ángulo (perfiles verticales soldados a las placas superiores).

*Parte media:* 4 cordones verticales (perfiles que sostienen la bandeja y el bastidor soldados a las placas laterales que unen los carros)

*Parte inferior:* 8 cordones horizontales en ángulo y 4 cordones en techo y en ángulo (perfiles soldados a la estructura inferior y placas intermedias)

### - Análisis de esfuerzos en la soldadura (AWS 6013)

A continuación se muestra una tabla con los esfuerzos permisibles dependiendo de la carga, para permitir firmeza en la estructura del Banco Balístico.

Tabla 27. Esfuerzos permisibles del código AISC para metal de aporte

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	N (Factor de seguridad)
Tensión	A tope	0.60Sy	1.67
Aplastamiento	A tope	0.90Sy	1.11
Flexión	A tope	0.60Sy – 0.66Sy	1.52 – 1.67
Compresión simple	A tope	0.60Sy	1.67
Cortante	A tope o filete	0.30Sut	1.44

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shigley

Para los perfiles verticales

**Esfuerzo de tensión:**

F: peso de la bandeja con la probeta y bandeja: hay 4 perfiles (2390N/4) = 598 N

h: garganta de la soldadura = 3 mm

l: longitud de la soldadura = 60 mm

$$\sigma_T = \frac{F}{h \cdot l} = \frac{598 \text{ N}}{(0.003 \text{ m})(0.06 \text{ m})} = 3.32 \text{ Mpa}$$

entonces:

$$\begin{aligned} \sigma_T &< 0.6 \cdot S_{y\_soldadura\_mínima} \\ 3.32 \text{ Mpa} &< 0.6 \cdot (345 \text{ Mpa}) \\ 3.32 \text{ Mpa} &< 207 \text{ Mpa} \text{ (La soldadura es apropiada)} \end{aligned}$$

**Esfuerzo de compresión:**

F: peso de la bandeja con la probeta y bandeja, hay 4 perfiles (2390N/4) = 598 N

h: garganta de la soldadura = 3 mm

l: longitud de la soldadura = 60 mm

$$\sigma_c = -\frac{F}{h \cdot l} = -\frac{598 \text{ N}}{(0.003 \text{ m}) \cdot (0.06 \text{ m})} = -3.32 \text{ Mpa}$$

entonces:

$$\begin{aligned} |\sigma_T| &< 0.6 \cdot S_{y\_soldadura\_mínima} \\ |-3.32 \text{ Mpa}| &< 0.6 \cdot (345 \text{ Mpa}) \\ 3.32 \text{ Mpa} &< 0.6 \cdot (345 \text{ Mpa}) \\ 3.32 \text{ Mpa} &< 207 \text{ Mpa} \text{ (La soldadura es apropiada)} \end{aligned}$$

**Esfuerzo de aplastamiento:**

F: peso de la bandeja con la probeta y bandeja, hay 4 perfiles (2390N/4) = 598 N

$A_{t\_perfil}$  : área transversal del perfil = 684 mm<sup>2</sup>

$$\sigma_{aplas} = \frac{F}{A_{t\_perfil}} = \frac{598 N}{684 \times 10^{-6} m^2} = 0.87 Mpa$$

entonces:

$$\sigma_{aplas} < 0.90 \cdot S_{y\_soldadura\_mínima}$$

$$0.87 Mpa < 0.90 \cdot (345 Mpa)$$

$$0.87 Mpa < 311 Mpa \text{ (La soldadura es apropiada)}$$

Para los perfiles horizontales

**Esfuerzo de Flexión:**

F: peso del bastidor con la probeta sin bandeja, hay 2 perfiles = (1690/2) = 845 N

d: distancia del perfil = 1500 mm

H: altura del perfil = 60 mm

B: base del perfil = 60 mm

h: garganta de la soldadura: 3 mm

$$\sigma_F = \frac{M \cdot y}{I} = \frac{1.414 \cdot M}{H \cdot B \cdot h} = \frac{1.414 \cdot F \cdot d}{H \cdot B \cdot h} = \frac{1.414 (845 N \cdot 1.5 m)}{(0.06 m)(0.06 m)(0.003 m)} = 166 Mpa$$

entonces:

$$\sigma_F < 0.60 \cdot S_{y\_soldadura\_mínima}$$

$$166 Mpa < 0.60 \cdot (345 Mpa)$$

$$166 Mpa < 207 Mpa \text{ (La soldadura es apropiada)}$$

**Esfuerzo cortante:**

F: peso del bastidor con la probeta sin bandeja, hay 2 perfiles = (1690/2) = 845 N

H: altura del perfil = 60 mm

B: base del perfil = 60 mm

h: garganta de la soldadura: 3 mm

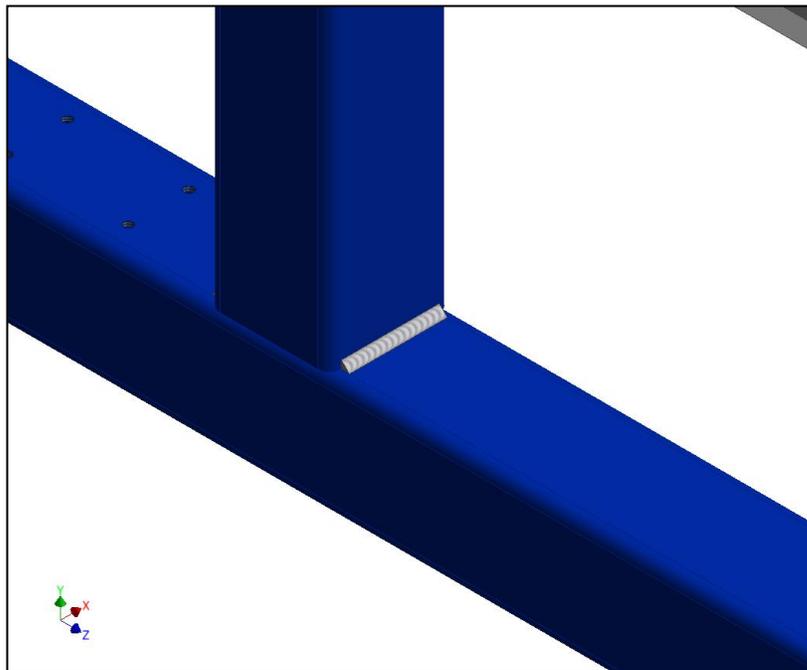
$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{F}{H \cdot B \cdot h} = \frac{845 N}{(0.06 m)(0.06 m)(0.003 m)} = 78.2 Mpa$$

entonces:

$$\begin{aligned}\tau &< 0.30 \cdot S_{ut\_soldadura\_mínima} \\ 78.2 \text{ Mpa} &< 0.30 \cdot (427 \text{ Mpa}) \\ 78.2 \text{ Mpa} &< 128 \text{ Mpa} \text{ (La soldadura es apropiada)}\end{aligned}$$

El procedimiento de cálculo se iteró para obtener una garganta de soldadura adecuada, y los esfuerzos estuvieran dentro de los rangos permisibles, finalmente se determinó una altura de garganta de 3 mm para la soldadura.

Figura 53. Soldadura que se le aplicará a la estructura



Fuente: imagen realizada por el autor

#### 4.1.4. Mecanismos para movimientos en los ejes

##### 4.1.4.1. Análisis Cinemático

El movimiento se guiará a través de carros y guías, pues son los elementos comprados por la Industria Militar de Colombia.

## - Movimiento horizontal

Procedimiento para calcular fuerzas en el eje horizontal (Eje X):

1. Tipo de montaje: 2 guías lineales y 4 carros para permitir el movimiento en eje horizontal (Eje X).
2. Revisar si las distancias máximas de las fuerzas aplicadas están dentro de los valores permisibles.

### Variables implicadas en el cálculo

$F_a$ : Fuerza total aplicada (N)

$F_s$ : Fuerza de masa aplicada (N)

$F_y, F_z$ : Cargas de apoyo en las direcciones de Z y Y (mm)

$s_x, s_y, s_z$ : Distancias de las fuerzas de masa en las direcciones Z y Y (mm)

$a_y, a_z$ : Distancias de las fuerzas aplicadas en las direcciones Z y Y (mm)

$W_x$ : Distancia entre carros en el riel (mm)

$Y_0$ : Constante de la tabla (mm)

$b$ : Distancia entre los rieles guías (mm)

$\mu$ : Coeficiente de fricción (0.2)

$ZW$ : número de carros por riel

### Variables conocidas

$F_s = (\text{peso bastidor} + \text{peso bandeja} + \text{peso probeta} + \text{peso carros} + \text{peso buje} + \text{peso motor}) \cdot \text{gravedad}$

*Peso bastidor: 47 kg*

*Peso bandeja: 12.2 kg*

*Peso probeta: 100 kg*

*Peso buje: 5.454 kg*

*Peso motor: 2.5 kg*

*Peso de cada carro: 0.247 kg, son cuatro:*

*Peso carros:  $4 \cdot (0.247 \text{ kg}) = 0.988 \text{ kg} \approx 1 \text{ kg}$*

$$F_s = (47 \text{ kg} + 12.2 \text{ kg} + 100 \text{ kg} + 5.454 \text{ kg} + 2.5 \text{ kg} + 1 \text{ kg}) \cdot (10 \text{ m/s}^2)$$

$$F_s = (169 \text{ kg}) \cdot (10 \text{ m/s}^2) = 1690 \text{ N}$$

$$F_s = 1690 \text{ N}$$

$$W_x = 463 \text{ mm}$$

$$b = 450 \text{ mm}$$

$$\mu = 0.2$$

$$Z_W = 2 \text{ carros por riel}$$

Y0: Depende de la referencia de las guías en este caso TW - 01- 20:

Figura 54. Referencia del sistema para Y0

Part #	LX (mm)	ZM (mm)	Y0 (mm)
TW-01-15	29	16	11.5
TW-01-20	35	23	15.0
TW-01-25	41	25	19.0
TW-01-30	49	29	21.5

Fuente: [www.igus.com](http://www.igus.com)

Coordenadas centro de gravedad del bastidor, según medidas realizadas en *AUTODESK INVENTOR*:  $s_x = 0 \text{ mm}$  ;  $s_y = 241 \text{ mm}$  ;  $s_z = 225 \text{ mm}$

Coordenadas del punto de accionamiento del sistema, según medidas realizadas en *AUTODESK INVENTOR*:  $a_y = -66.8 \text{ mm}$  ;  $a_z = 105 \text{ mm}$

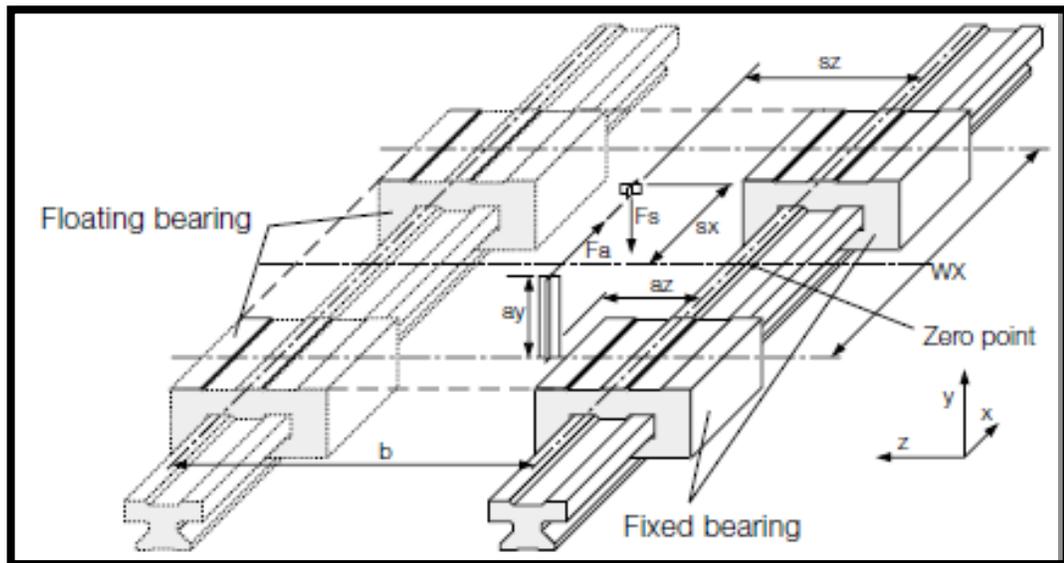
Para calcular los coeficientes, se tiene en cuenta la siguiente tabla:

Figura 55. Coeficientes para el calcular fuerzas en movimiento horizontal

	1 Rail 1 Carriage	1 Rail 2 Carriages	2 Rails 3-4 Carriages
K <sub>1</sub>	$(a_y+Y_0)/L_x$	$(a_y+Y_0)/W_x$	$(a_y+Y_0)/W_x$
K <sub>2</sub>	$(s_y+Y_0)/L_x$	$(s_y+Y_0)/W_x$	$(s_y+Y_0)/W_x$
K <sub>3</sub>	$a_z/L_x$	$a_z/W_x$	$a_z/W_x$
K <sub>4</sub>	$s_x/L_x$	$s_x/W_x$	$s_x/W_x$
K <sub>5</sub>	$s_z/L_x$	$s_z/W_x$	$s_z/W_x$
K <sub>6</sub>	$(s_y+Y_0)/Z_m$	$(s_y+Y_0)/Z_m$	$(s_y+Y_0)/b$
K <sub>7</sub>	$s_z/Z_m$	$s_z/Z_m$	$(s_z/b)-0.5$

Fuente: [www.igus.com](http://www.igus.com)

Figura 56. Movimiento eje horizontal (Eje X) para el sistema



Fuente: [www.igus.com](http://www.igus.com)

Máximas distancias permitidas entre las fuerzas aplicadas en el sistema:  
Variación: 2 rieles, 4 carros.

$$s_y + s_z < 2 (W_x) - Y_o$$

$$a_y + a_z < 2 (W_x) - Y_o$$

Centro de gravedad en la dirección de los ejes X y Z (Figura 19) en el interior de los carros:

$$F_{a_1} = \frac{\mu}{1 - 2 \cdot \mu \cdot K_3} \cdot F_s = \frac{0.2}{1 - [2 \cdot (0.2) \cdot (0.226781)]} \cdot 1690 \text{ N} = 371.71957 \text{ N}$$

$$F_{a_1} = 371.7197 \text{ N} \approx 372 \text{ N}$$

$$K_3 = \frac{a_z}{W_x} = \frac{105 \text{ mm}}{463 \text{ mm}} = 0.22678185$$

Centro de gravedad en la dirección del Eje Z fuera de los carros:

$$F_{a_2} = \frac{2 \cdot \mu \cdot K_7}{1 - 2 \cdot \mu \cdot K_3} \cdot F_s = \frac{2 \cdot (0.2) \cdot (0)}{1 - [2 \cdot (0.2) \cdot (0.22678185)]} \cdot 1690 \text{ N} = 0 \text{ N}$$

$$K_7 = \left(\frac{sz}{b}\right) - 0.5 = \left[\frac{225 \text{ mm}}{450 \text{ mm}}\right] - 0.5 = 0$$

Centro de gravedad en la dirección del eje X fuera de los carros:

$$Fa_3 = \frac{2 \cdot \mu \cdot K_4}{1 - 2 \cdot \mu \cdot K_3 - 2 \cdot \mu \cdot K_1} \cdot Fs$$

$$Fa_3 = \frac{2 \cdot (0.2) \cdot (0)}{1 - [2 \cdot (0.2) \cdot (0.22678185)] - [2 \cdot (0.2) \cdot (0.111879)]} \cdot 1690 \text{ N} = 0 \text{ N}$$

$$K_1 = \frac{(ay + Y0)}{Wx} = \frac{(-66.8 \text{ mm} + 15 \text{ mm})}{463 \text{ mm}} = |-0.111879| = 0.111879$$

$$K_4 = \frac{sx}{Wx} = \frac{0 \text{ mm}}{463 \text{ mm}} = 0$$

Entonces la fuerza máxima entre las que se calcularon anteriormente es:

$$F_a = \text{MÁX}(Fa_1, Fa_2, Fa_3)$$

$$F_a = (372, 0, 0)$$

Determinando la fuerza máxima de las tres se tiene que:  $F_a = 372 \text{ N}$

Máximo de carga en la dirección del Eje Y:

$$Fy_{Máx} = \frac{2 \cdot Fs}{ZW} \left(\frac{2 \cdot K_4}{ZW} + 0,5\right) \cdot (K_7 + 0,5) + \frac{2 \cdot Fa \cdot K_1}{ZW^2}$$

$$Fy_{Máx} = \frac{2 \cdot (1690 \text{ N})}{2} \left(\frac{2 \cdot (0)}{2} + 0,5\right) \cdot (0 + 0,5) + \frac{2 \cdot (372 \text{ N}) \cdot (0.111879)}{2^2}$$

$$Fy_{Máx} = \left[\frac{2 \cdot (1690 \text{ N})}{2} (0,5) \cdot (0,5)\right] + \left[\frac{2 \cdot (372 \text{ N}) \cdot (0.111879)}{2^2}\right] = 443.30 \text{ N}$$

$$Fy_{Máx} = 443.30 \text{ N} \approx 443 \text{ N}$$

Máximo de carga en la dirección del eje Z:

$$F_{Z_{Máx}} = \frac{4 \cdot Fa \cdot K_3}{ZW^2} = \frac{4 \cdot (372 N) \cdot 0.22678185}{2^2} = 84.36 \approx 84 N$$

Verificando si las fuerzas aplicadas están dentro de las distancias permisibles:

$$s_y + s_z < 2(Wx) - Y_0$$

$$241 \text{ mm} + 225 \text{ mm} < 2(463 \text{ mm}) - 15 \text{ mm}$$

$$466 \text{ mm} < 911 \text{ mm} \text{ (Diseño apto)}$$

$$a_y + a_z < 2(Wx) - Y_0$$

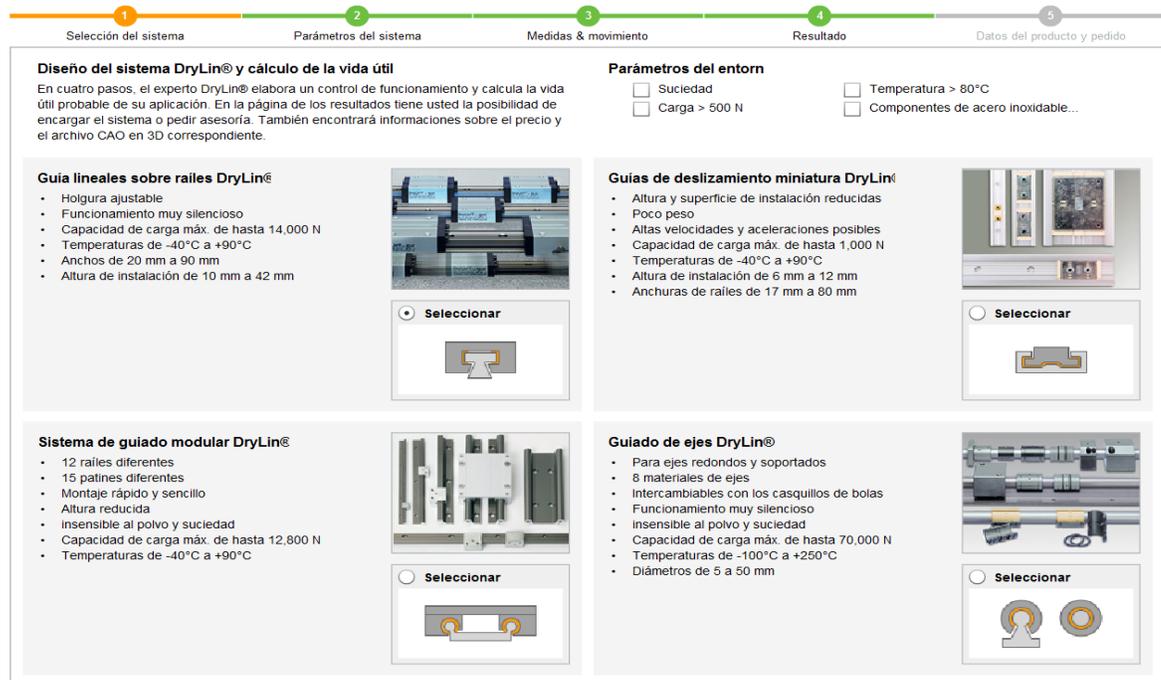
$$-66.8 \text{ mm} + 105 \text{ mm} < 2(463 \text{ mm}) - 15 \text{ mm}$$

$$38.2 \text{ mm} < 911 \text{ mm} \text{ (Diseño apto)}$$

### - Simulación IGUS® para movimiento horizontal

La página del fabricante de los elementos comprados por la Industria Militar, permite validar y establecer la vida útil de los rieles del movimiento horizontal.

Figura 57. Selección del sistema para el movimiento horizontal



**Diseño del sistema DryLin® y cálculo de la vida útil**  
En cuatro pasos, el experto DryLin® elabora un control de funcionamiento y calcula la vida útil probable de su aplicación. En la página de los resultados tiene usted la posibilidad de encargar el sistema o pedir asesoría. También encontrará informaciones sobre el precio y el archivo CAO en 3D correspondiente.

**Parámetros del entorno**

Suciedad  Temperatura > 80°C  
 Carga > 500 N  Componentes de acero inoxidable...

**Guía lineales sobre rieles DryLin®**

- Holgura ajustable
- Funcionamiento muy silencioso
- Capacidad de carga máx. de hasta 14,000 N
- Temperaturas de -40°C a +90°C
- Anchos de 20 mm a 90 mm
- Altura de instalación de 10 mm a 42 mm

**Guías de deslizamiento miniatura DryLin®**

- Altura y superficie de instalación reducidas
- Poco peso
- Altas velocidades y aceleraciones posibles
- Capacidad de carga máx. de hasta 1,000 N
- Temperaturas de -40°C a +90°C
- Altura de instalación de 6 mm a 12 mm
- Anchuras de rieles de 17 mm a 80 mm

**Sistema de guiado modular DryLin®**

- 12 rieles diferentes
- 15 patines diferentes
- Montaje rápido y sencillo
- Altura reducida
- Insensible al polvo y suciedad
- Capacidad de carga máx. de hasta 12,800 N
- Temperaturas de -40°C a +90°C

**Guiado de ejes DryLin®**

- Para ejes redondos y soportados
- 8 materiales de ejes
- Intercambiables con los casquillos de bolas
- Funcionamiento muy silencioso
- Insensible al polvo y suciedad
- Capacidad de carga máx. de hasta 70,000 N
- Temperaturas de -100°C a +250°C
- Diámetros de 5 a 50 mm

Fuente: [www.igus.com](http://www.igus.com)

En primera instancia se muestran las dimensiones del carro, que están de acuerdo a la siguiente referencia: TW - 01 – 20, que posee las características resaltadas en el recuadro anterior. El material del riel es *Aluminio Anodizado Duro* y el tipo de riel es *Macizo*, además el ajuste es *Automático* (Figura 21).

Luego se muestra la cantidad de rieles que se van a utilizar, para el sistema son dos y obviamente la posición del montaje es horizontal, los carros por riel también son dos, las distancias entre rieles y carros fueron tomadas a través del Software “AUTODESK INVENTOR” y fueron ingresadas al programa (Figura 21).

Figura 58. Parámetros del sistema para el movimiento horizontal

1 Selección del sistema      2 Parámetros del sistema      3 Medidas & movimiento      4 Resultado      5 Datos del producto y pedido

Serie DryLin® T - Guías de deslizamiento lineal

Tamaño	H [mm]	Carga [N]	a [mm]	A [mm]	A2 [mm]	C2 [mm]
15	24 (0,945 inch)	4000 (899,236 l)	15 (0,591 inch)	47 (1,85 inch)	38 (1,496 inch)	30 (1,181 inch)
20	30 (1,181 inch)	7400 (1663,586 l)	20 (0,787 inch)	63 (2,48 inch)	53 (2,087 inch)	40 (1,575 inch)
25	36 (1,417 inch)	10000 (2248,08 l)	23 (0,906 inch)	70 (2,756 inch)	57 (2,244 inch)	45 (1,772 inch)
30	42 (1,654 inch)	14000 (3147,32 l)	28 (1,102 inch)	90 (3,543 inch)	72 (2,835 inch)	52 (2,047 inch)
09	10 (0,394 inch)	480 (107,908 lb)	9 (0,354 inch)	20 (0,787 inch)	15 (0,591 inch)	13 (0,512 inch)
12	13 (0,512 inch)	960 (215,817 lb)	12 (0,472 inch)	27 (1,063 inch)	20 (0,787 inch)	15 (0,591 inch)
15	16 (0,63 inch)	1400 (314,732 l)	15 (0,591 inch)	32 (1,26 inch)	25 (0,984 inch)	20 (0,787 inch)

Materia del riel: Aluminio anodizado duro      Tipo de riel: Rail macizo      Ajuste de juego: automático

Número/posición de los rieles:  1 r...     2 rieles     2 rieles/...

Carros por riel: 2      Distancia entre rieles (b): 450 mm      Distancia entre carros (wx): 463 mm

Posición de montaje:  horizontal     separador...     late...     inverti...



Fuente: www.igus.com

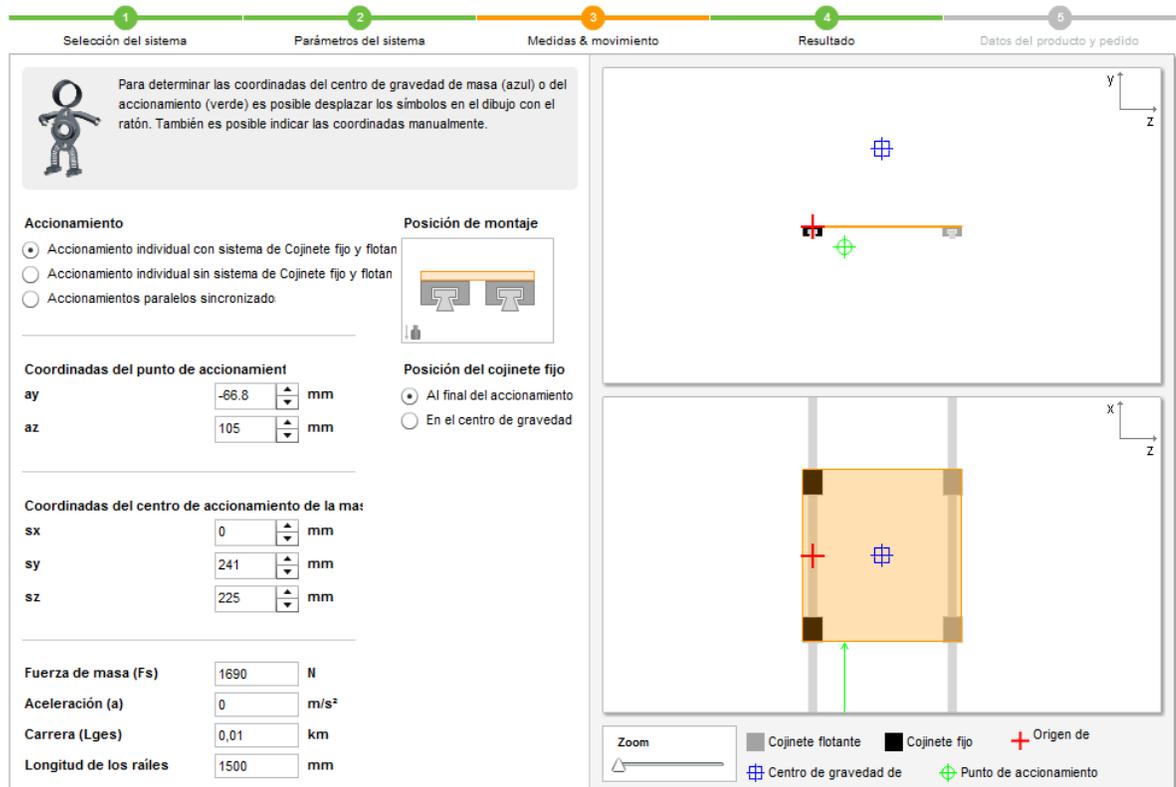
El accionamiento del sistema será individual con sistema de cojinete fijo y flotante, las coordenadas del punto de accionamiento de acuerdo al modelo planteado en “AUTODESK INVENTOR”, incluyendo las siguientes variables:

- El centro de gravedad del bastidor, en este caso es:  $s_y = 241 \text{ mm}$

- La mitad de la distancia entre rieles:  $s_z = 225 \text{ mm}$
- Fuerza de la masa  $1690 \text{ N}$ .
- Carrera o longitud libre:  $0,01 \text{ km}$
- Longitud de los rieles:  $1500 \text{ mm}$
- Posición del cojinete fijo: al final del accionamiento

En la parte derecha de la ventana se puede observar el esquema del montaje y los datos ingresados para validar el diseño según el fabricante, en este caso IGUS® (Figura 22).

Figura 59. Medidas y movimiento horizontal



The screenshot shows the 'Medidas & movimiento' (Measurements & movement) step of a software configuration process. The interface includes a progress bar at the top with five steps: 1. Selección del sistema, 2. Parámetros del sistema, 3. Medidas & movimiento (current step), 4. Resultado, and 5. Datos del producto y pedido.

On the left side, there are several control panels:

- Accionamiento** (Actuation): Radio buttons for 'Accionamiento individual con sistema de Cojinete fijo y flotante' (selected), 'Accionamiento individual sin sistema de Cojinete fijo y flotante', and 'Accionamientos paralelos sincronizados'.
- Posición de montaje** (Mounting position): A diagram showing two rollers on a rail.
- Posición del cojinete fijo** (Fixed roller position): Radio buttons for 'Al final del accionamiento' (selected) and 'En el centro de gravedad'.
- Coordenadas del punto de accionamiento** (Actuation point coordinates): Input fields for  $a_y = -86.8 \text{ mm}$  and  $a_z = 105 \text{ mm}$ .
- Coordenadas del centro de accionamiento de la masa** (Mass actuation center coordinates): Input fields for  $s_x = 0 \text{ mm}$ ,  $s_y = 241 \text{ mm}$ , and  $s_z = 225 \text{ mm}$ .
- Fuerza de masa (Fs)**:  $1690 \text{ N}$
- Aceleración (a)**:  $0 \text{ m/s}^2$
- Carrera (Lges)**:  $0,01 \text{ km}$
- Longitud de los rieles**:  $1500 \text{ mm}$

On the right side, there are two 3D diagrams:

- The top diagram shows a side view of the rail system with a blue crosshair representing the center of gravity and a green crosshair representing the actuation point.
- The bottom diagram shows a top-down view of the rail system with a red crosshair representing the origin and a blue crosshair representing the center of gravity.

At the bottom right, there is a legend for the 3D model: Zoom, Cojinete flotante (grey square), Cojinete fijo (black square), Origen de (red crosshair), Centro de gravedad de (blue crosshair), and Punto de accionamiento (green crosshair).

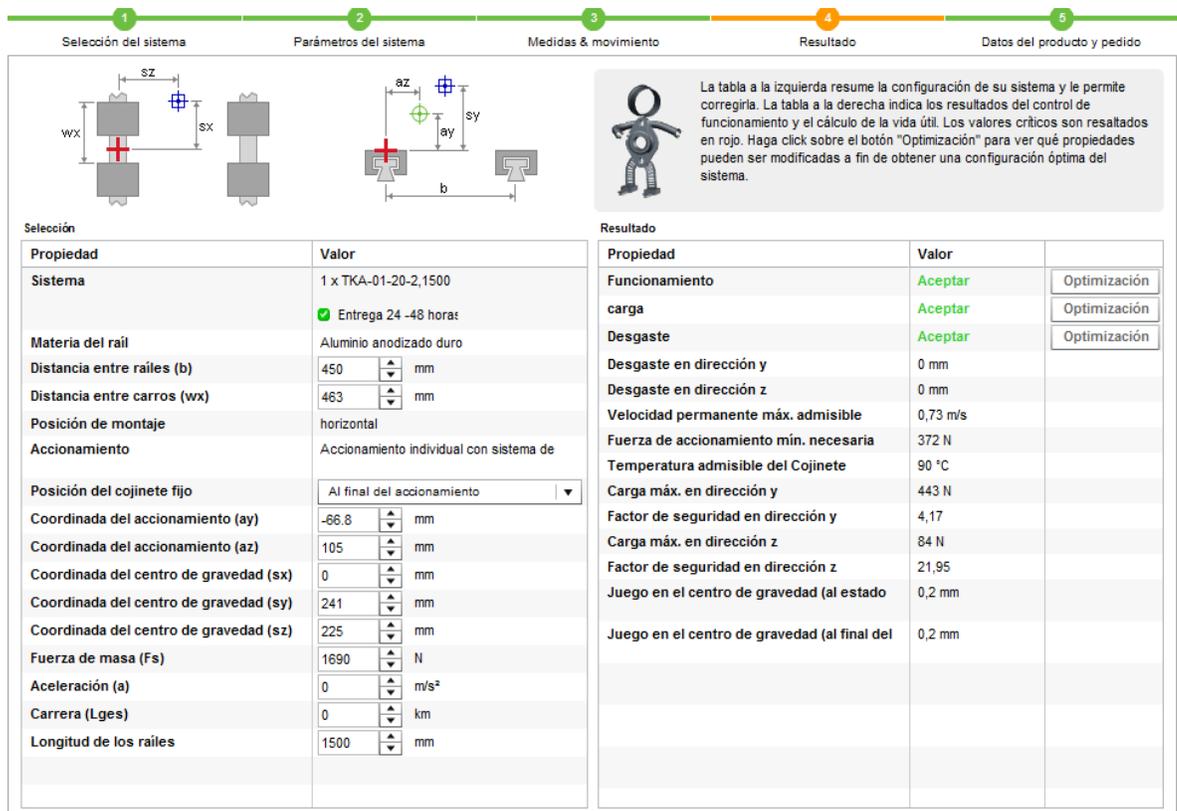
Fuente: [www.igus.com](http://www.igus.com)

El guiado lineal seleccionado es apropiado, utilizando los elementos comprados por la Industria Militar de Colombia para el movimiento horizontal. Ningún resultado está en color rojo, por lo tanto no hay valores críticos. Los desgastes en las direcciones Y y Z son muy pequeños; la velocidad permanente máxima es de

730 mm/s, no es muy grande, sin embargo alta para los requisitos de la fábrica (FAGECOR). Esta velocidad no puede ser menor a la tuerca del tornillo de potencia ubicado en el Eje X.

Los factores de seguridad garantizan que los rieles y los carros aguantan las cargas presentes en el sistema, esto conlleva a la viabilidad del proyecto (Figura 23).

Figura 60. Resultados obtenidos



Fuente: www.igus.com

Los resultados del programa demuestran que las fuerzas calculadas anteriormente coinciden, por lo tanto: el diseño es viable, seguro, estable y apropiado a las exigencias planteadas.

Con los rieles y carros del movimiento horizontal asegurados, se analiza a continuación el movimiento más crítico, el vertical, donde la carga aumenta y donde se necesita más firmeza para el Banco de Pruebas.

## - Movimiento Vertical

Procedimiento para calcular fuerzas en el vertical (Eje X - Figura 25):

1. Tipo de montaje: 2 rieles y 2 carros en cada extremo de la estructura.
2. Revisar si las distancias máximas de las fuerzas aplicadas están dentro de los valores permisibles.

### Variables implicadas en el cálculo

$F_a$ : Fuerza total aplicada (N)

$F_s$ : Fuerza de masa aplicada (N)

$F_y, F_z$ : Cargas de apoyo en las direcciones de Z y Y (mm)

$s_x, s_y, s_z$ : Distancias de las fuerzas de masa en las direcciones Z y Y (mm)

$a_y, a_z$ : Distancias de las fuerzas aplicadas en las direcciones Z y Y (mm)

$W_x$ : Distancia entre carros en el riel (mm)

$Y_0$ : Constante de la tabla (mm)

$b$ : Distancia entre los rieles guías (mm)

$\mu$ : Coeficiente de fricción (0.2)

$ZW$ : número de carros por riel

### Variables conocidas

$F_s = (\text{peso bastidor} + \text{peso bandeja} + \text{peso probeta} + \text{peso del tornillo horizontal} + \text{peso chumaceras} + \text{peso de carros} + \text{peso rieles horizontales} + \text{peso perfiles horizontales} + \text{peso bujes} + \text{peso de placas que unen carros verticales}) \cdot \text{gravedad}$

*Peso bastidor: 47 kg ; Peso bandeja: 12.2 kg ; Peso probeta: 100 kg*

*Peso tornillo de potencia horizontal: 9.170 kg*

*Peso de cada soporte de brida con rodamiento (chumacera): 0.757 kg, son dos:*

*Peso chumaceras:  $2(0.757 \text{ kg}) = 1.514 \text{ kg}$*

*Peso de cada carro: 0.247 kg, son ocho:*

*Peso carros:  $8 \cdot (0.247 \text{ kg}) = 1.976 \text{ kg}$*

*Peso de cada riel: 1,459 kg, son dos rieles:*

*Peso rieles:  $2 \cdot (1.459 \text{ kg}) = 2.918 \text{ kg}$*

*Peso de cada perfil: 7.637 kg, son dos perfiles:*

$$Peso\ perfiles: 2 \cdot (7.637\ kg) = 15.274\ kg$$

*Peso de cada buje: 5.454 kg, son cinco:*

$$Peso\ bujes: 5 \cdot (5.454\ kg) = 27.27\ kg$$

*Peso de cada placa: 8.055 kg, son dos:*

$$Peso\ placas\ que\ unen\ carros: 2 \cdot (8.055\ kg) = 16.11\ kg$$

*Peso de cada motor: 2.5 kg, son dos:*

$$Peso\ motores: 2 \cdot (2.5\ kg) = 5\ kg$$

$$F_s = (47\ kg + 12.2\ kg + 100\ kg + 9.170\ kg + 1.514\ kg + 1.976\ kg + 2.918\ kg \\ + 15.274\ kg + 27.27\ kg + 16.11\ kg + 5\ kg) \cdot (10\ m/s^2)$$

$$F_s = (239\ kg) \cdot (10\ m/s^2) = 2390\ N$$

En cada extremo de la estructura hay dos rieles verticales y dos tornillos de potencia verticales, si se estima que la carga está siendo soportada por 4 elementos a cada lado, entonces la fuerza total se divide en 8 partes, por consiguiente:

$$F_s = \frac{2390\ N}{8} = 298.75\ N \approx 300\ N$$

$$W_x = 0\ mm$$

$$b = 843\ mm$$

$$\mu = 0.2$$

$$Z_W = 1\ carro\ por\ riel$$

Y0: Depende de la referencia de las guías en este caso TW - 01- 20 (Figura 17)

Coordenadas donde se va a distribuir el peso de la bandeja (el peso se distribuye en los tornillos de potencia), según medidas realizadas en *AUTODESK INVENTOR*:  $s_x = 0\ mm$  ;  $s_y = -60\ mm$  ;  $s_z = 421.5\ mm$

Coordenadas del punto de accionamiento del sistema, que es un accionamiento sincronizado ya que los rieles verticales van paralelos; las medidas fueron realizadas en *INVENTOR*:  $a_x = 0\ mm$  ;  $a_y = -60\ mm$  ;  $a_z = s_z = 421.5\ mm$ .

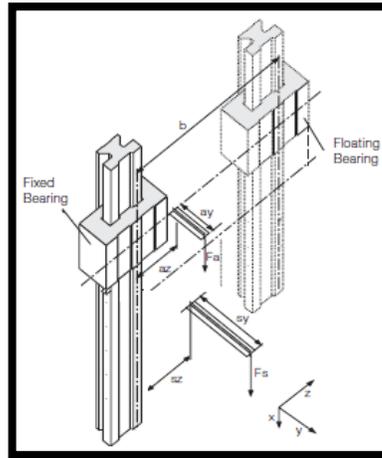
Para calcular los coeficientes, se tiene en cuenta la siguiente tabla:

Figura 61. Coeficientes para calcular fuerzas en movimiento vertical

	1 Rail 1 Carriage	1 Rail 2 Carriages	2 Rails 3-4 Carriages
$K_1$	$(ay+Y0)/Lx$	$(ay+Y0)/Wx$	$(ay+Y0)/Wx$
$K_2$	$(sy+Y0)/Lx$	$(sy+Y0)/Wx$	$(sy+Y0)/Wx$
$K_3$	$az/Lx$	$az/Wx$	$az/Wx$
$K_4$	$sx/Lx$	$sx/Wx$	$sx/Wx$
$K_5$	$sz/Lx$	$sz/Wx$	$sz/Wx$
$K_6$	$(sy+Y0)/Zm$	$(sy+Y0)/Zm$	$(sy+Y0)/b$
$K_7$	$sz/Zm$	$sz/Zm$	$(sz/b)-0.5$

Fuente: [www.igus.com](http://www.igus.com)

Figura 62. Movimiento eje vertical (Eje X) para el sistema



Fuente: [www.igus.com](http://www.igus.com)

Calculando la fuerza de empuje necesaria

En primer lugar cuatro cálculos deben hacerse, primero  $Fa_1$ :

$$Fa_1 = \frac{2 \cdot \mu \cdot (sz + sy + Y0) - Wx}{2 \cdot \mu \cdot (az + ay + Y0) - Wx} \cdot Fs$$

Reemplazando las coordenadas se tiene:

$$Fa_1 = \frac{2 \cdot (0.2) \cdot (421.5 \text{ mm} + (-60 \text{ mm}) + 15) - 0}{2 \cdot (0.2) \cdot (421.5 \text{ mm} + (-60 \text{ mm}) + 15) - 0} \cdot [300 \text{ N}] = 1 \cdot 300 \text{ N} = 300 \text{ N}$$

Ahora calculando Fa2:

$$Fa_2 = \frac{2 \cdot \mu \cdot (-sz + sy + Y0) - Wx}{2 \cdot \mu \cdot (-az + ay + Y0) - Wx} \cdot Fs$$

Reemplazando las coordenadas se tiene:

$$Fa_2 = \frac{2 \cdot (0.2) \cdot (-(421.5 \text{ mm}) + (-60 \text{ mm}) + 15) - 0}{2 \cdot (0.2) \cdot (-(421.5 \text{ mm}) + (-60 \text{ mm}) + 15) - 0} \cdot [300 \text{ N}] = 1 \cdot 300 \text{ N} = 300 \text{ N}$$

Ahora calculando Fa3:

$$Fa_3 = \frac{2 \cdot \mu \cdot (sz - sy - Y0) - Wx}{2 \cdot \mu \cdot (az - ay - Y0) - Wx} \cdot Fs$$

Reemplazando las coordenadas se tiene:

$$Fa_3 = \frac{2 \cdot (0.2) \cdot (421.5 \text{ mm} - (-60 \text{ mm}) - 15) - 0}{2 \cdot (0.2) \cdot (421.5 \text{ mm} - (-60 \text{ mm}) - 15) - 0} \cdot [300 \text{ N}] = 1 \cdot 300 \text{ N} = 300 \text{ N}$$

Ahora calculando Fa4:

$$Fa_4 = \frac{2 \cdot \mu \cdot (sz + sy + Y0) + Wx}{2 \cdot \mu \cdot (az - ay - Y0) + Wx} \cdot Fs$$

Reemplazando las coordenadas se tiene:

$$Fa_4 = \frac{2 \cdot (0.2) \cdot (421.5 \text{ mm} + (-60 \text{ mm}) + 15) + 0}{2 \cdot (0.2) \cdot (421.5 \text{ mm} + (-60 \text{ mm}) + 15) + 0} \cdot [300 \text{ N}] = 1 \cdot 300 \text{ N} = 300 \text{ N}$$

Entonces la fuerza máxima entre las que se calcularon anteriormente es:

$$F_a = \text{MÁX}(Fa_1, Fa_2, Fa_3, Fa_4)$$

$$F_a = (300, 300, 300, 300)$$

Determinando la fuerza máxima de las tres se tiene que:  $F_a = 300 \text{ N}$

Calculando fuerzas máximas

Calculando la máxima fuerza en el Eje Y.  $K_2 = 0$  (no hay distancia entre carros):

$$F_{Y_{Máx}} = |-F_S \cdot K_2| \cdot \frac{2}{ZW^2} = |-(300 N) \cdot (0)| \cdot \frac{2}{(1)^2} = (0) \cdot \frac{2}{1} = (0) \cdot 2 = 0 N$$

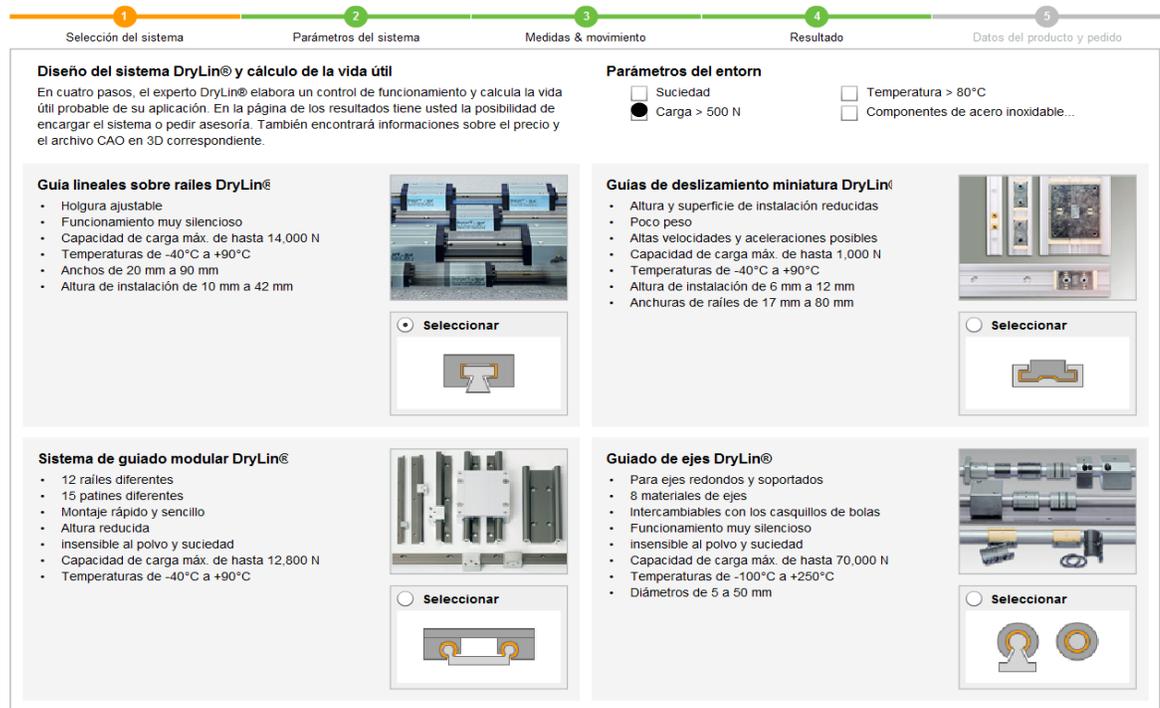
Calculando la máxima fuerza en el Eje Z.  $K_5 = 0$  (no hay distancia entre carros):

$$F_{Z_{Máx}} = |-F_S \cdot K_5| \cdot \frac{2}{ZW^2} = |-(300 N) \cdot (0)| \cdot \frac{2}{(1)^2} = (0) \cdot \frac{2}{1} = (0) \cdot 2 = 0 N$$

- **Simulación IGUS® para movimiento vertical**

La página del fabricante de los elementos comprados por la Industria Militar, permite validar y establecer la vida útil de los rieles del movimiento vertical.

Figura 63. Selección del sistema para el movimiento vertical



The screenshot shows the IGUS DryLin configuration tool interface, which is divided into five steps: 1. Selección del sistema, 2. Parámetros del sistema, 3. Medidas & movimiento, 4. Resultado, and 5. Datos del producto y pedido. The current step is 'Selección del sistema', which is further divided into 'Diseño del sistema DryLin® y cálculo de la vida útil' and 'Parámetros del entorno'.

**Diseño del sistema DryLin® y cálculo de la vida útil**  
En cuatro pasos, el experto DryLin® elabora un control de funcionamiento y calcula la vida útil probable de su aplicación. En la página de los resultados tiene usted la posibilidad de encargar el sistema o pedir asesoría. También encontrará informaciones sobre el precio y el archivo CAO en 3D correspondiente.

**Parámetros del entorno**

- Suciedad
- Carga > 500 N
- Temperatura > 80°C
- Componentes de acero inoxidable...

**Guía lineales sobre rieles DryLin®**

- Holgura ajustable
- Funcionamiento muy silencioso
- Capacidad de carga máx. de hasta 14,000 N
- Temperaturas de -40°C a +90°C
- Anchos de 20 mm a 90 mm
- Altura de instalación de 10 mm a 42 mm

**Guías de deslizamiento miniatura DryLin®**

- Altura y superficie de instalación reducidas
- Poco peso
- Altas velocidades y aceleraciones posibles
- Capacidad de carga máx. de hasta 1,000 N
- Temperaturas de -40°C a +90°C
- Altura de instalación de 6 mm a 12 mm
- Anchuras de rieles de 17 mm a 80 mm

**Sistema de guiado modular DryLin®**

- 12 rieles diferentes
- 15 patines diferentes
- Montaje rápido y sencillo
- Altura reducida
- insensible al polvo y suciedad
- Capacidad de carga máx. de hasta 12,800 N
- Temperaturas de -40°C a +90°C

**Guiado de ejes DryLin®**

- Para ejes redondos y soportados
- 8 materiales de ejes
- Intercambiables con los casquillos de bolas
- Funcionamiento muy silencioso
- insensible al polvo y suciedad
- Capacidad de carga máx. de hasta 70,000 N
- Temperaturas de -100°C a +250°C
- Diámetros de 5 a 50 mm

Fuente: [www.igus.com](http://www.igus.com)

El tipo de sistema es “Guías Lineales sobre rieles DryLin” el mismo sistema seleccionado para el cálculo del movimiento horizontal (Figura 26). La referencia de los carros es la misma que el movimiento horizontal, referencia: TW – 01 – 20, material: *Aluminio Anodizado Duro*, tipo de riel: *Macizo*, ajuste de juego: *Automático* (Figura 27).

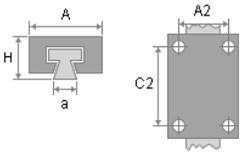
Luego encontramos la cantidad de rieles que se van a utilizar, para el sistema son dos y obviamente la posición del montaje es vertical (separadores), sólo hay un carro por riel, la distancia entre rieles fue tomada a través del Software “AUTODESK INVENTOR” y fue ingresada al programa (Figura 27).

Figura 64. Parámetros del sistema para el movimiento vertical

1 Selección del sistema    2 Parámetros del sistema    3 Medidas & movimiento    4 Resultado    5 Datos del producto y pedido

Serie DryLin® T - Guías de deslizamiento lineal

Tamaño	H [mm]	Carga [N]	a [mm]	A [mm]	A2 [mm]	C2 [mm]
15	24	4000	15	47	38	30
20	30	7400	20	63	53	40
25	36	10000	23	70	57	45
30	42	14000	28	90	72	52
09	10	480	9	20	15	13
12	13	960	12	27	20	15
15	16	1400	15	32	25	20

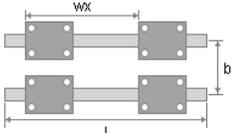


Materia del riel: Aluminio anodizado duro    Tipo de riel: Raíl macizo    Ajuste de juego: automático

Número/posición de los rieles:  1 raíl     2 rieles     2 rieles/90°

Carros por raíl: 1    Distancia entre rieles (b): 843 mm

Posición de montaje:  horizontal     separadores     lateral     invertido



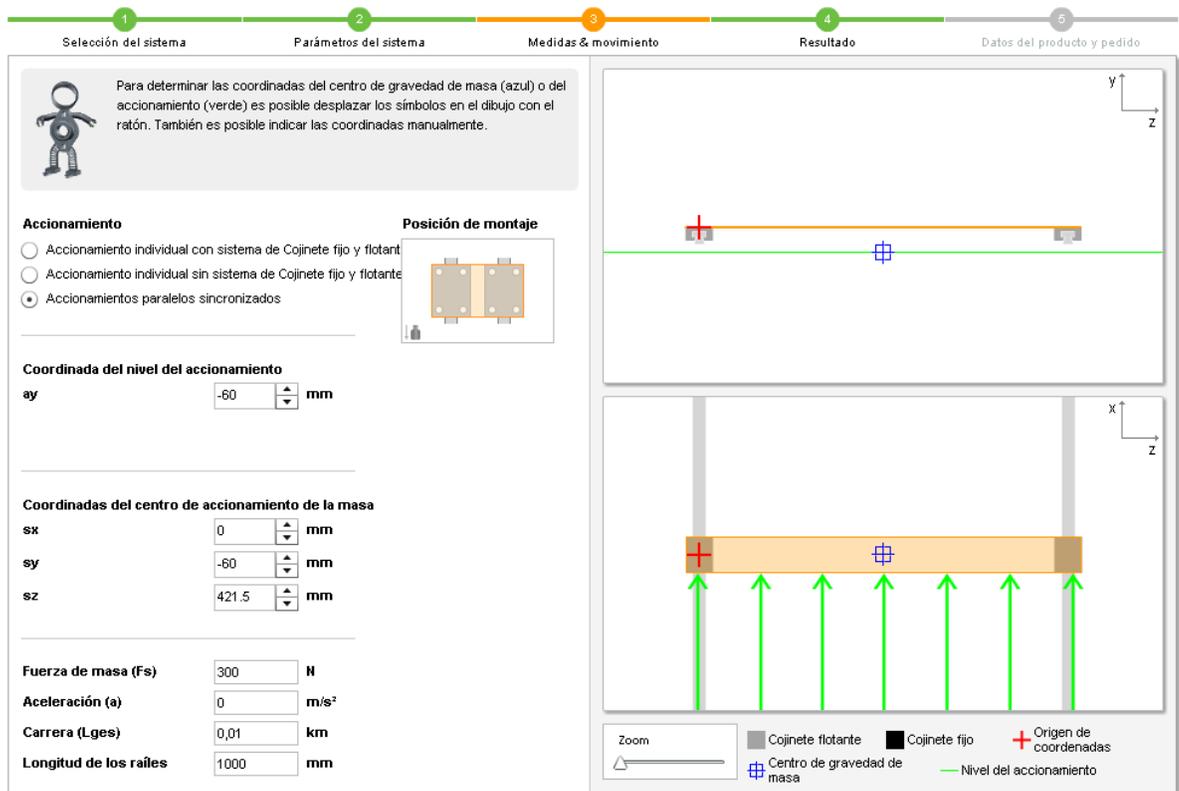
Fuente: [www.igus.com](http://www.igus.com)

El accionamiento del sistema será “accionamientos paralelos sincronizados”, las coordenadas del punto de accionamiento de acuerdo al modelo planteado en “AUTODESK INVENTOR”, incluyendo las siguientes variables:

- Coordenada del peso de los rieles que se distribuirá en los tornillos de potencia:  $s_y = -60$  mm
- La mitad de la distancia entre rieles:  $s_z = 421.5$  mm
- Fuerza de la masa 300 N.
- Carrera o longitud libre: 0,01 km
- Longitud de los rieles: 1000 mm
- Posición del cojinete fijo: al final del accionamiento

En la parte derecha de la ventana se puede observar el esquema del montaje y los datos ingresados para validar el diseño según el fabricante, en este caso IGUS® (Figura 28).

Figura 65. Medidas y movimiento vertical

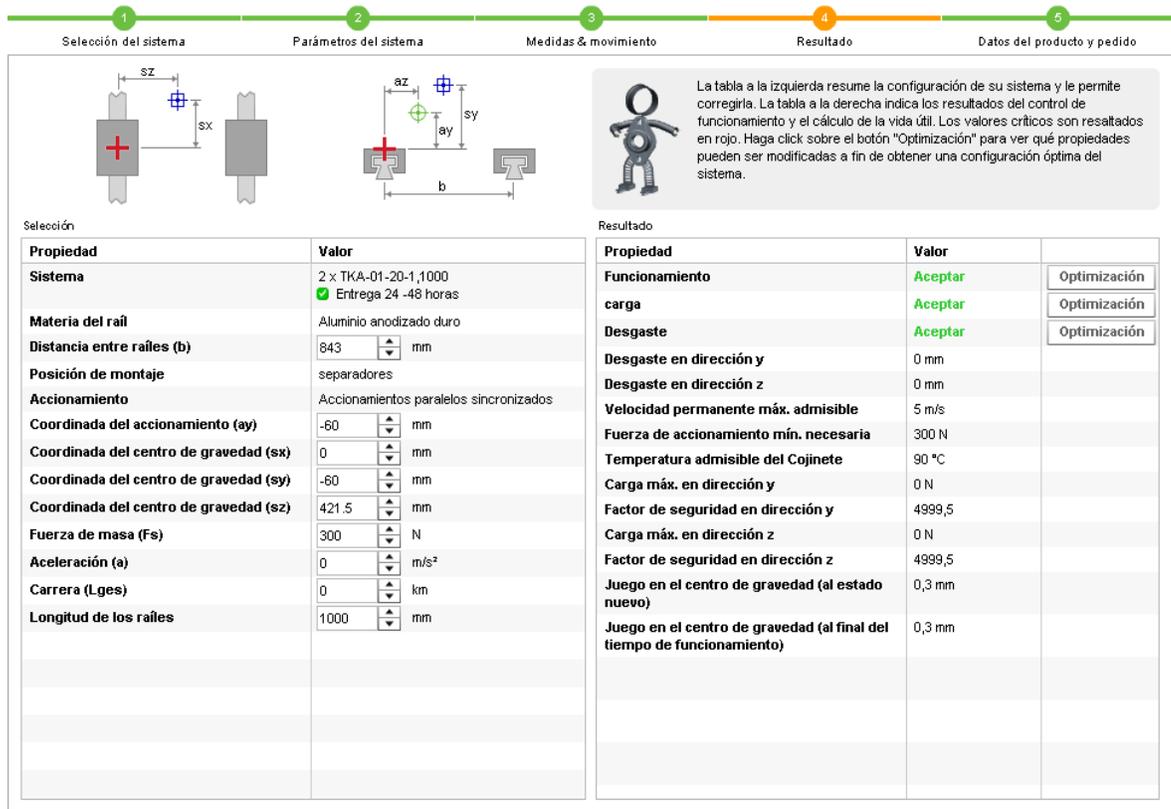


Fuente: [www.igus.com](http://www.igus.com)

El centro de gravedad quedó atrás de los rieles debido a que toda la carga la están soportando los tornillos de potencia.

El guiado lineal seleccionado es apropiado, utilizando los elementos comprados por la Industria Militar de Colombia para el movimiento vertical. Ningún resultado está en color rojo, por lo tanto no hay valores críticos. Los desgastes en las direcciones Y y Z son tan pequeños que el programa da como resultado el valor cero; la velocidad permanente máxima es de 5 m/s, esto garantiza un factor de seguridad alto. Esta velocidad no puede ser menor a la tuerca del tornillo de potencia ubicado en el Eje X, que se calculará a continuación. Los factores de seguridad garantizan que los rieles y los carros aguantan las cargas presentes en el sistema, esto conlleva a la viabilidad del proyecto, a continuación se muestran los respectivos resultados para confirmar el diseño planteado (Figura 29).

Figura 66. Resultados obtenidos



Fuente: www.igus.com

Los resultados del programa demuestran que las fuerzas calculadas anteriormente coinciden, por lo tanto: el diseño es viable, seguro, estable y apropiado a las exigencias planteadas.

#### 4.1.5. Cálculo mecanismo movimiento horizontal

##### 4.1.5.1. Velocidad requerida para el movimiento horizontal

La velocidad lineal requerida para el movimiento horizontal se calcula teniendo en cuenta la distancia a recorrer y el tiempo de recorrido, por tanto:

$$A = \frac{\text{Distancia a recorrer}}{\text{Tiempo de recorrido}} = \frac{900 \text{ mm}}{2 \text{ min}} = \frac{450 \text{ mm}}{\text{min}}$$

$$\frac{450 \text{ mm}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 0.0075 \text{ m/s} = \text{Velocidad de derecha a izquierda}$$

La velocidad de giro del motor es igual a:

$$v = \frac{7.853981634 \text{ rad}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ rev}}{2 \cdot \pi \text{ rad}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = \frac{75 \text{ rev}}{\text{min}} = \text{Velocidad tornillo}$$

Calculando el paso de la tuerca para el movimiento horizontal:

$$p = \frac{A}{v} = \frac{450 \text{ mm/min}}{75 \text{ rev/min}} = \frac{6 \text{ mm}}{\text{rev}} = \frac{1 \text{ rev}}{6 \text{ mm}}$$

##### 4.1.5.2. Carga para el tornillo de potencia del movimiento horizontal

La fuerza axial se calcula teniendo en cuenta los pesos que debe trasladar el sistema horizontalmente:

$F_{\text{axial Horizontal}} = (\text{peso bastidor} + \text{peso bandeja} + \text{peso probeta} + \text{peso carros} + \text{peso buje} + \text{peso motor}) \cdot \text{gravedad}$

*Peso bastidor: 47 kg ; Peso bandeja: 12.2 kg ; Peso probeta: 100 kg ;  
Peso buje: 5.454 kg ; Peso motor: 2.5 kg.*

*Peso de cada carro: 0.247 kg, son cuatro:*

*Peso carros = 4 · (0.247 kg) = 0.988 kg ≈ 1 kg*

Calculando se tiene lo siguiente:

$$F_{axial_{horizontal}} = (47 \text{ kg} + 12.2 \text{ kg} + 100 \text{ kg} + 5.454 \text{ kg} + 2.5 \text{ kg} + 1 \text{ kg}) \cdot (10 \text{ m/s}^2)$$

$$F_{axial_{horizontal}} = (169 \text{ kg}) \cdot (10 \text{ m/s}^2) = 1690 \text{ N}$$

#### 4.1.5.3. Diseño tornillo de potencia horizontal

Diseñando el tornillo a través del método de Euler se tiene que:

$$W_p = \frac{E \cdot \pi^2 \cdot I}{L_e^2} ; I = \frac{\pi \cdot D_{\text{Mínimo Tornillo}}^4}{64}$$

$W$ : carga que debe soportar el tornillo = 1690 N

$W_p$ : carga con factor de seguridad

$E$ : módulo de elasticidad del acero = 209 Mpa

$I$ : momento de inercia de un cilindro

$L_e$ : longitud efectiva de la columna = 1500 mm

$\eta$ : coeficiente de seguridad = 3

Reemplazando la ecuación de la inercia, en la de la carga:

$$W_p \cdot L_e^2 = \frac{\pi \cdot E \cdot \pi^2 \cdot D_{\text{Mínimo Tornillo}}^4}{64}$$

$$\frac{64 \cdot W_p \cdot L_e^2}{\pi^3 \cdot E} = D_{\text{Mínimo Tornillo}}^4$$

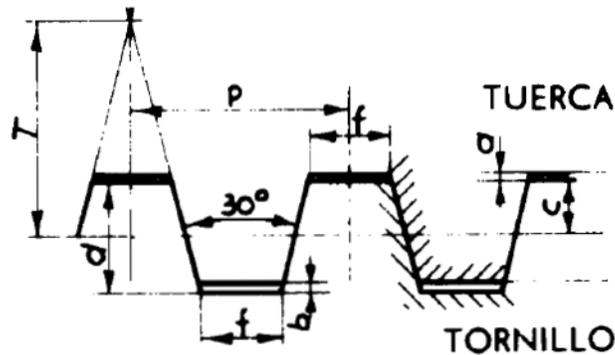
$$D_{\text{Mínimo Tornillo}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot W_p \cdot L_e^2}{\pi^3 \cdot E}} ; W_p = W \cdot \eta$$

$$D_{\text{Mínimo Tornillo}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot (W \cdot \eta) \cdot L_e^2}{\pi^3 \cdot E}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot (1690 \text{ N} \cdot 3) \cdot (1500 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{\pi^3 \cdot (209 \times 10^9 \text{ pa})}} = 0.018 \text{ m}$$

$$D_{\text{Mínimo}} = 18 \text{ mm}$$

La rosca trapecial métrica posee una eficiencia importante, además es fácil de mecanizar que otro tipo de roscas.

Figura 67. Geometría del tornillo horizontal rosca trapecial métrica



**FORMULAS**

$$d = 0.5 \times P + a.$$

$$f = 0.634 \times P - 0.536 \times d.$$

$$T = 0.933 \times P.$$

$$c = 0.25 \times P.$$

$$a = \begin{cases} 0.25 \text{ mm. en pasos de } 3 \text{ a } 12 \text{ mm.} \\ 0.5 \text{ mm. en pasos de } 14 \text{ a } 26 \text{ mm.} \end{cases}$$

$$b = \begin{cases} 0.5 \text{ mm. en pasos de } 3 \text{ a } 4 \text{ mm.} \\ 0.75 \text{ mm. en pasos de } 5 \text{ a } 12 \text{ mm.} \\ 1.5 \text{ mm. en pasos de } 14 \text{ a } 26 \text{ mm.} \end{cases}$$

Fuente: A.L. Casillas, máquinas cálculos de taller.

$$a = 0.25 \text{ mm}$$

$$b = 0.75 \text{ mm}$$

$$c = 0.25 \cdot p = 0.25 \cdot (6 \text{ mm}) = 1.5 \text{ mm}$$

$$d = 0.5 \cdot p + a = 0.5 \cdot (6 \text{ mm}) + 0.25 \text{ mm} = 3.25 \text{ mm}$$

$$f = 0.634 \cdot p - 0.536 \cdot d = 0.634 \cdot (6 \text{ mm}) - 0.536 \cdot (3.25 \text{ mm}) = 2.062 \text{ mm}$$

$$T = 0.933 \cdot p = 0.933 \cdot (6 \text{ mm}) = 5.598 \text{ mm}$$

$$D_{\text{Medio Tornillo}} = D_{\text{Mínimo Tornillo}} + 2 \left( \frac{d}{2} \right) = D_{\text{Mínimo Tornillo}} + d$$

$$D_{\text{Medio Tornillo}} = 18 \text{ mm} + 3.25 \text{ mm} = 21.2 \text{ mm} \approx 21 \text{ mm}$$

$$D_{\text{Rosca Tornillo}} = D_{\text{Mínimo Tornillo}} + 2(d)$$

$$D_{\text{Rosca Tornillo}} = 18 \text{ mm} + 2(3.25 \text{ mm}) = 24.5 \text{ mm} \approx 25 \text{ mm}$$

Calculando nuevamente la carga máxima que soporta el tornillo:

$$I = \frac{\pi \cdot D_{\text{Medio Tornillo}}^4}{64} = \frac{\pi \cdot (21 \times 10^{-3})^4}{64} = 9.5466 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$W_p = \frac{E \cdot \pi^2 \cdot I}{L_e^2} = \frac{(209 \times 10^9) \cdot \pi^2 \cdot (9.5466 \times 10^{-9} \text{ m}^4)}{(1500 \times 10^{-3})^2} = 8752.1 \text{ N}$$

$$W = \frac{W_p}{\eta} = \frac{8752.1 \text{ N}}{3} = 2917.4 \text{ N} > 1690 \text{ N}$$

#### 4.1.5.4. Torque y potencia para el movimiento horizontal

Calculando el momento rotacional de inercia de la carga:

$$J_{carga} = \frac{W}{g} \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \text{paso}} \right)^2 = \frac{1690 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \left( \frac{1 \text{ rev}}{6 \times 10^{-3} \text{ m}} \right)} \right)^2 = 0.000154 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2$$

$$J_{carga} = 0.000154 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$W$ : carga = 1690 N

$g$ : gravedad = 10 m/s<sup>2</sup>

Hallando densidad de peso del tornillo horizontal:

$$\rho_{Material \text{ tornillo}} = 0.280 \frac{\text{lb}f}{\text{pul}^3} \cdot \frac{4.44822 \text{ N}}{1 \text{ lb}f} \cdot \frac{1 \text{ pul}^3}{(0.0254 \text{ m})^3} = 76005.17 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

Calculando el momento rotacional del tornillo horizontal

$$J_{Tornillo} = \frac{\pi \cdot L \cdot \rho \cdot R_T^4}{2 \cdot g} = \frac{\pi \cdot (1500 \times 10^{-3} \text{ m}) \cdot (76005.17 \text{ N/m}^3) \cdot (12.5 \times 10^{-3} \text{ m})^4}{2 \cdot (10 \text{ m/s}^2)}$$

$$J_{Tornillo} = 0.000437215 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2 = 0.000437215 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$L$ : longitud tornillo horizontal = 1500 mm

$g$ : gravedad = 10 m/s<sup>2</sup>

$R_T$ : radio tornillo = Diámetro tornillo/2 = 25 mm/2 = 12.5 mm

El momento de inercia rotacional del motor (proporcionada por el fabricante):

$$J_{Motor} = 0.00016 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Hallando el momento rotacional total:

$$J_{Total} = J_{carga} + J_{Tornillo} + J_{Motor}$$

$$J_{Total} = 0.000154 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0.000437215 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0.00016 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$J_{Total} = 0.000751215 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Calculando la aceleración angular del motor:

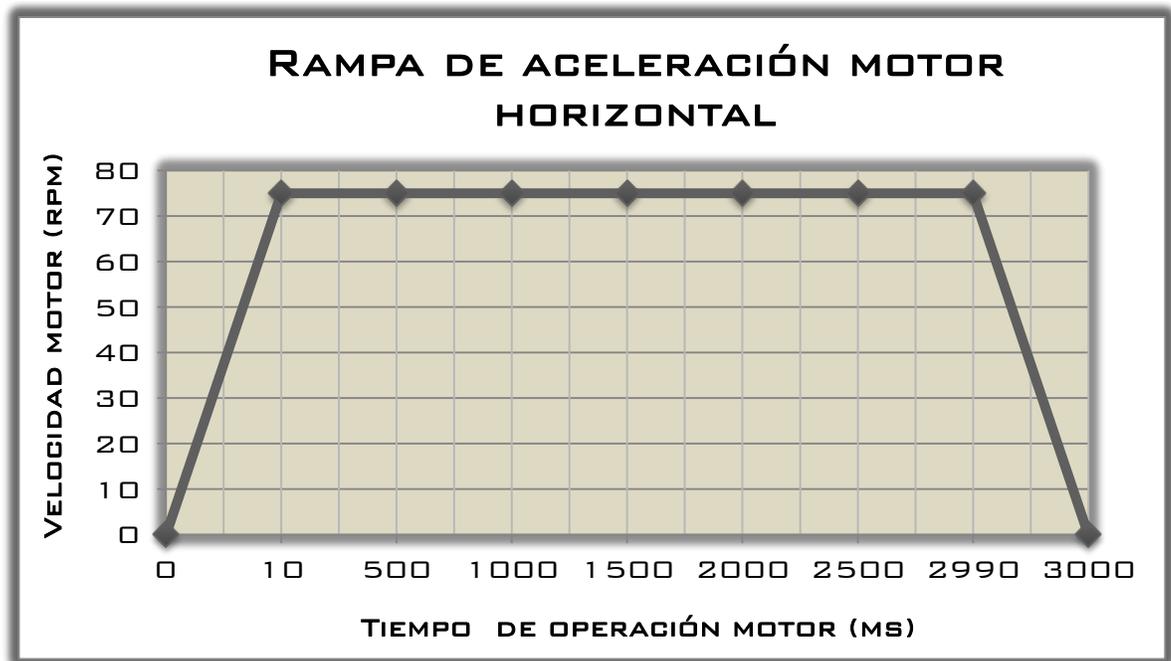
$$\alpha_{acc} = \frac{n_{Motor}}{9.55 \cdot t_{acc}} = \frac{75 \text{ rev/min}}{9.55 \cdot (0.01 \text{ segundos})} = 785.34 \text{ rad/s}^2$$

$n_{Motor}$ : velocidad del motor = 75 rev/min

Asumiendo  $t_{acc}$ : tiempo de aceleración = 0.01 segundos

Tiempo de operación del motor: 3 segundos

Figura 68. Rampa de aceleración motor horizontal



Fuente: imagen realizada por el autor

Calculando fuerza de fricción:

$$F_{Fricción} = (\text{Coeficiente fricción})(\text{Carga}) = \mu_k \cdot W = (0.15)(1690 \text{ N}) = 253.5 \text{ N}$$

Los coeficientes de fricción se pueden observar a continuación teniendo en cuenta el material del tornillo y la tuerca.

Tabla 28. Coeficientes de fricción para tornillo horizontal

Material tornillo – tuerca (sistema roscado)	$\mu_k$
Acero y acero (seco)	0.58
Acero y acero (lubricado)	0.15
Acero y bronce	0.15
Teflón y acero	0.04

Fuente: JOHN MAZURKIEWICZ, Baldor Electric Company

Calculando el torque para vencer la fricción:

$$\lambda = \arctan\left(\frac{p}{\pi \cdot D_{\text{Medio Tornillo}}}\right) = \arctan\left(\frac{6 \text{ mm}}{\pi \cdot (22 \text{ mm})}\right) = 4.962^\circ$$

$$\text{eficiencia} = \frac{\tan \lambda}{\tan(\lambda + \arctan \mu_k)} = \frac{\tan(4.962^\circ)}{\tan(4.962^\circ + \arctan(0.15))} = 0.36$$

$$T_{\text{Fricción}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{F_{\text{Fricción}}}{\text{paso} \cdot \text{eficiencia}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{253.5 \text{ N}}{\left(\frac{1 \text{ rev}}{6 \times 10^{-3} \text{ m}}\right) \cdot 0.36} = 0.672430 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Torque de aceleración o torque requerido para mover carga:

$$T_{\text{Aceleración}} = (J_{\text{carga}} + J_{\text{Tornillo}} + J_{\text{Motor}}) \cdot \alpha_{\text{acc}} + T_{\text{Fricción}}$$

$$T_{\text{Aceleración}} = J_{\text{Total}} \cdot \alpha_{\text{acc}} + T_{\text{Fricción}}$$

$$T_{\text{Aceleración}} = (0.000751215 \text{ kg} \cdot \text{m}^2)(785.34 \text{ rad/s}^2) + 0.672430 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{\text{Aceleración}} = 1.262 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Torque de desaceleración o torque requerido para frenar movimiento:

$$T_{\text{Desaceleración}} = -(J_{\text{carga}} + J_{\text{Tornillo}} + J_{\text{Motor}}) \cdot \alpha_{\text{acc}} + T_{\text{Fricción}}$$

$$T_{\text{Desaceleración}} = -J_{\text{Total}} \cdot \alpha_{\text{acc}} + T_{\text{Fricción}}$$

$$T_{\text{Desaceleración}} = -(0.000751215 \text{ kg} \cdot \text{m}^2)(785.34 \text{ rad/s}^2) + 0.672430 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{\text{Desaceleración}} = 0.0824 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Calculando la potencia se tiene entonces:

$$\omega = 75 \text{ rev/min} = 7.853981634 \text{ rad/s}$$

$$P = T_{\text{Aceleración}} \cdot \omega = (1.262 \text{ N} \cdot \text{m})(7.853981634 \text{ rad/s}) = 9.9 \text{ W} \approx 10 \text{ W}$$

Incluyendo la eficiencia de los elementos involucrados para el movimiento (tornillo y reductor) del Banco Balístico de Pruebas, y expresando en ecuaciones matemáticas se obtiene lo siguiente:

$$eficiencia_{\text{sistema}} = \frac{P_{\text{Salida}}}{P_{\text{Entrada}}}; P_{\text{Entrada}} = \frac{P_{\text{Salida}}}{eficiencia_{\text{Tornillo}} \cdot eficienca_{\text{Reductor}}}$$

$$P_{\text{Entrada}} = \frac{10 \text{ W}}{(0.36 \cdot 0.85)} = 32.67 \text{ W} \approx 33 \text{ W} = 0.04 \text{ hp}$$

#### 4.1.5.5. Selección del motor y el reductor para el movimiento horizontal

Para seleccionar el motor y el reductor se utilizó un software italiano llamado sitiriduttori. Es una compañía europea especializada en transmisión de potencia y con un enfoque industrial.

El programa es sumamente fácil de manejar y permite elegir de acuerdo a las necesidades los motores y los reductores involucrando apropiadamente las variables de potencia, velocidad y torque.

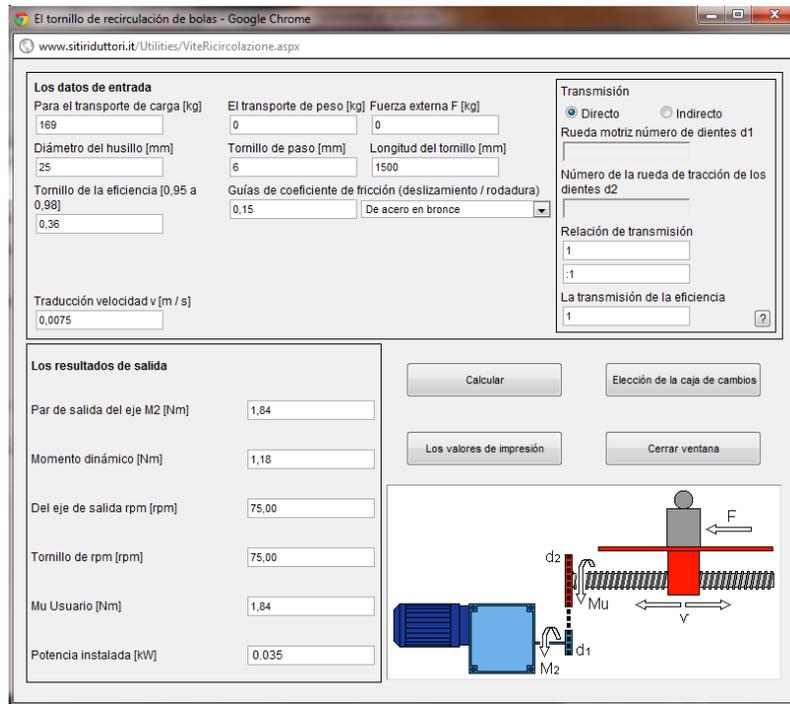
Los parámetros ingresados son los cálculos anteriormente realizados:

Tabla 29. Parámetros ingresados para seleccionar motor horizontal

<b>Carga</b>	169 Kg
<b>Peso del carro</b>	0 kg
<b>Fuerza externa</b>	0 kg
<b>Diámetro del tornillo</b>	25 mm
<b>Paso del tornillo</b>	6 mm
<b>Longitud total del tornillo</b>	1500 mm
<b>Eficiencia del tornillo</b>	0,36
<b>Factor de fricción</b>	0,15
<b>Velocidad de translación</b>	0,0075 m/s
<b>Relación de transmisión</b>	1:1
<b>Transmisión</b>	Directa

Fuente: tabla realizada por el autor

Figura 69. Cálculo torque para movimiento horizontal



**Los datos de entrada**

Para el transporte de carga [kg]: 169

El transporte de peso [kg]: 0

Fuerza externa F [kg]: 0

Diámetro del husillo [mm]: 25

Tornillo de paso [mm]: 6

Longitud del tornillo [mm]: 1500

Tornillo de la eficiencia [0,95 a 0,98]: 0,96

Guías de coeficiente de fricción (deslizamiento / rodadura): 0,15

De acero en bronce

Traducción velocidad v [m / s]: 0,0075

**Transmisión**

Directo  Indirecto

Rueda motriz número de dientes d1: \_\_\_\_\_

Número de la rueda de tracción de los dientes d2: \_\_\_\_\_

Relación de transmisión: 1

La transmisión de la eficiencia: 1

**Los resultados de salida**

Par de salida del eje M2 [Nm]: 1,84

Momento dinámico [Nm]: 1,18

Del eje de salida rpm [rpm]: 75,00

Tornillo de rpm [rpm]: 75,00

Mu Usuario [Nm]: 1,84

Potencia instalada [kW]: 0,035

Botones: Calcular, Elección de la caja de cambios, Los valores de impresión, Cerrar ventana

Fuente: Fuente: <http://www.sitiriduttori.it>

Figura 70. Selección de motor y reductor



**Buscar parámetros reductor**

Tipo de Reductor: MI

Momento M2 [Nm]: 1,84

Potencia P [kW]: 0,035

N1 velocidad del motor [rpm]: 900

N2 hace girar el eje de salida [rpm]: 75,00

n2\_min (rpm): \_\_\_\_\_

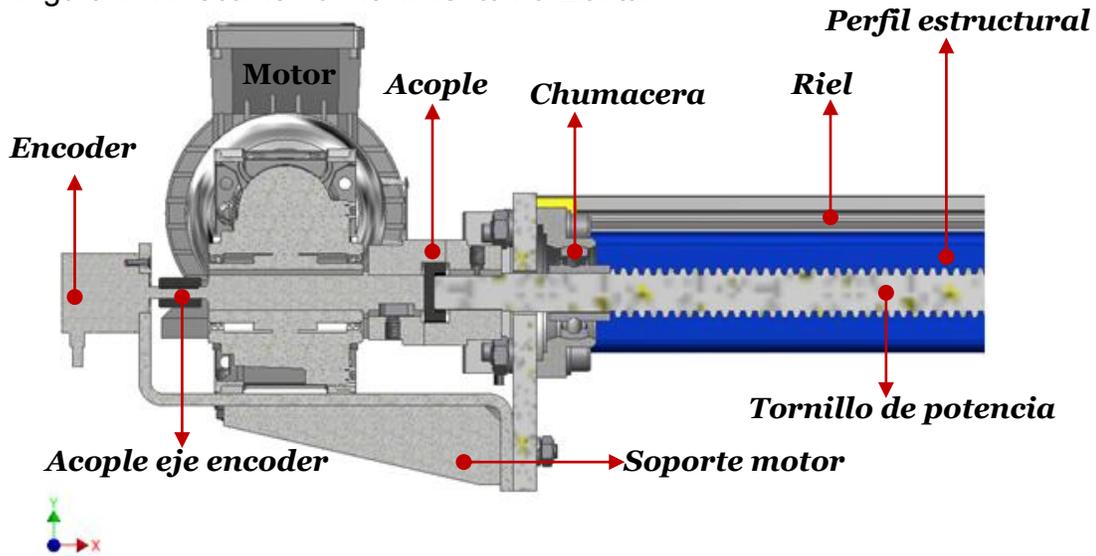
Relación i = N1/N2: 12,00

Botones: Buscar engranajes, Dibujos de dimensiones, Imprimir selección, Cerrar Ventana

	Tipo	Tamaño	n1 [rpm]	La	M2 [Nm]	n2 [rpm]	n2_min [rpm]	P max [kW]	SF *	Motor	Brida	Peso [kg]
->	MI	50	900	10.0	8	90.0		0.090	8.56	63A	B5	3.5
->	MI	50	900	10.0	8	90.0		0.090	8.56	63A	B14	3.5
->	MI	25	900	10.0	7	90.0		0.090	1.34	56C	B14	1.0
->	MI	30	900	10.0	8	90.0		0.090	2.75	56C	B5	1.6
->	MI	30	900	10.0	8	90.0		0.090	2.75	63A	B5	1.6
->	MI	30	900	10.0	8	90.0		0.090	2.75	56C	B14	1.6
->	MI	30	900	10.0	8	90.0		0.090	2.75	63A	B14	1.6
->	MI	40	900	10.0	8	90.0		0.090	4.16	56C	B5	2.5
->	MI	40	900	10.0	8	90.0		0.090	4.16	56C	B14	2.5
->	MI	40	900	10.0	8	90.0		0.090	4.16	63A	B14	2.5
->	MI	40	900	10.0	8	90.0		0.090	4.16	63A	B5	2.5

Fuente: <http://www.sitiriduttori.it>

Figura 71. Mecanismo movimiento horizontal



Fuente: imagen realizada por el autor

#### 4.1.6. Cálculo mecanismo movimiento vertical

##### 4.1.6.1. Velocidad requerida para el movimiento vertical

La velocidad lineal requerida para el movimiento vertical se calcula teniendo en cuenta la distancia a recorrer y el tiempo de recorrido, por tanto:

$$A = \frac{\text{Distancia a recorrer}}{\text{Tiempo de recorrido}} = \frac{1000 \text{ mm}}{3 \text{ min}} = \frac{333.33 \text{ mm}}{\text{min}} \approx \frac{333.33 \text{ mm}}{\text{min}}$$

$$\frac{333.33 \text{ mm}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 0.00555 \text{ m/s} \approx 0.006 \text{ m/s} = \text{Velocidad de subida y bajada}$$

La velocidad de giro del motor es igual a:

$$v = \frac{6.283185307 \text{ rad}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ rev}}{2 \cdot \pi \text{ rad}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = \frac{60 \text{ rev}}{\text{min}} = \text{Velocidad tornillo}$$

Calculando el paso de la tuerca para el movimiento vertical:

$$p = \frac{A}{v} = \frac{333.33 \text{ mm/min}}{60 \text{ rev/min}} = \frac{5.555 \text{ mm}}{\text{rev}} \approx \frac{6 \text{ mm}}{\text{rev}} = \frac{1 \text{ rev}}{6 \text{ mm}}$$

#### 4.1.6.2. Carga axial para los tornillos del movimiento vertical

La fuerza axial se calcula teniendo en cuenta los pesos que debe trasladar el sistema verticalmente:

$F_{axial_{vertical}} = (\text{peso bastidor} + \text{peso bandeja} + \text{peso probeta} + \text{peso del tornillo horizontal} + \text{peso chumaceras} + \text{peso de carros} + \text{peso rieles} + \text{peso perfiles} + \text{peso bujes} + \text{peso de placas que unen carros verticales}) \cdot \text{gravedad}$

*Peso bastidor: 47 kg ; Peso bandeja: 12.2 kg ; Peso probeta: 100 kg*  
*Peso tornillo de potencia horizontal: 9.170 kg*

*Peso de cada soporte de brida con rodamiento (chumacera): 0.757 kg, son dos:*  
*Peso chumaceras:  $2(0.757 \text{ kg}) = 1.514 \text{ kg}$*

*Peso de cada carro: 0.247 kg, son ocho:*  
*Peso carros:  $8 \cdot (0.247 \text{ kg}) = 1.976 \text{ kg}$*

*Peso de cada riel: 1,459 kg, son dos rieles:*  
*Peso rieles:  $2 \cdot (1.459 \text{ kg}) = 2.918 \text{ kg}$*

*Peso de cada perfil: 7.637 kg, son dos perfiles:*  
*Peso perfiles:  $2 \cdot (7.637 \text{ kg}) = 15.274 \text{ kg}$*

*Peso de cada buje: 5.454 kg, son cinco:*  
*Peso bujes:  $5 \cdot (5.454 \text{ kg}) = 27.27 \text{ kg}$*

*Peso de cada placa: 8.055 kg, son dos:*  
*Peso placas que unen carros:  $2 \cdot (8.055 \text{ kg}) = 16.11 \text{ kg}$*

*Peso de cada motor: 3 kg, son dos:*  
*Peso motores:  $2 \cdot (2.5 \text{ kg}) = 5 \text{ kg}$*

Calculando se tiene lo siguiente:

$$F_{axial_{vertical}} = (47 \text{ kg} + 12.2 \text{ kg} + 100 \text{ kg} + 9.170 \text{ kg} + 1.514 \text{ kg} + 1.976 \text{ kg} + 2.918 \text{ kg} + 15.274 \text{ kg} + 27.27 \text{ kg} + 16.11 \text{ kg} + 5 \text{ kg}) \cdot (10 \text{ m/s}^2)$$

$$F_{axial_{vertical}} = (239 \text{ kg}) \cdot (10 \text{ m/s}^2) = 2390 \text{ N}$$

La carga total que hay que subir y bajar es de 2390 N, como hay cuatro tornillos de potencia que van a soportar la fuerza axial, entonces se tiene:

$$W = \frac{2390 \text{ N}}{4} = 597.5 \text{ N}$$

#### 4.1.6.3. Diseño tornillos de potencia verticales

Diseñando el tornillo a través del método de Euler, teniendo en cuenta la carga calculada se tiene que:

$$W_p = \frac{E \cdot \pi^2 \cdot I}{L_e^2} ; I = \frac{\pi \cdot D_{\text{Mínimo Tornillo}}^4}{64}$$

$W$ : carga que debe soportar cada tornillo = 597.5 N

$W_p$ : carga con factor de seguridad

$E$ : módulo de elasticidad del acero = 209 Mpa

$I$ : momento de inercia de un cilindro

$L_e$ : longitud efectiva de la columna = 1000 mm

$\eta$ : coeficiente de seguridad = 3

Reemplazando la ecuación de la inercia, en la de la carga:

$$W_p \cdot L_e^2 = \frac{\pi \cdot E \cdot \pi^2 \cdot D_{\text{Mínimo Tornillo}}^4}{64}$$

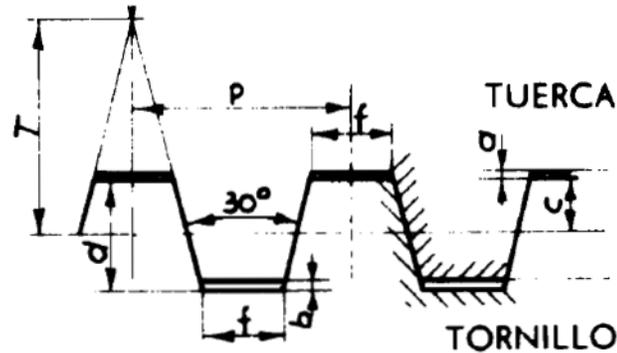
$$\frac{64 \cdot W_p \cdot L_e^2}{\pi^3 \cdot E} = D_{\text{Mínimo Tornillo}}^4$$

$$D_{\text{Mínimo Tornillo}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot W_p \cdot L_e^2}{\pi^3 \cdot E}} ; W_p = W \cdot \eta$$

$$D_{\text{Mínimo Tornillo}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot (W \cdot \eta) \cdot L_e^2}{\pi^3 \cdot E}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot (597.5 \text{ N} \cdot 3) \cdot (1000 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{\pi^3 \cdot (209 \times 10^9 \text{ pa})}} = 0.0115 \text{ m}$$

$$D_{\text{Mínimo Tornillo}} = 11.5 \text{ mm} \approx 12 \text{ mm}$$

Figura 72. Geometría tornillos verticales rosca trapecial métrica



**FORMULAS**

$$\begin{aligned}
 d &= 0,5 \times P + a. \\
 f &= 0,634 \times P - 0,536 \times d. \\
 T &= 0,933 \times P. \\
 c &= 0,25 \times P.
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{aligned}
 a &= \begin{cases} 0,25 \text{ mm. en pasos de } 3 \text{ a } 12 \text{ mm.} \\ 0,5 \text{ mm. en pasos de } 14 \text{ a } 26 \text{ mm.} \end{cases} \\
 b &= \begin{cases} 0,5 \text{ mm. en pasos de } 3 \text{ a } 4 \text{ mm.} \\ 0,75 \text{ mm. en pasos de } 5 \text{ a } 12 \text{ mm.} \\ 1,5 \text{ mm. en pasos de } 14 \text{ a } 26 \text{ mm.} \end{cases}
 \end{aligned}$$

Fuente: A.L. Casillas, máquinas cálculos de taller

$$a = 0.25 \text{ mm}$$

$$b = 0.75 \text{ mm}$$

$$c = 0.25 \cdot p = 0.25 \cdot (6 \text{ mm}) = 1.5 \text{ mm}$$

$$d = 0.5 \cdot p + a = 0.5 \cdot (6 \text{ mm}) + 0.25 \text{ mm} = 3.25 \text{ mm}$$

$$f = 0.634 \cdot p - 0.536 \cdot d = 0.634 \cdot (6 \text{ mm}) - 0.536 \cdot (3.25 \text{ mm}) = 2.062 \text{ mm}$$

$$T = 0.933 \cdot p = 0.933 \cdot (6 \text{ mm}) = 5.598 \text{ mm}$$

$$D_{\text{Medio Tornillo}} = D_{\text{Mínimo Tornillo}} + 2 \cdot \left(\frac{d}{2}\right) = D_{\text{Mínimo Tornillo}} + d$$

$$D_{\text{Medio Tornillo}} = 12 \text{ mm} + 3.25 \text{ mm} = 15.2 \text{ mm} \approx 15 \text{ mm}$$

$$D_{\text{Rosca Tornillo}} = D_{\text{Mínimo Tornillo}} + 2(d)$$

$$D_{\text{Rosca Tornillo}} = 12 \text{ mm} + 2 \cdot (3.25 \text{ mm}) = 18.5 \text{ mm} \approx 19 \text{ mm}$$

Calculando nuevamente la carga máxima que soporta cada tornillo para el sistema vertical, se tiene que:

$$I = \frac{\pi \cdot D_{\text{Medio Tornillo}}^4}{64} = \frac{\pi \cdot (15 \times 10^{-3})^4}{64} = 2.485 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$W_p = \frac{E \cdot \pi^2 \cdot I}{L_e^2} = \frac{(209 \times 10^9) \cdot \pi^2 \cdot (2.485 \times 10^{-9} m^4)}{(1000 \times 10^{-3})^2} = 5125.9 N$$

$$W = \frac{W_p}{\eta} = \frac{5125.9 N}{3} = 1708.6 N > 597.5 N$$

Por cuestiones de ensamble las chumaceras más pequeñas poseen un diámetro de 20 mm, por lo tanto el diámetro del tornillo debe ser mayor a 20 para poder realizar un mecanizado para el acople, entonces se establece finalmente:

$$D_{Rosca\ Tornillo} = 25\ mm; D_{Medio\ Tornillo} = 21\ mm; D_{Mínimo} = 18\ mm$$

#### 4.1.6.4. Torque y potencia para el movimiento vertical

Calculando el momento rotacional de inercia de la carga:

$$J_{carga} = \frac{W}{g} \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \text{paso}} \right)^2 = \frac{597.5\ N}{10\ m/s^2} \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \left( \frac{1\ rev}{6 \times 10^{-3} m} \right)} \right)^2 = 0.00005448\ N \cdot m \cdot s^2$$

$$J_{carga} = 0.00005448\ kg \cdot m^2$$

$$W: carga = 597.5\ N$$

$$g: gravedad = 10\ m/s^2$$

Hallando densidad de peso del los tornillos verticales:

$$\rho_{Material\ tornillo} = 0.280 \frac{lbf}{pul^3} \cdot \frac{4.44822\ N}{1\ lbf} \cdot \frac{1\ pul^3}{(0.0254\ m)^3} = 76005.17 \frac{N}{m^3}$$

Calculando el momento rotacional de los tornillos verticales:

$$J_{Tornillo} = \frac{\pi \cdot L \cdot \rho \cdot R_T^4}{2 \cdot g} = \frac{\pi \cdot (1000 \times 10^{-3} m) \cdot (76005.17\ N/m^3) \cdot (12.5 \times 10^{-3} m)^4}{2 \cdot (10\ m/s^2)}$$

$$J_{Tornillo} = 0.000291476\ N \cdot m \cdot s^2 = 0.000291476\ kg \cdot m^2$$

$$L: longitud\ tornillos\ verticales = 1000\ mm$$

$$g: gravedad = 10\ m/s^2$$

$$R_T: radio\ tornillo = Diámetro\ tornillo/2 = 25\ mm/2 = 12.5\ mm$$

El momento de inercia rotacional del motor (proporcionado por el fabricante):

$$J_{Motor} = 0.00016 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Hallando el momento rotacional total:

$$J_{Total} = J_{carga} + J_{Tornillo} + J_{Motor}$$

$$J_{Total} = 0.00005448 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0.000291476 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0.00016 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$J_{Total} = 0.000505956 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Calculando la aceleración angular del motor:

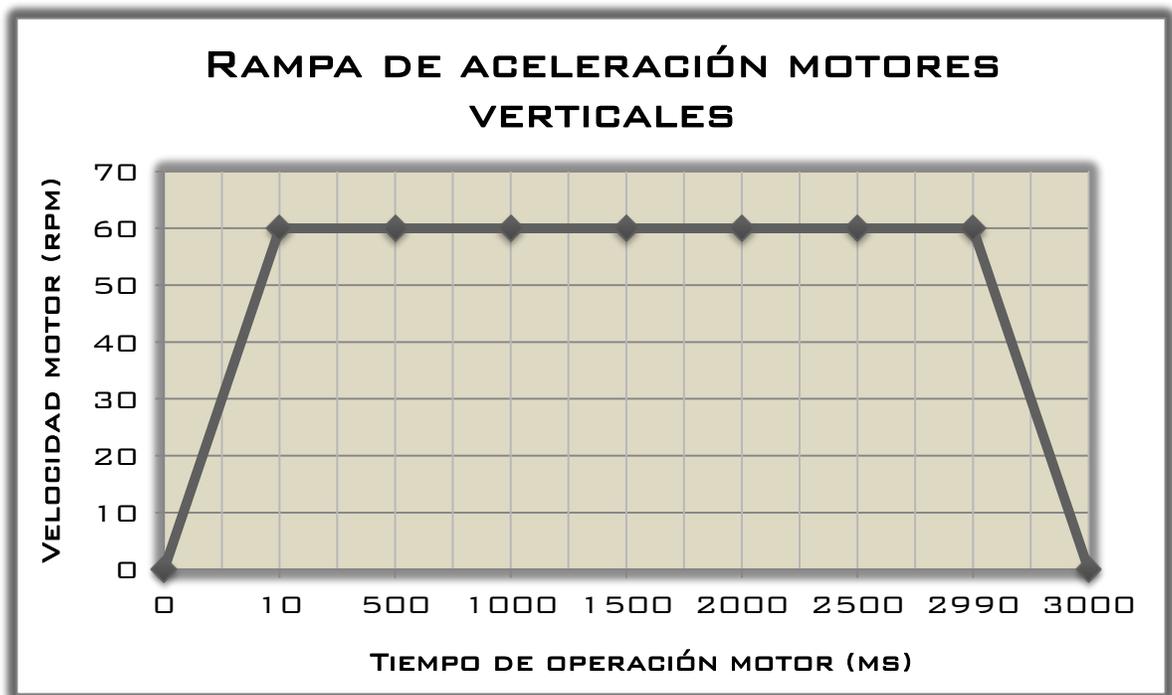
$$\alpha_{acc} = \frac{n_{Motor}}{9.55 \cdot t_{acc}} = \frac{60 \text{ rev/min}}{9.55 \cdot (0.01 \text{ segundos})} = 628.27 \text{ rad/s}^2$$

$n_{Motor}$ : velocidad del motor = 60 rev/min

Asumiendo  $t_{acc}$ : tiempo de aceleración = 0.01 segundos

Tiempo de operación del motor: 3 segundos

Figura 73. Rampa de aceleración motores verticales



Fuente: imagen realizada por el autor

Calculando fuerza de fricción:

$$F_{Fricción} = (\text{Coeficiente de fricción})(\text{Carga}) = \mu_k \cdot W = (0.15)(597.5 \text{ N}) = 89.625 \text{ N}$$

Tabla 30. Coeficientes de fricción para tornillos verticales

Material tornillo – tuerca (sistema roscado)	$\mu_k$
Acero y acero (seco)	0.58
Acero y acero (lubricado)	0.15
Acero y bronce	0.15
Teflón y acero	0.04

Fuente: JOHN MAZURKIEWICZ, Baldor Electric Company

Calculando el torque para vencer la fricción:

$$\lambda = \arctan\left(\frac{p}{\pi \cdot D_{\text{Medio Tornillo}}}\right) = \arctan\left(\frac{6 \text{ mm}}{\pi \cdot (22 \text{ mm})}\right) = 4.962^\circ$$

$$\text{eficiencia} = \frac{\tan \lambda}{\tan(\lambda + \arctan(\mu_k))} = \frac{\tan(4.962^\circ)}{\tan(4.962^\circ + \arctan(0.15))} = 0.36$$

$$T_{Fricción} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{F_{Fricción}}{\text{paso} \cdot \text{eficiencia}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{89.625 \text{ N}}{\left(\frac{1 \text{ rev}}{6 \times 10^{-3} \text{ m}}\right) \cdot 0.36} = 0.237738 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Calculando el torque para elevar carga:

$$T_{\text{Elevar Carga}} = \frac{W \cdot D_{\text{Medio Tornillo}}}{2} \left( \frac{1 + \pi \cdot \mu_k \cdot D_{\text{Medio Tornillo}} \cdot \sec \alpha}{\pi \cdot D_{\text{Medio Tornillo}} - \mu_k \cdot l \cdot \sec \alpha} \right)$$

$$T_{\text{Elevar Carga}} = \frac{(597.5 \text{ N}) \cdot (22 \times 10^{-3} \text{ m})}{2} \left( \frac{1 + \pi \cdot (0.15) \cdot (22) \cdot \sec 30^\circ}{\pi \cdot (22) - (0.15) \cdot (6) \cdot \sec 30^\circ} \right) = 1.252 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Torque de aceleración o torque requerido para mover carga para cada tornillo:

$$T_{\text{Aceleración}} = (J_{\text{carga}} + J_{\text{Tornillo}} + J_{\text{Motor}}) \cdot \alpha_{\text{acc}} + T_{Fricción} + T_{\text{Elevar Carga}}$$

$$T_{\text{Aceleración}} = J_{\text{Total}} \cdot \alpha_{\text{acc}} + T_{Fricción} + T_{\text{Elevar Carga}}$$

$$T_{\text{Aceleración}} = (0.000505956 \text{ kg} \cdot \text{m}^2)(628.27 \text{ rad/s}^2) + 0.237738 \text{ N} \cdot \text{m} + 1.252 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{Aceleración} = 1.80 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Para cada lado de la estructura donde hay dos pares de tornillos:

$$T_{Aceleración} = 1.80 \text{ N} \cdot \text{m} + 1.80 \text{ N} \cdot \text{m} = 3.6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Torque de desaceleración o torque requerido para frenar movimiento:

$$T_{Desaceleración} = -(J_{carga} + J_{Tornillo} + J_{Motor}) \cdot \alpha_{acc} + T_{Fricción} - T_{Elevar\ carga}$$

$$T_{Desaceleración} = -J_{Total} \cdot \alpha_{acc} + T_{Fricción} - T_{Energía}$$

$$T_{Desaceleración} = -(0.000505956 \text{ kg} \cdot \text{m}^2)(628.27 \text{ rad/s}^2) + 0.237738 \text{ N} \cdot \text{m} - 1.252 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{Desaceleración} = -1.33 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Para cada lado de la estructura donde hay dos pares de tornillos:

$$T_{Desaceleración} = -1.33 \text{ N} \cdot \text{m} - 1.33 \text{ N} \cdot \text{m} = -2.66 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Calculando la potencia de salida en cada lado de la estructura se tiene:

$$\omega = 60 \text{ rev/min} = 6.283185307 \text{ rad/s}$$

$$P = T_{Aceleración} \cdot \omega = (3.6 \text{ N} \cdot \text{m})(6.283185307 \text{ rad/s}) = 22.61 \text{ W}$$

Incluyendo la eficiencia de los elementos involucrados para el movimiento en cada extremo (tornillo, cadena y reductor) del Banco Balístico de Pruebas, y expresando en ecuaciones matemáticas se obtiene lo siguiente:

$$eficiencia_{sistema} = \frac{P_{Salida}}{P_{Entrada}}$$

$$P_{Entrada} = \frac{P_{Salida}}{eficiencia_{Tornillo} \cdot eficiencia_{Cadena} \cdot eficiencia_{Reductor}}$$

$$P_{Entrada} = \frac{22.61 \text{ W}}{(0.36 \cdot 0.85 \cdot 0.85)} = 86.92 \text{ W} \approx 87 \text{ W} = 0.11 \text{ hp}$$

Para cada lado del movimiento vertical se va a utilizar una cadena de rodillos para la transmisión. La selección de la cadena depende de la potencia. Por tanto teniendo en cuenta la potencia calculada y un factor de seguridad de 2, se obtiene:

$$P_{Máxima} = F_s \cdot P_{Requerida} = 0.11 \text{ hp} \cdot 2 = 0.22 \text{ hp}$$

#### 4.1.6.5. Selección del motor y el reductor para el movimiento vertical

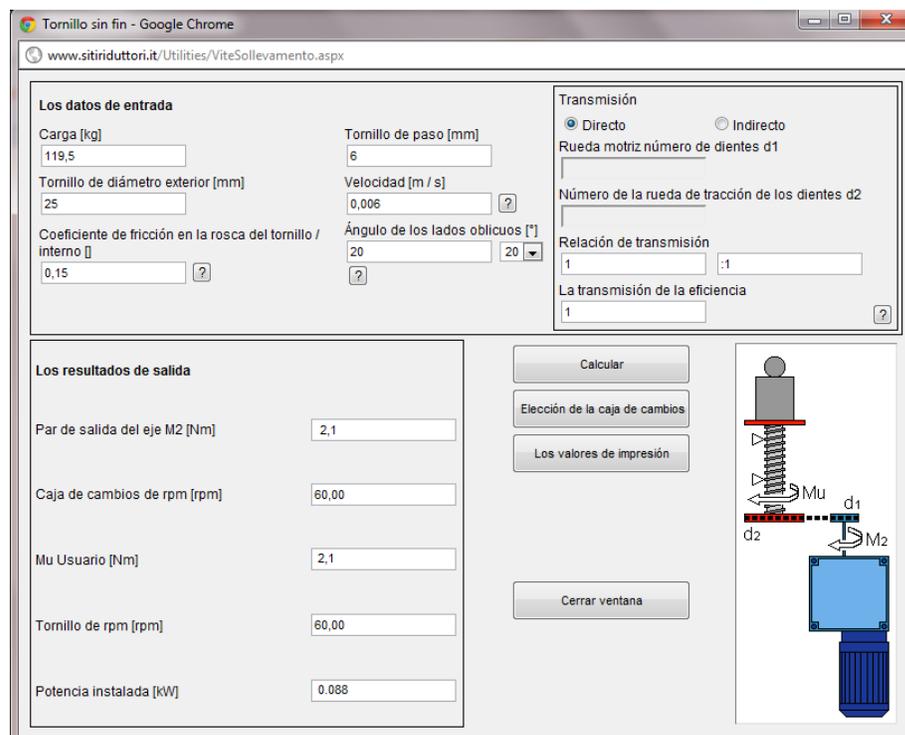
Para seleccionar el motor y el reductor se utilizó un software italiano llamado sitiriduttori. Los parámetros ingresados son los cálculos anteriormente realizados y se reúnen en la siguiente tabla:

Tabla 31. Parámetros ingresados para selección del motor

<b>Carga</b>	119.5 Kg
<b>Diámetro del tornillo</b>	25 mm
<b>Paso del tornillo</b>	6 mm
<b>Factor de fricción</b>	0,15
<b>Velocidad de translación</b>	0,0060 m/s
<b>Ángulo de presión</b>	20 grados
<b>Relación de transmisión</b>	1:1
<b>Transmisión</b>	Directa

Fuente: imagen realizada por el autor

Figura 74. Cálculo torque para movimiento vertical



The screenshot shows the 'Tornillo sin fin' (Worm Gear) calculation tool. The interface is divided into several sections:

- Los datos de entrada (Input Data):**
  - Carga [kg]: 119,5
  - Tornillo de paso [mm]: 6
  - Tornillo de diámetro exterior [mm]: 25
  - Velocidad [m / s]: 0,006
  - Coefficiente de fricción en la rosca del tornillo / interno []: 0,15
  - Ángulo de los lados oblicuos [°]: 20
- Transmisión (Transmission):**
  - Directo (selected) / Indirecto
  - Rueda motriz número de dientes d1: [ ]
  - Número de la rueda de tracción de los dientes d2: [ ]
  - Relación de transmisión: 1 : 1
  - La transmisión de la eficiencia: 1
- Los resultados de salida (Output Results):**
  - Par de salida del eje M2 [Nm]: 2,1
  - Caja de cambios de rpm [rpm]: 60,00
  - Mu Usuario [Nm]: 2,1
  - Tornillo de rpm [rpm]: 60,00
  - Potencia instalada [kW]: 0,088
- Buttons:** Calcular, Elección de la caja de cambios, Los valores de impresión, Cerrar ventana.
- Diagram:** A schematic diagram of a worm gear drive lifting a load. It shows a worm gear (d1) meshing with a gear (d2). A load is suspended from the gear, and a motor (M2) is connected to the worm gear. The coefficient of friction is labeled as Mu.

Fuente: <http://www.sitiriduttori.it>

Figura 75. Selección modelo de motor y reductor



Buscar parámetros reductor

Tipo de Reductor: M  
Momento M2 [Nm]: 3.8  
Potencia P [kW]: 0.088

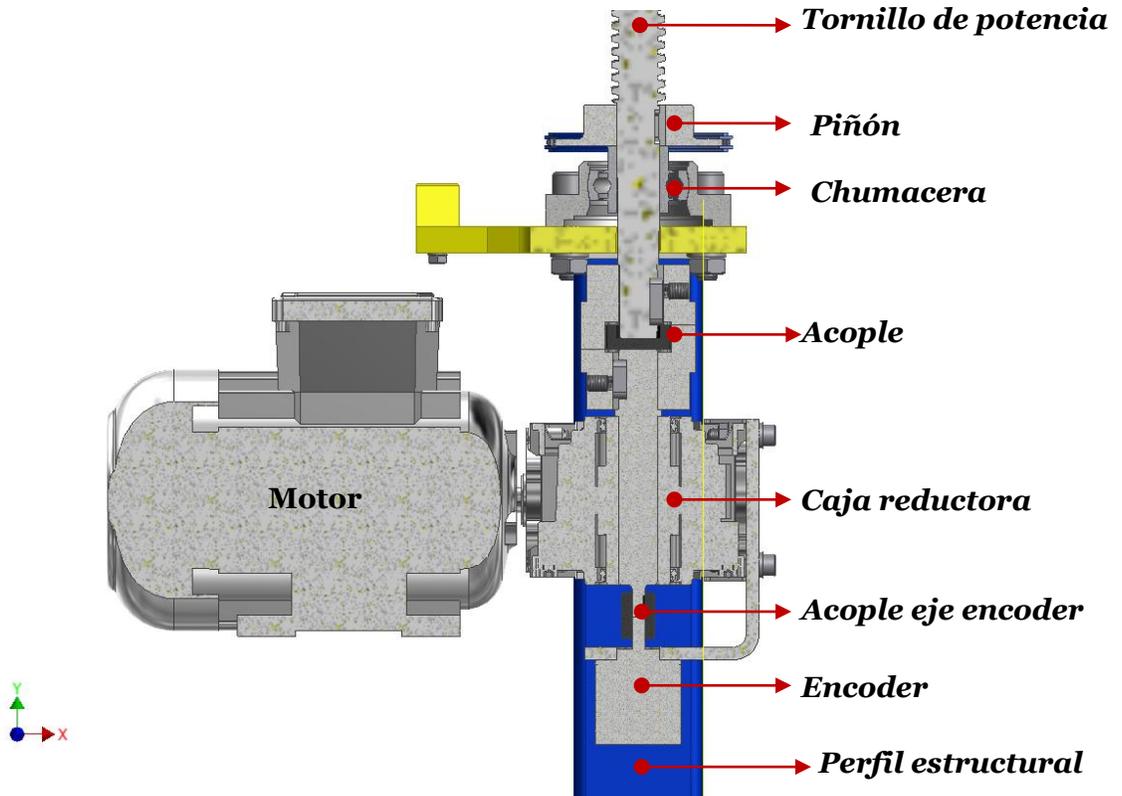
N1 velocidad del motor [rpm]: 900  
N2 hace girar el eje de salida [rpm]: 60.00  
n2\_min [rpm]:  
Relación i = N1/N2: 15.00

Buscar engranajes    Dibujos de dimensiones    Imprimir selección    Cerrar Ventana

	Tipo	Tamaño	n1 [rpm]	La	M2 [Nm]	n2 [rpm]	n2_min [rpm]	P max [kW]	SF *	Motor	Brida	Peso [kg]
->	MI	50	900	15.0	11	60.0		0.090	6.71	63A	B5	3.5
->	MI	50	900	15.0	11	60.0		0.090	6.71	63A	B14	3.5
->	MI	25	900	15.0	11	60.0		0.090	8.94	56C	B14	1.8
->	MI	30	900	15.0	11	60.0		0.090	1.95	56C	B5	1.6
->	MI	30	900	15.0	11	60.0		0.090	1.95	63A	B5	1.6
->	MI	30	900	15.0	11	60.0		0.090	1.95	56C	B14	1.6
->	MI	30	900	15.0	11	60.0		0.090	1.95	63A	B14	1.6
->	MI	40	900	15.0	11	60.0		0.090	3.27	56C	B5	2.5
->	MI	40	900	15.0	11	60.0		0.090	3.27	63A	B5	2.5
->	MI	40	900	15.0	11	60.0		0.090	3.27	56C	B14	2.5
->	MI	40	900	15.0	11	60.0		0.090	3.27	63A	B14	2.5

Fuente: <http://www.sitiriduttori.it>

Figura 76. Mecanismo movimiento vertical



Fuente: imagen realizada por el autor

#### 4.1.7. Cálculo mecanismo movimiento rotacional

Para el movimiento de rotación el motor irá acoplado directo a un eje que permitirá el giro. Por tanto es necesario calcular el torque necesario para mover la carga y que será el parámetro para seleccionar el motor.

##### 4.1.7.1. Diseño sistema de rotación

El rodamiento para el movimiento de rotación se seleccionó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. Análisis de fuerzas
2. Por el tipo de carga, en este caso axial
3. Por cuestión de ensamble (dimensiones, geometría del eje)
4. Estabilidad del bastidor, debido al desplazamiento del centro de gravedad

#### Carga Dinámica

##### Carga radial dinámica equivalente:

$$P_r = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

$P_r$ : carga radial dinámica equivalente

$F_r$ : fuerza radial actual

$F_a$ : fuerza axial actual

$X$ : factor de carga radial (depende del tipo de rodamiento)

$Y$ : factor de carga axial (depende del tipo de rodamiento)

$$P_r = X \cdot (0 \text{ N}) + Y \cdot (1690 \text{ N}) = 0 \cdot (0 \text{ N}) + 1.2 \cdot (1690 \text{ N}) = 2028 \text{ N}$$

##### Carga axial dinámica equivalente:

$$P_a = F_a + 1.2 \cdot F_r$$

$P_a$ : carga axial dinámica equivalente

$F_a$ : fuerza axial actual

$F_r$ : fuerza radial actual

$$P_a = (1690 \text{ N}) + 1.2 \cdot (0 \text{ N}) = 1690 \text{ N} + 0 \text{ N} = 1690 \text{ N}$$

### Carga Estática

#### Carga radial estática equivalente:

$$P_{0r} = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a$$

$$P_{0r} = F_r$$

$P_{0r}$ : carga radial estática equivalente

$F_r$ : fuerza radial actual

$F_a$ : fuerza axial actual

$X_0$ : factor estático de carga radial (depende del tipo de rodamiento)

$Y_0$ : factor estático de carga axial (depende del tipo de rodamiento)

$$P_{0r} = 0 \text{ N}$$

#### Carga axial estática equivalente:

$$P_{0a} = F_a + 2.7 \cdot F_r$$

$P_{0a}$ : carga axial estática equivalente

$F_a$ : fuerza axial actual

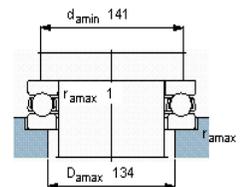
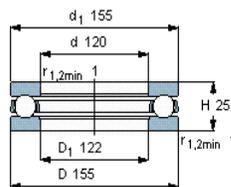
$F_r$ : fuerza radial actual

$$P_{0a} = 1690 \text{ N} + 2.7 \cdot (0 \text{ N}) = 1690 \text{ N} + 0 = 1690 \text{ N}$$

Por tanto, de acuerdo a las necesidades de la máquina se seleccionó el siguiente rodamiento que aguanta cargas axiales:

Figura 77. Rodamiento Seleccionado

Rodamientos axiales de bolas, de simple efecto									
Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga $P_u$	Factor de carga mínima $A$	Velocidades		Masa
d	D	H	C	$C_0$			Velocidad de referencia	Velocidad límite	
mm			kN		kN	-	rpm		kg
120	155	25	88,4	335	10,6	0,58	2200	3000	1,15



Fuente: [www.skf.com.co](http://www.skf.com.co)

#### 4.1.7.2. Torque y potencia para el movimiento rotacional

Calculando el momento rotacional de inercia de la carga:

$$J_{carga} = \frac{W \cdot Radio^2}{2 \cdot g} = \frac{(1470 N)(258 \times 10^{-3} m)^2}{2 \cdot (10 m/s^2)} = 4.892454 N \cdot m \cdot s^2$$

$$J_{carga} = 4.892454 kg \cdot m^2$$

$g$ : gravedad =  $10 m/s^2$

$W$ : carga sólo bastidor =  $1470 N$

Radio: radio de giro de la carga

El momento de inercia del motor (proporcionada por el fabricante):

$$J_{Motor} = 0.0000025 kg \cdot m^2$$

Hallando el momento rotacional total:

$$J_{Total} = J_{carga} + J_{Motor}$$

$$J_{Total} = 4.892454 kg \cdot m^2 + 0.0000025 kg \cdot m^2$$

$$J_{Total} = 4.8924565 kg \cdot m^2$$

Hallando el tiempo total de desempeño del motor, se tiene:

$$60 \text{ segundos} \rightarrow 360 \text{ grados}$$

$$t_{Total} \rightarrow 30 \text{ grados}$$

Despejando el tiempo se tiene:

$$t_{Total} = \frac{30 \text{ grados} \cdot 60 \text{ segundos}}{360 \text{ grados}} = 5 \text{ segundos}$$

Calculando la aceleración angular del motor:

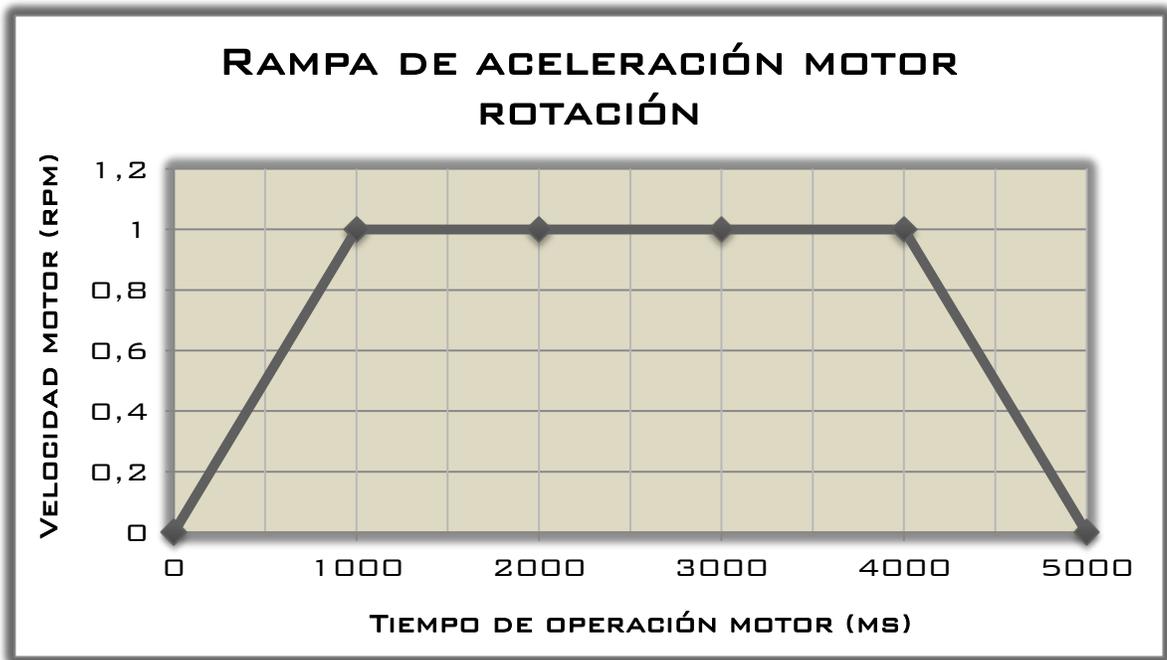
$$a_{cc} = \frac{n_{Motor}}{9.55 \cdot t_{acc}} = \frac{1 \text{ rev/min}}{9.55 \cdot (1 \text{ segundo})} = 0.1047120 \text{ rad/s}^2$$

$n_{Motor}$ : velocidad del motor =  $1 \text{ rev/min}$

Asumiendo  $t_{acc}$ : tiempo de aceleración =  $1 \text{ segundo}$

Tiempo de operación del motor:  $5 \text{ segundos}$

Figura 78. Rampa de aceleración motor de rotación



Fuente: imagen realizada por el autor

Torque de aceleración o torque requerido para mover carga:

$$T_{Aceleración} = \frac{(J_{carga} + J_{Motor}) \cdot \alpha_{acc}}{eficiencia_{Rodamiento}}$$

Asumiendo el rendimiento del rodamiento de un 85%, se tiene lo siguiente:

$$T_{Aceleración} = \frac{J_{Total} \cdot \alpha_{acc}}{eficiencia_{Rodamiento}} = \frac{(4.8924565 \text{ kg} \cdot \text{m}^2)(0.1047120 \text{ rad/s}^2)}{0.85}$$

$$T_{Aceleración} = \frac{0.512298905028 \text{ N} \cdot \text{m}}{0.85} = 0.60 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Torque de desaceleración o torque requerido para frenar movimiento:

$$T_{Desaceleración} = -(J_{carga} + J_{Motor}) \cdot \alpha_{acc}$$

$$T_{Desaceleración} = -J_{Total} \cdot \alpha_{acc} = -(4.8924565 \text{ kg} \cdot \text{m}^2)(0.1047120 \text{ rad/s}^2)$$

$$T_{Desaceleración} = -0.51 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Calculando la potencia se tiene entonces:

$$\omega = 1 \text{ rev/min} = 0.10472 \text{ rad/s}$$

$$P = T_{Aceleración} \cdot \omega = (0.60 \text{ N} \cdot \text{m})(0.10472 \text{ rad/s}) = 0.063 \text{ W}$$

#### 4.1.7.3. Selección del motor para el movimiento rotacional

El motor seleccionado de acuerdo a los cálculos realizados es el siguiente:

**Referencia:** R88M – K90H - B

**Potencia de salida:** 10 W

**Torque nominal:** 1.2 N·m

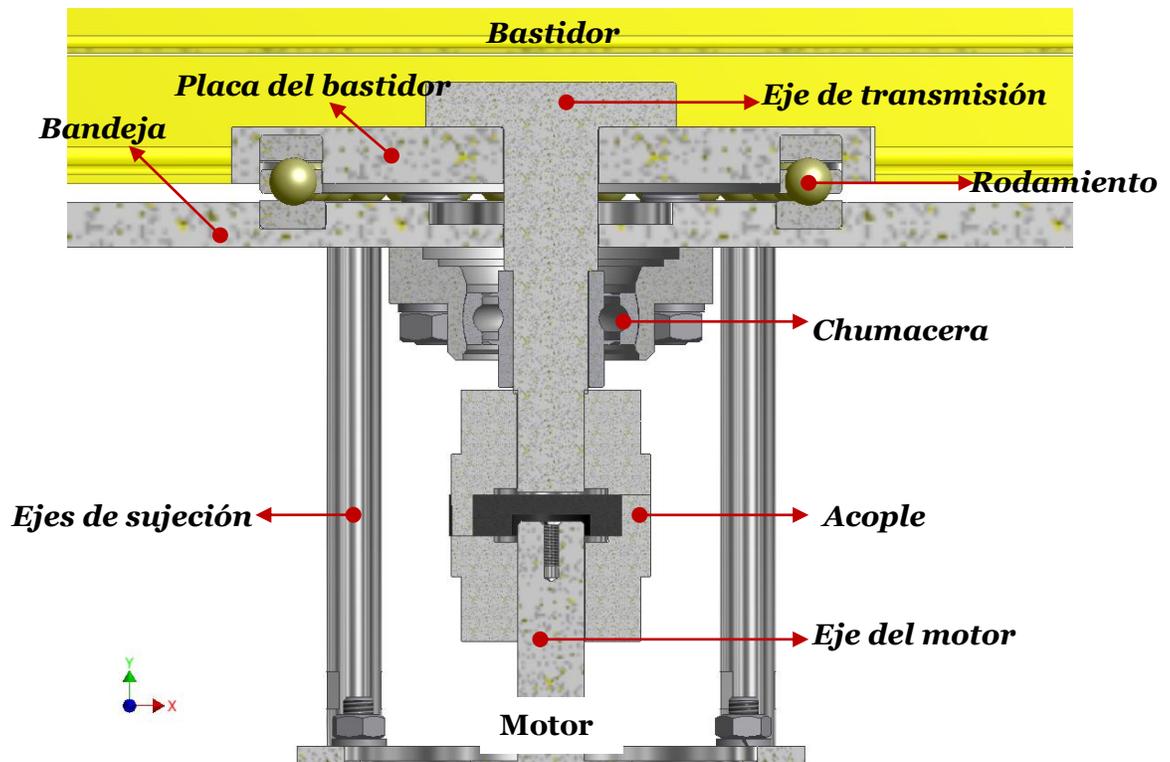
**Velocidad:** 12 rev/min

**Alimentación:** 110 V AC

**Peso:** 4 kg

**Marca:** OMRON AUTOMATION

Figura 79. Mecanismo movimiento de rotación

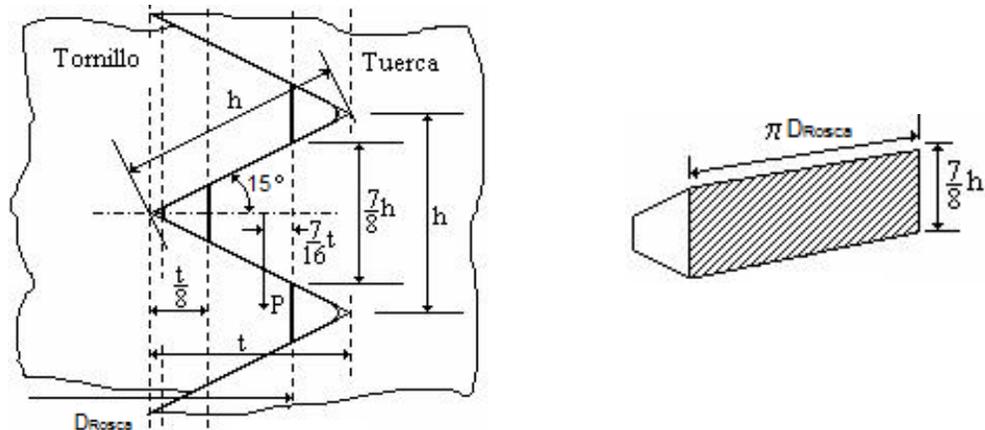


Fuente: imagen realizada por el autor

#### 4.1.8. Cálculo de la tuerca

Cálculo de altura de la tuerca para los tornillos de potencia que se van a utilizar, que serán bujes roscados, debido a que el sistema es roscado:

Figura 80. Geometría rosca trapecial métrica para análisis de esfuerzos



Fuente: imagen realizada por el autor

Se supone que el mayor esfuerzo que soportan los filetes de la tuerca es de flexión. Según la teoría de la Resistencia de Materiales, considerando al filete de la tuerca como una ménsula, la fuerza  $P$  que actúa a una distancia  $l$ , provocará un momento flector  $M$ , el cual será soportado por la sección  $W$ . Si se analiza la Figura anterior para rosca trapecial en la cual se muestran las medidas de los filetes de la tuerca, se tiene que según la hipótesis de carga la fuerza  $P$  está aplicada a una distancia  $l$  del diámetro del filete del tornillo es igual a:

$$l = \frac{7}{16} \cdot t$$

El módulo resistente del filete de la rosca  $W$  es según la Figura:

$$W = \frac{z \cdot \pi \cdot D_{Rosca \text{ Tornillo}} \cdot \eta}{6} \cdot \left(\frac{7}{8} \cdot h\right)^2$$

$h$ : paso del tornillo

$z$ : número de pasos del filete que comprende la altura de la tuerca

$z \cdot \pi \cdot D_{Rosca\ Tornillo}$ : base del rectángulo de la sección que resiste el esfuerzo  $P$

$\frac{7}{8} \cdot h$ : altura del rectángulo de la sección que resiste el esfuerzo  $P$

Por tanto el momento flector es:

$$M = P \cdot l = W \cdot \sigma_f$$

Reemplazando y añadiendo el factor de seguridad:

$$P \cdot \left(\frac{7}{16} \cdot t\right) \cdot \eta = \left[ \frac{z \cdot \pi \cdot D_{Rosca\ Tornillo}}{6} \cdot \left(\frac{7}{8} \cdot h\right)^2 \right] \cdot \sigma_f$$

$$t = h \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = h \cdot \cos\left(\frac{30^\circ}{2}\right) = h \cdot \cos(15^\circ)$$

$$\frac{7}{16} \cdot (\cos 15^\circ) \cdot h \cdot P \cdot \eta = \frac{z \cdot \pi \cdot D_{Rosca\ Tornillo}}{6} \cdot \left(\frac{7}{8} \cdot h\right)^2 \cdot \sigma_f$$

$$0.42 \cdot h \cdot P \cdot \eta = \frac{z \cdot \pi \cdot D_{Rosca\ Tornillo}}{6} \cdot \left(\frac{7}{8} \cdot h\right)^2 \cdot \sigma_f$$

$$0.42 \cdot h \cdot P \cdot \eta = \frac{z \cdot \pi \cdot D_{Rosca\ Tornillo}}{6} \cdot \frac{49}{64} \cdot h^2 \cdot \sigma_f$$

$$\frac{0.42 \cdot P \cdot 6 \cdot 64 \cdot \eta}{49 \cdot \pi \cdot D_{Rosca\ Tornillo} \cdot \sigma_f} = \frac{z \cdot h^2}{h}$$

$$\frac{0.42 \cdot P \cdot 6 \cdot 64 \cdot \eta}{49 \cdot \pi \cdot D_{Rosca\ Tornillo} \cdot \sigma_f} = z \cdot h$$

Como:

$$z \cdot h = H: \text{altura de la tuerca}$$

Entonces reemplazando:

$$\frac{0.42 \cdot P \cdot 6 \cdot 64 \cdot \eta}{49 \cdot \pi \cdot D_{Rosca\ Tornillo} \cdot \sigma_f} = H$$

$$\frac{3.29 \cdot P \cdot \eta}{z \cdot D_R \cdot \sigma_f} = H$$

$$\frac{P \cdot \eta}{3.29^{-1} \cdot \pi \cdot D_{Rosca\ Tornillo} \cdot \sigma_f} = H$$

$$\frac{P \cdot \eta}{0.304 \cdot \pi \cdot D_{Rosca\ Tornillo} \cdot \sigma_f} = H$$

Como al mismo tiempo el tornillo soporta esfuerzos de tracción dado por la expresión:

$$P = \frac{\pi \cdot D_R^2}{4} \cdot \sigma_t$$

Entonces, reemplazando:

$$\frac{\frac{\pi \cdot D_R^2}{4} \cdot \sigma_t \cdot \eta}{0.304 \cdot \pi \cdot D_{Rosca\ Tornillo} \cdot \sigma_f} = H$$

$$\frac{0.25 \cdot \pi \cdot D_{Rosca\ Tornillo}^2 \cdot \sigma_t \cdot \eta}{0.304 \cdot \pi \cdot D_{Rosca\ Tornillo} \cdot \sigma_f} = H$$

$$\frac{0.25 \cdot D_{Rosca\ Tornillo} \cdot \sigma_t \cdot \eta}{0.304 \cdot \sigma_f} = H$$

Como el esfuerzo de tensión es casi igual al esfuerzo de flexión, se puede establecer que:

$$\sigma_t = \sigma_f$$

$$\frac{0.25 \cdot D_{Rosca\ Tornillo} \cdot \sigma_f \cdot \eta}{0.304 \cdot \sigma_f} = H$$

$$H = 0.82 \cdot D_{Rosca\ Tornillo} \cdot \eta$$

Reemplazando los valores se sabe que los tornillos verticales y el tornillo horizontal tienen el mismo diámetro de rosca; además utilizando un factor de seguridad de 5 se obtiene:

$$H = 0.82 \cdot (25\text{ mm}) \cdot (5) = 102.5\text{ mm}$$

Como se puede observar la altura de la tuerca depende del diámetro de rosca (diámetro mayor) del tornillo de potencia.

El material de los bujes es bronce fosforado, ya que reduce el desgaste de estos elementos deslizantes. Los bujes se protegen con un cilindro de acero para evitar

el deterioro que pueden causar las esquirlas del impacto de la prueba y para fijarlos a las placas. Además la presión admitida en bujes de bronce es mayor que en otros materiales, como se puede observar a continuación:

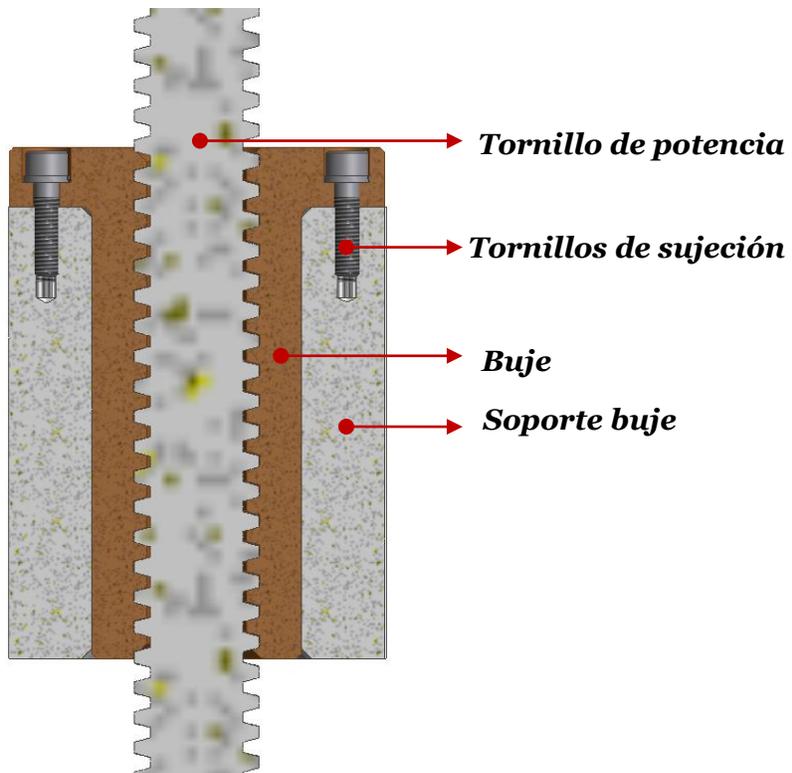
Tabla 32. Presión admitida entre el tornillo y la tuerca

Material		Presión Admitida [MPa]	
Tornillo	Buje	Tornillo	Buje
Acero	Hierro fundido	5	7
Acero	Bronce	5	15
Acero	Acero	7.5	10

Fuente: Autodesk Inventor

El ensamble tornillo – tuerca se puede observar a continuación:

Figura 81. Mecanismo tornillo - tuerca



Fuente: imagen realizada por el autor

#### 4.1.9. Selección de cadena de rodillos y los piñones

Para hallar el número de dientes de los piñones que se requiere para la transmisión de potencia, debe haber una relación entre la velocidad a la que tiene que girar el piñón y la potencia que se utilizará para el movimiento.

En este caso se tiene que la velocidad angular mínima debe ser de 60 rev/min, y una potencia mínima de 0.11 hp. Analizando las tablas del proveedor INTERMEC, la velocidad debe ser mayor a 50 rev/min, y la siguiente opción es de 100 rev/min, por tanto se tomó la segunda como referencia.

Con este parámetro se buscó una equivalencia con la potencia anteriormente mencionada, y un diseño donde el diámetro exterior fuera mayor a 25 mm que es el diámetro de rosca de los tornillos verticales, y el diámetro interior permitiera mecanizarse para que las ruedas dentadas se acoplaran a los tornillos de potencia.

Figura 82. Tabla de capacidad para seleccionar número de dientes

		TABLA DE CAPACIDAD																																			
		CADENA ESTANDAR SENCILLA DE RODILLOS No. 25 PASO 1/4"																																			
No. de dientes piñón conductor	Potencia máxima	R.P.M DEL PIÑON CONDUCTOR																																			
		50	100	300	500	700	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	10000											
35		0.10	0.19	0.51	0.80	1.08	1.36	1.76	2.15	2.53	2.91	3.41	4.01	4.61	5.20	5.78	5.60	4.86	4.26	3.78	3.38	3.05	2.73	2.53	2.32	1.98											
40		0.12	0.22	0.58	0.92	1.25	1.57	2.03	2.48	2.93	3.36	3.93	4.64	5.32	6.00	6.68	6.85	5.93	5.21	4.62	4.13	3.73	3.38	3.09	2.83	2.42											
45		0.13	0.25	0.66	1.05	1.42	1.78	2.31	2.82	3.32	3.82	4.47	5.26	6.05	6.82	7.58	8.17	7.08	6.21	5.51	4.93	4.45	4.04	3.69	3.38	2.89											
		Lubricación Tipo A								Lubricación Tipo B								Lubricación Tipo C																			
LUBRICACIÓN TIPO A: A mano, con aceitera o brocha. LUBRICACIÓN TIPO B: En baño de aceite o por salpique. LUBRICACIÓN TIPO C: Al chorro bajo presión.		<p>La información contenida en estas tablas está basada en los estándares de la ASOCIACION AMERICANA DE FABRICANTES DE CADENAS ( American Chain Association).</p> <p>INFORMACIÓN INTERMEC</p>																																			
		<p>Cuando se trata de cadenas de hilera múltiple de este paso, multiplique la capacidad por:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No. DE HILERAS</th> <th>FACTOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3.3</td> </tr> </tbody> </table>																												No. DE HILERAS	FACTOR	2	1.7	3	2.5	4	3.3
No. DE HILERAS	FACTOR																																				
2	1.7																																				
3	2.5																																				
4	3.3																																				

Fuente: [www.intermec.com.co](http://www.intermec.com.co)

Calculando la relación de velocidad de los piñones:

$$\frac{n_{Engrane\_1}}{n_{Engrane\_2}} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$z_2 = \frac{z_1 \cdot n_{Engrane\_1}}{n_{Engrane\_2}} = \frac{z_1 \cdot (60 \text{ rev/min})}{(60 \text{ rev/min})}$$

$$z_1 = z_2 = 40 \text{ dientes}$$

La lubricación de la cadena será tipo A, debido a que es la más recomendada para la potencia mecánica hallada. Como se utilizó un factor de seguridad de 2 en los cálculos del movimiento vertical, la potencia máxima es:

$$P_{Máxima} = P_{Requerida} \cdot Fs = 0.11 \text{ hp} \cdot 2 = 0.22 \text{ hp}$$

El factor es sumamente apropiado para los requerimientos de diseño, y la potencia con el factor de seguridad, permitió seleccionar adecuadamente los piñones.

Figura 83. Referencia de los piñones para seleccionarlos



Fuente: [www.intermec.com.co](http://www.intermec.com.co)

La referencia de los piñones que se tiene para diseñar la transmisión de potencia del Banco Balístico es de 25B40, es decir, cadena número 25; tipo B, ya que poseen una manzana que permite ensamblarlos con los tornillos de potencia y finalmente poseen 40 dientes; buscando la información en la siguiente Figura, se determinan las demás medidas de las ruedas dentadas a utilizar.

Figura 84. Selección de los piñones

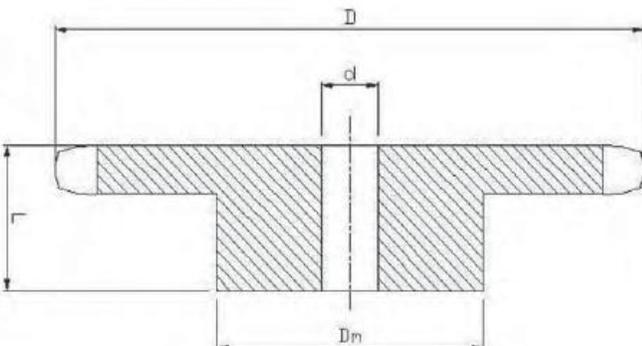
www.intermec.com.co

**INTERMEC**  
PIÑONES  
**1/4 (25)**  
Sencillos

**TABLA DE DIMENSIONES**  
DE LOS PIÑONES INTERMEC PASO 1/4" (6.35)  
para Cadena ANSI No. 25 Tipo B Sencillos

**Dimensiones en Milímetros**

REF	D	Dm	L	d
25B40	84,5	51	19	12,70
25B41	86,5	51	19	12,70
25B42	88,8	51	19	12,70
25B43	90,6	51	19	12,70



Fuente: www.Intermec.com.co

Se tienen por tanto las siguientes medidas:

$$D_{Exterior} = 84.5 \text{ mm}$$

$$D_{Manzana} = 51 \text{ mm}$$

$$Longitud = 19 \text{ mm}$$

$$D_{Interior} = 12.70 \text{ mm (se mecaniza para que quede de 25 mm)}$$

Como la cadena que más se acomodó a los requerimientos de diseño fue la Cadena ANSI Sencilla Número 25, se muestran a continuación las medidas principales; para desarrollar los cálculos de la estructura de la cadena, se analizará con más profundidad la geometría de la misma más adelante.

El proveedor que proporcionó esta información fue la empresa INTERMEC, empresa colombiana dedicada a distribuir elementos mecánicos para la transmisión de potencia.

Figura 85. Medidas números de cadenas comerciales ANSI sencillas

INTERMEC www.intermec.com.co

### TABLA DE DIMENSIONES DE LAS CADENAS ANSI SENCILLAS

En pulgadas. El paso figura tanto en pulgadas como en milímetros. Para convertir a milímetros cualquier otra dimensión, multiplíquese por 25.4



DIMENSIONES									
CADENA NUMERO	PASO "P"	LARGO RODILLO "W"	DIAMETRO RODILLO "D"	DIAMETRO PASADOR "C"	GRUESO CHAPETA "F"	ANCHO CHAPETA "H"	M.	LIMITE DE ROTURA Lbs.	PESO Lbs. POR PIE 30.5 cms.
25	1/4" * 6.35 mm	0.125	0.130	0.0905	0.030	0.234	0.188	0.875	0.09
35	3/8" * 9.52 mm	0.187	0.200	0.141	0.050	0.350	0.267	2.100	0.21
40	1/2" * 12.7 mm	0.312	0.312	0.156	0.060	0.466	0.380	3.700	0.42

Fuente: [www.intermec.com.co](http://www.intermec.com.co)

Se tienen por tanto las siguientes especificaciones de la cadena seleccionada de acuerdo a las exigencias del proyecto:

*Cadena número: 25 ANSI sencilla*

*Paso (P): 6.35 mm*

*Largo del rodillo (W): 0.125 pulgadas = 3.175 mm*

*Diámetro rodillo (D): 0.130 pulgadas = 3.302 mm*

*Diámetro pasador (C): 0.0905 pulgadas = 2.299 mm*

*Grueso chapeta (F): 0.030 pulgadas = 0.762 mm*

*Ancho chapeta (H): 0.234 pulgadas = 5.9 mm*

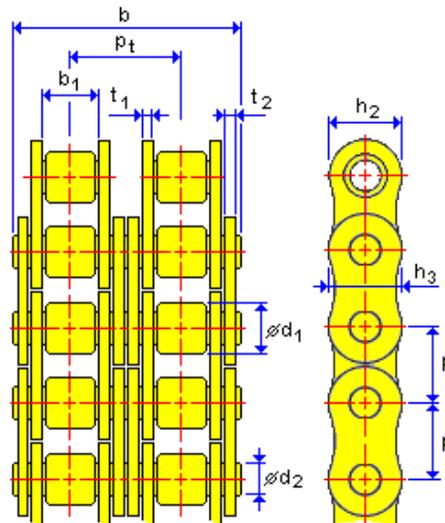
*Límite de rotura Lbs: 0.875 libras = 0.4 kg*

*Peso lbs por pie: 0.09 libras = 0.04 kg*

Con estos datos, se puede analizar con mayor profundidad la geometría de la cadena y las ruedas dentadas, hallando los demás parámetros.

#### 4.1.10. Cálculos para la transmisión de potencia

Figura 86. Geometría cadena de rodillos



Fuente: Autodesk Inventor

Donde:

$p$ : paso o separación = 6.350 mm

$p_t$ : paso transversal o separación transversal = 6.401 mm

$b$ : anchura máxima entre placas interiores = 8.636 mm

$b_1$ : anchura mínima entre placas exteriores = 3.175 mm

$d_1$ : diámetro máximo del rodillo = 3.302 mm

$d_2$ : diámetro máximo del cuerpo del pasador = 2.299 mm

$t_1$ : grosor de placas interiores = 0.762 mm

$t_2$ : grosor de placas exteriores = 0.762 mm

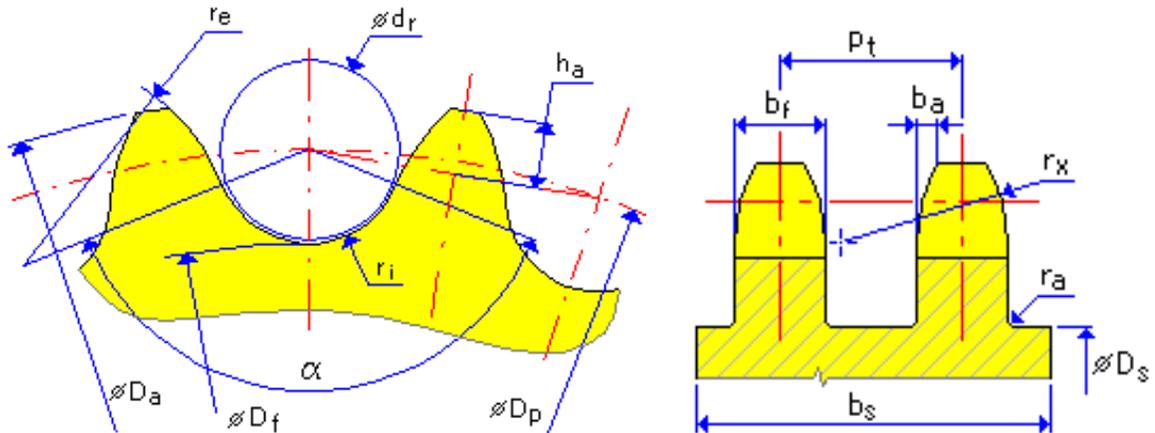
$h_2$ : profundidad máxima de la placa interior = 5.994 mm

$h_3$ : profundidad máxima de la placa exterior o intermedia = 5.207 mm

Las medidas se obtuvieron de la cadena ANSI sencilla número 25, ya que es la apropiada para el diseño que se está llevando a cabo. La selección se realizó teniendo en cuenta la potencia mecánica que provocará el movimiento y la velocidad de giro de las ruedas dentadas; luego con estos parámetros se determinó la cantidad de dientes de los piñones, eligiendo uno comercial, lo cual permitió hallar las demás variables de la geometría de los mismos.

#### 4.1.10.1. Cálculo de las ruedas dentadas

Figura 87. Geometría de las ruedas dentadas



Fuente: Autodesk Inventor

$$D_p = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{\pi}{z}\right)} = \frac{6.35 \text{ mm}}{\text{sen}\left(\frac{\pi}{40}\right)} = 80.934 \text{ mm}$$

$$D_a = D_p \cdot \cos\left(\frac{\pi}{z}\right) + 2 \cdot h_a = (80.934 \text{ mm}) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{40}\right) + 2 \cdot (1.905 \text{ mm}) = 84.494 \text{ mm}$$

$$D_f = D_p - 2 \cdot r_i = (80.934 \text{ mm}) - 2 \cdot (1.697 \text{ mm}) = 77.539 \text{ mm}$$

$$b_s = p_t \cdot (k - 1) + b_f = (6.401 \text{ mm}) \cdot (1 - 1) + (3.105 \text{ mm}) = 3.105 \text{ mm}$$

$$b_a = b_{axf} \cdot p; \quad b_{axf} = \frac{b_a}{p} = \frac{0.794 \text{ mm}}{6.35 \text{ mm}} = 0.1250$$

$$r_i = \frac{d_r}{2} + SC = \frac{3.302 \text{ mm}}{2} + 0.046 \text{ mm} = 1.697 \text{ mm}$$

Donde:

$D_p$ : diámetro de separación = 80.934 mm

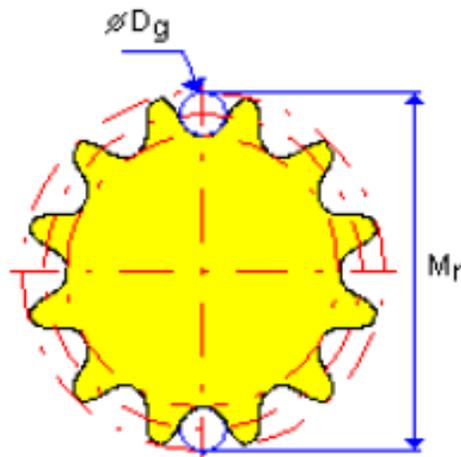
$D_a$ : diámetro de extremo = 84.494 mm

$D_f$ : diámetro raíz = 77.539 mm  
 $d_r$ : diámetro máximo de rodillo = 3.302 mm  
 $z$ : número de dientes de las ruedas dentadas = 40 dientes  
 $p$ : paso o separación = 6.35 mm  
 $p_t$ : paso transversal o separación transversal = 6.401 mm  
 $k$ : número de tramos = 1  
 $SC$ : juego de apoyo = 0.046 mm  
 $r_i$ : radio de apoyo del tornillo = 1.697 mm  
 $r_e$ : radio de flanco del diente = 16.642 mm  
 $\alpha$ : ángulo de apoyo del rodillo = 137.75 grados  
 $h_a$ : altura del diente sobre el polígono de separación = 1.905 mm  
 $b_f$ : anchura del diente = 3.105 mm  
 $b_a$ : desahogo del lado del diente = 0.794 mm  
 $b_{axf}$ : factor de desahogo del lado del diente = 0.1250  
 $r_x$ : radio del lado del diente = 6.750 mm  
 $r_a$ : radio de empalme de la cubierta = 0.254 mm  
 $b_s$ : anchura mínima de la cubierta = 3.105 mm  
 $D_s$ : diámetro máximo de la cubierta = 73.064 mm

- **Medición ruedas dentadas**

Figura 88. Medición de la rueda dentada para dientes pares

Número par de dientes



Fuente: Autodesk Inventor

$$M_r = D_p + 2 \cdot D_g - d_r$$

Para medir sobre los pasadores  $D_g = d_r$ , entonces se tiene:

$$M_r = (80.934 \text{ mm}) + 2 \cdot (3.302 \text{ mm}) - (3.302 \text{ mm}) = 84.236 \text{ mm}$$

Donde:

$D_p$ : diámetro de separación

$D_g$ : diámetro de pasador de medida

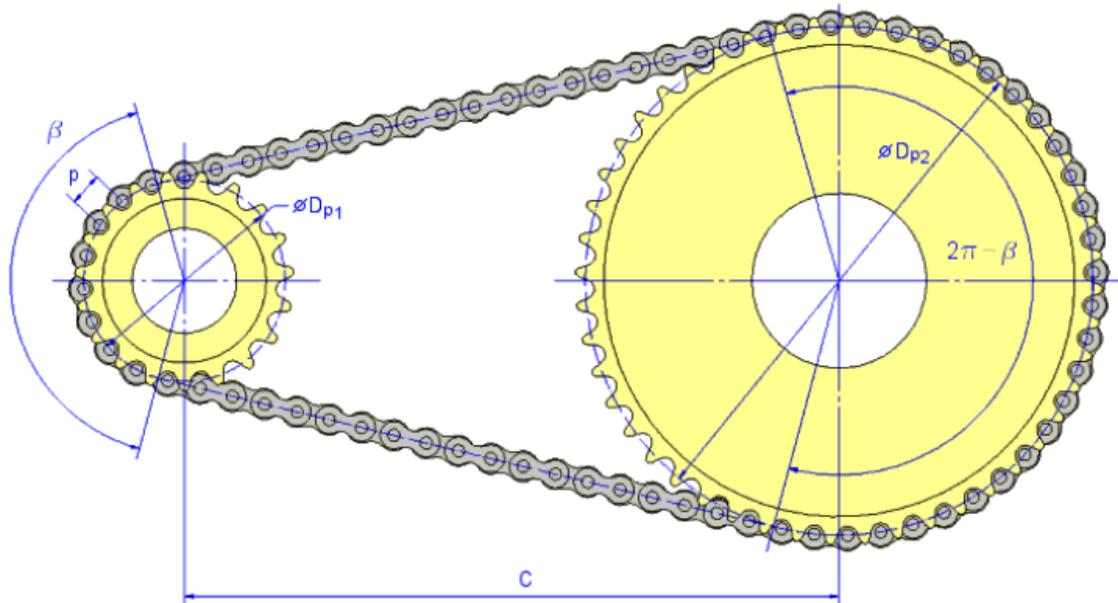
$M_r$ : medición de pasadores o medición directa

$z$ : número de dientes de las ruedas dentadas

$D_g = d_r =$  diámetro máximo del rodillo

- **Número necesario de eslabones para la cadena**

Figura 89. Cantidad de eslabones de la cadena



Fuente: Autodesk Inventor

En este caso ambas ruedas dentadas tienen las mismas medidas ya que la relación de transmisión es 1:1.

$$X_0 = 2 \cdot \frac{C}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{p \cdot \left( \frac{|z_2 - z_1|}{2 \cdot \pi} \right)}{C}$$

Donde:

$p$ : paso o separación

$C$ : distancia entre centros = 640 mm

$z_1$ : número de dientes de la rueda dentada No. 1 = 40 dientes

$z_2$ : número de dientes de la rueda dentada No. 2 = 40 dientes

$X_0$ : número de eslabones de la cadena = 242 eslabones

Reemplazando se tiene lo siguiente:

$$X_0 = 2 \cdot \frac{640 \text{ mm}}{6.35 \text{ mm}} + \frac{40 + 40}{2} + \frac{6.35 \text{ mm} \cdot \left( \frac{|40 - 40|}{2 \cdot \pi} \right)}{640 \text{ mm}} = 241.57$$

El número necesario de eslabones de cadena se redondea al par o impar más cercano, por consiguiente:

$$X_0 = 241.57 \approx 242 \text{ eslabones}$$

El ángulo de contacto se determina como:

$$\beta = 2 \cdot \arccos \frac{D_{p2} - D_{p1}}{2 \cdot C} = 2 \cdot \left( \arccos \left( \frac{(80.934 \text{ mm} - 80.934 \text{ mm})}{2 \cdot (640 \text{ mm})} \right) \right) = \pi \text{ radianes}$$

$$\beta = \pi \text{ radianes} = 180 \text{ grados}$$

Donde:

$\beta$ : ángulo de contacto = 180 grados

$C$ : distancia entre centros = 640 mm

$D_{p1}$ : diámetro de separación rueda dentada No. 1

$D_{p2}$ : diámetro de separación rueda dentada No. 2

Si se toma en cuenta el tensor, que es el piñón más pequeño, entonces el ángulo de contacto es:  $\beta = 185.3 \text{ grados}$ . Como el tensor va de afuera hacia adentro de la cadena (recomendación del proveedor en este caso INTERMEC), entonces el ángulo de contacto aumenta un poco, en este caso 5 grados.

Las cadenas con el desgaste se estiran ocasionando lapsos y aumentando la vibración. Estas fluctuaciones promueven el desgaste prematuro de los rodamientos, por estas razones es fundamental utilizar un tensor en el sistema de transmisión de potencia.

Calculando el número de dientes en contacto:

$$z_c = z \cdot \frac{\beta}{360 \text{ grados}} = 40 \text{ dientes} \cdot \frac{185.3 \text{ grados}}{360 \text{ grados}} = 20.58 \text{ dientes} \approx 21 \text{ dientes}$$

La cadena tiene contacto con 21 dientes de las dos ruedas montadas en los tornillos de potencia, el tensor tiene 3 dientes en contacto.

Calculando el área de contacto de la cadena:

$$b_2 = ((2 \cdot t) + b_1) = ((2 \cdot 0.762 \text{ mm}) + 3.175 \text{ mm}) = 4.699 \text{ mm}$$

$$A_{\text{Contacto}} = b_2 \cdot d_2 = (4.699 \text{ mm}) \cdot (2.299 \text{ mm})$$

$$A_{\text{Contacto}} = 10.8 \text{ mm}^2$$

Donde:

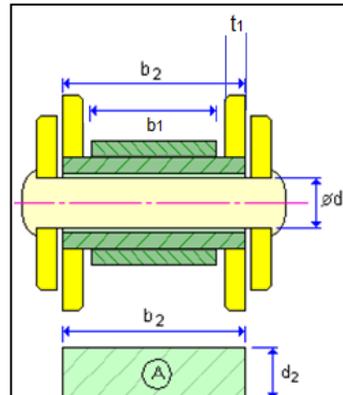
$A_{\text{Contacto\_cadena}}$ : área de contacto de la cadena =  $10.8 \text{ mm}^2$

$t$ : grosor de placas =  $0.762 \text{ mm}$

$b_1$ : anchura mínima entre placas exteriores =  $3.175 \text{ mm}$

$d_2$ : diámetro máximo del cuerpo del pasador =  $2.299 \text{ mm}$

Figura 90. Área de contacto



Fuente: Autodesk Inventor

- **Cálculo de la longitud de la cadena**

La longitud de la cadena se halla simplemente multiplicando la cantidad de eslabones por el paso, se tiene:

$$L_{Cadena} = X_0 \cdot p = (242) \cdot (6.35 \text{ mm}) = 1536.7 \text{ mm} \approx 1537 \text{ mm}$$

$$L_{Cadena} = 1.537 \text{ metros}$$

Donde:

$L_{Cadena}$ : longitud de la cadena = 1537 mm

$X_0$ : número de eslabones = 242 eslabones

$p$ : paso o separación = 6.35 mm

- **Cálculos de las proporciones de la resistencia de la cadena**

Potencia a transmitir:

$$P_{Transmitir} = \frac{T_{Motor} \cdot \eta \cdot \pi \cdot n_{Motor}}{30} = \frac{(3.6 \text{ N} \cdot \text{m}) \cdot (1.7) \cdot \pi \cdot (60 \text{ rev/min})}{30} \approx 39 \text{ W}$$

Donde:

$P_{Transmitir}$ : potencia a transmitir = 39 W

$T_{Motor}$ : torque del motor = 6.25 N · m

$\eta$ : Factor de seguridad = 1.7

$n_{Motor}$ : velocidad de giro del motor = 60 rev/min

Velocidad de la cadena:

$$V_{Cadena} = \frac{D_p \cdot \pi \cdot n_{Motor}}{60} = \frac{(80.934 \text{ mm}) \cdot \pi \cdot (60 \text{ rev/min})}{60}$$

$$V_{Cadena} = 254.2 \text{ mm/s} = 0.254 \text{ m/s}$$

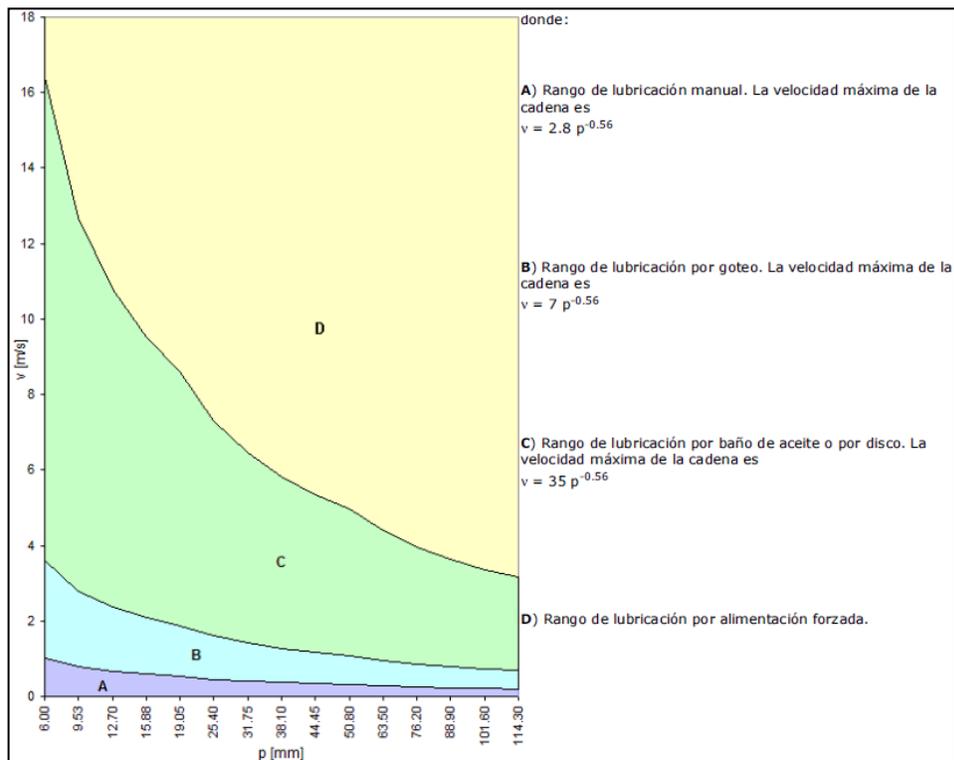
Donde:

$D_p$ : diámetro de separación de las ruedas dentadas = 80.934 mm

$n_{Motor}$ : velocidad de giro del motor = 60 rev/min

$V_{Cadena}$ : velocidad cadena = 0.254 m/s

Figura 91. Tipos de lubricación



Fuente: Autodesk Inventor

En este caso se verifica si la lubricación manual (lubricación tipo A) es la apropiada para el sistema, calculando la velocidad máxima de la cadena:

$$v(p) = 2.8 \cdot (p)^{-0.56} = 2.8 \cdot (6.35 \text{ mm})^{-0.56} = 0.99 \text{ m/s}$$

Donde:

$v(p)$ : velocidad máxima de la cadena en función del paso de la misma = 0.99 m/s  
 $p$ : paso o separación de la cadena = 6.35 mm

Ahora comparando, para validar el diseño:

$$v_{\text{cadena}} < v(p)$$

$$0.254 \text{ m/s} < 0.99 \text{ m/s}$$

El diseño es viable ya que la velocidad de la cadena está por debajo de la velocidad máxima que se recomienda para la lubricación tipo A.

Tracción efectiva de cadena o carga de tracción:

$$F_p = \frac{P_{Transmitir}}{v_{Cadena}} = \frac{39 W}{0.254 m/s} = \frac{39 N \cdot m/s}{0.254 m/s} = 154.5 N$$

Donde:

$F_p$ : tracción efectiva de cadena o carga de tracción = 154.5 N

$P_{Transmitir}$ : potencia a transmitir = 39 W

$v_{Cadena}$ : velocidad de la cadena = 0.254 m/s

Fuerza centrífuga de la cadena:

$$F_c = m_{Especifica\_Cadena} \cdot v_{Cadena}^2$$

$$F_c = \left(0.521 \frac{Kg}{m}\right) \cdot \left(0.254 \frac{m}{s}\right)^2 = \left(0.521 \frac{Kg}{m}\right) \cdot \left(0.064516 \frac{m^2}{s^2}\right) = 0.034 \frac{Kg \cdot m}{s^2}$$

$$F_c = 0.034 N$$

Donde:

$F_c$ : fuerza centrífuga de la cadena = 0.034 N

$m_{Especifica\_Cadena}$ : masa específica de la cadena

$v_{Cadena}$ : velocidad de la cadena = 0.254 m/s

Tensión máxima en el intervalo de la cadena especificado:

$$F_{Tmáx} = F_p + F_c$$

$$F_{Tmáx} = 154.5 N + 0.034 N = 154.534 N$$

Donde:

$F_{Tmáx}$ : tensión máxima en el intervalo de la cadena especificado = 154.534 N

$F_p$ : tracción efectiva de cadena o carga de tracción = 154.5 N

$F_c$ : fuerza centrífuga de la cadena = 0.034 N

#### 4.1.10.2. Comprobación de resistencia de la cadena

A continuación se analiza la resistencia de la cadena, realizando los cálculos pertinentes y que permiten validar el diseño propuesto.

Cuando se diseña una cadena de rodillos es importante recurrir a la siguiente teoría para establecer si la cadena seleccionada funciona correctamente en las condiciones de funcionamiento especificadas o requeridas.

El factor estático de seguridad de ruptura de la cadena se calcula para cargas constantes mediante la siguiente fórmula:

$$S_s = \frac{F_u}{F_{Tm\acute{a}x}} \geq S_{sm\acute{i}n}$$

$$S_s = \frac{3469.613 N}{154.534 N} \geq 5$$

$$22.45 \geq 7$$

Donde:

$S_{sm\acute{i}n}$ : coeficiente de seguridad estático mínimo admitido = 7

$F_u$ : resistencia máxima a tracción de la cadena = 3469.613 N

$F_{Tm\acute{a}x}$ : tensión máxima en el intervalo de la cadena especificado = 154.534 N

El diseño es viable ya que se verifica el factor de seguridad estático. Mayor a 7 para el Banco Balístico de Pruebas.

El factor dinámico de seguridad de ruptura de la cadena se calcula para picos de cargas mediante la siguiente fórmula:

$$S_D = \frac{F_u}{F_{Tm\acute{a}x} \cdot Y} \geq S_{Dm\acute{i}n}$$

$$S_D = \frac{3469.613 N}{(154.534 N) \cdot (4)} \geq 5$$

$$5.61 \geq 5$$

Donde:

$S_{Dm\acute{i}n}$ : coeficiente de seguridad dinámico mínimo admitido = 5

$F_u$ : resistencia máxima a tracción de la cadena = 3469.613 N

$F_{Tm\acute{a}x}$ : tensión máxima en el intervalo de la cadena especificado = 154.534 N

$Y$ : factor de impacto (impacto pesado) = 4

Tabla 33. Factor de impacto para máquinas según funcionamiento

Y (Factor de impacto)	Aplicación
1.0	Funcionamiento correcto
1.5	Funcionamiento correcto con impactos ocasionales
2.0	Impactos ligeros, sobrecargas moderadas con picos puntuales
3.0	Impactos moderados, sobrecargas fuertes con picos puntuales
4.0	Impactos fuertes, sobrecargas moderadas con picos constantes
5.0	Impactos fuertes, sobrecargas fuertes con picos constantes

Fuente: Autodesk Inventor

El diseño es viable, ya que el factor de seguridad dinámico calculado supera el valor de 5, que es el mínimo establecido. El factor de impacto más acorde para el diseño es el 4, por las cargas que debe soportar el Banco Balístico.

#### - Potencia de diseño y potencia de cadena

La potencia de cadena  $P_R$  está relacionada con la potencia de diseño  $P_D$ . La potencia de cadena debe ser más grande que la potencia de diseño.

$$P_D < P_R$$

Donde:

$$P_D = P \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_5 \cdot f_6 \cdot f_7 \cdot \frac{1}{f_4}$$

$$P_R = P_{RN} \cdot f_3 \cdot \Phi$$

$P$ : potencia para transmitir = 39 W

$P_{RN}$ : potencia de cadena de un único tramo en condiciones normales de funcionamiento

$f_1$ : factor de servicio = 1.72

$f_2$ : factor de tamaño de rueda dentada = 1

$f_3$ : factor de tramos de cadena = 1

$f_4$ : factor de lubricación = 1

$f_5$ : factor de distancia entre ejes/centros = 0.702

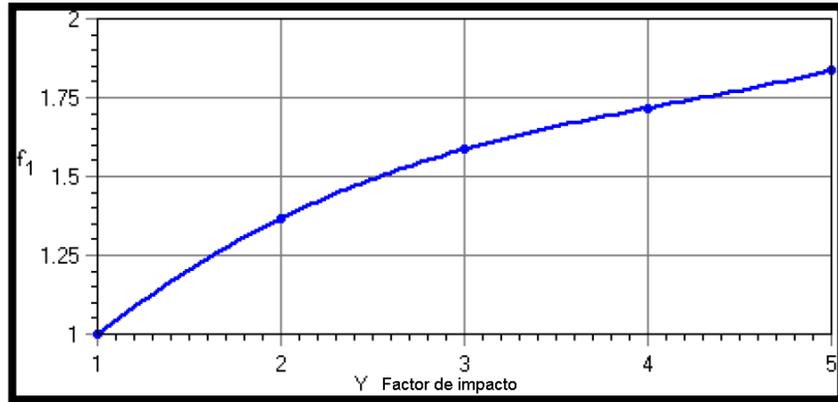
$f_6$ : factor de coeficiente = 1.1

$f_7$ : factor de vida útil = 1.064

$\Phi$ : factor de construcción de cadena = 1

❖  $f_1$ : *factor de servicio*

Figura 92. Factor de servicio de la cadena

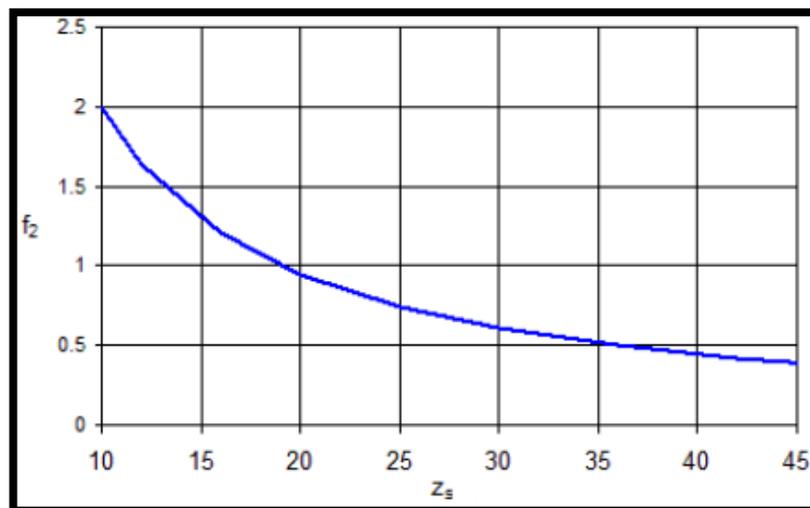


Fuente: Autodesk Inventor

Se observa la gráfica y se determina que  $f_1 = 1.72$ , pues el factor de impacto para el diseño es de 4, anteriormente definido, según las cargas en el sistema.

❖  $f_2$ : *factor de tamaño de rueda dentada*

Figura 93. Factor de rueda dentada



Fuente: Autodesk Inventor

Reemplazando en la siguiente fórmula se puede hallar el valor de este factor, la rueda dentada más pequeña presente en el sistema es el tensor que posee 20 dientes, por lo tanto:

$$f_2 = \left(\frac{19}{z_s}\right)^{1.08} = \left(\frac{19}{20}\right)^{1.08} = 0.95 \approx 1$$

Donde:

$f_2$ : factor de tamaño de rueda dentada = 1

$z_s$ : número de dientes de la rueda dentada más pequeña = 20 dientes

❖  $f_3$ : factor de tramos de cadena

Tabla 34. Factor tramos de cadena

Tramos de cadena	1	2	3	4	5	6
$f_3$	1	1.7	2.5	3.3	3.9	4.6

Fuente: Autodesk Inventor

Según la tabla  $f_3 = 1$ , ya que sólo se utilizará un tramo de cadena.

❖  $f_4$ : factor de lubricación

Tabla 35. Factor de lubricación de la cadena

Velocidad de la cadena (m/s)	Factor de lubricación			
	Lubricación			Sin lubricación
	Recomendada	Insuficiente		
		<i>Entorno limpio</i>	<i>Entorno con tierra</i>	
Hasta 4	1	0.6	0.3	0.15
Hasta 7		0.3	0.15	Inadmisible
Hasta 12	Inadmisible			
Más de 12				

Fuente: Autodesk Inventor

La lubricación del diseño seleccionada fue la recomendada (manual – tipo A) y que permite la viabilidad del diseño que se está llevando a cabo  $f_4 = 1$ .

❖  $f_5$ : *factor de distancia entre ejes/centros*

Hallando la cantidad total de eslabones en contacto:

$$X_B = X_{p1} + X_{p2} + X_{p3} = 40 + 40 + 20 = 100$$

$$f_5 = \left(\frac{X_B}{X}\right)^{0.4} = \left(\frac{100}{242}\right)^{0.4} = (0.413223)^{0.4} = 0.702$$

Donde:

$f_5$ : *factor de distancia entre ejes/centros* = 0.702

$X_B$ : *número de eslabones de cadena en condiciones normales de funcionamiento* = 100 eslabones

$X$ : *número real de eslabones de la cadena en la transmisión* = 242 eslabones

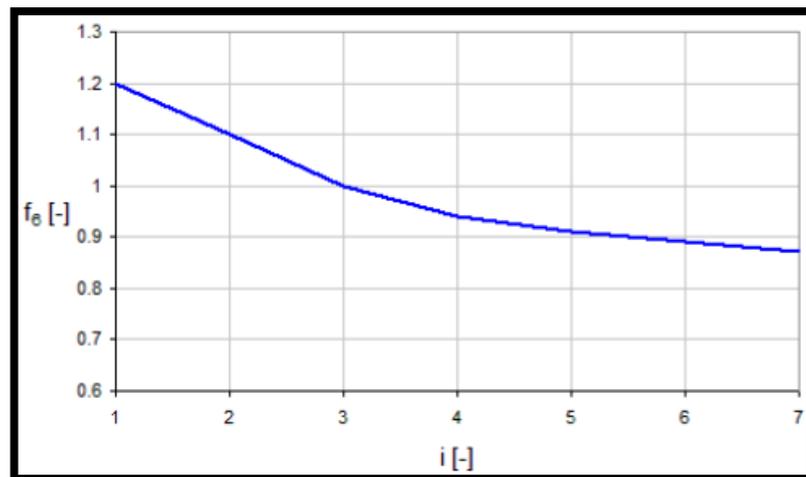
$X_{p1}$ : *cantidad de eslabones en contacto en la rueda dentada No. 1* = 40 dientes

$X_{p2}$ : *cantidad de eslabones en contacto en la rueda dentada No. 2* = 40 dientes

$X_{p3}$ : *cantidad de eslabones en contacto en la rueda dentada No. 3* = 20 dientes

❖  $f_6$ : *factor de coeficiente*

Figura 94. Factor de coeficiente



Fuente: Autodesk Inventor

❖  $f_7$ : factor de vida útil

Figura 95. Vida útil requerida de la cadena

300 - 3000	Aparatos domésticos, instrumentos y herramientas de poco uso
3000 - 8000	Maquinaria para periodos de uso corto o intermitente, herramientas eléctricas manuales
8000 - 12000	Maquinaria de alta fiabilidad para periodos de uso corto o intermitente
10000 - 25000	Maquinaria para funcionamiento durante 8 horas diarias, de uso parcial
20000 - 30000	Maquinaria para funcionamiento entre 8 a 16 horas diarias, de uso pleno
40000 - 60000	Maquinaria para uso continuo
60000 - 200000	Maquinaria para uso continuo con alto nivel de seguridad

Fuente: Autodesk Inventor

El Banco Balístico de Pruebas, será usado durante 8 horas diarias, de uso parcial, por tanto sacando un promedio del rango establecido (10000 a 25000) se obtiene una vida útil requerida de 17500 horas, valor que se utilizará para el cálculo.

Reemplazando en la siguiente fórmula se puede hallar el factor de vida útil, por lo tanto:

$$f_7 = \left( \frac{L_h}{L_{hB}} \right)^{0.4} = \left( \frac{17500}{L_{hB}} \right)^{0.4} = 1.064$$

Donde:

$f_7$ : factor de vida útil = 1.064

$L_h$ : vida útil requerida = 17500 horas

$L_{hB}$ : vida útil normal esperada =

$\Phi$ : factor de construcción de cadena = 1

Hallando finalmente la potencia de diseño:

$$P_D = P \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_5 \cdot f_6 \cdot f_7 \cdot \frac{1}{f_4}$$

Reemplazando las variables se tiene:

$$P_D = (39 W) \cdot (1.72) \cdot (1) \cdot (0.702) \cdot (1.1) \cdot (1.064) \cdot \frac{1}{1} = 55.11 W \approx 55 W$$

$$P_D = 0.055 KW$$

La capacidad de potencia de las transmisiones por cadena en condiciones normales de funcionamiento está limitada por:

- ❖ Fatiga de las placas de eslabón  $P_{R1}$
- ❖ La fatiga del impacto del casquillo y del rodillo  $P_{R2}$
- ❖ La corrosión entre el casquillo y el pasador  $P_{R3}$

$$P_{R1} = 0.0044 \cdot z_s \cdot n_s^{0.96} \cdot p^{(3-0.7 \cdot p)}$$

Reemplazando se tiene:

$$P_{R1} = 0.0044 \cdot (20) \cdot (120 \text{ rev/min})^{0.96} \cdot (0.25'')^{(3-0.7 \cdot (0.25))} = 0.174 \text{ Hp}$$

$$P_{R2} = \frac{17 \cdot z_s \cdot p^{0.8}}{n_s^{1.5}}$$

Reemplazando se tiene:

$$P_{R2} = \frac{17 \cdot (20) \cdot (0.25'')^{0.8}}{(120 \text{ rev/min})^{1.5}} = 0.0853 \text{ Hp}$$

$$P_{R3} = 12.32 \cdot z_s \cdot p^2 \cdot \left( \frac{z_s^3 \cdot n_s^3 \cdot p^5 \cdot (2 + 0.03226 \cdot z_s)}{3.96 \cdot 10^{12}} \right)$$

Reemplazando se tiene:

$$P_{R3} = 12.32 \cdot (20) \cdot (0.25'')^2 \cdot \left( \frac{(20)^3 \cdot (120 \text{ rev/min})^3 \cdot (0.25'')^5 \cdot (2 + 0.03226 \cdot 20)}{3.96 \cdot 10^{12}} \right)$$

$$P_{R3} = 0.0001388 \text{ Hp}$$

$$P_{RN} = \text{mín} (P_{R1}; P_{R2}; P_{R3}) = \text{mín} (0.174; 0.0853; \mathbf{0.000138873}) = 0.000138873 \text{ hp}$$

$$P_{RN} = 0.000138873 \text{ hp} \cdot (0.746 \times 10^3 W) = 0.104 KW$$

Donde:

$P_{R1}$ : capacidad de potencia de transmisión por cadena limitada por la fatiga de las placas de eslabón

$P_{R2}$ : capacidad de potencia de transmisión por cadena limitada por la fatiga

*del impacto del casquillo y del rodillo*

*$P_{R3}$ : capacidad de potencia de transmisión por cadena limitada por la corrosión del casquillo y los pasadores*

*$Z_s$ : número de dientes de la rueda dentada pequeña = 20 dientes*

*$n_s$  = velocidad de la rueda dentada pequeña = 120 rev/min*

*$p$ : paso de la cadena = 0.25 pulgadas*

Calculando la potencia de la cadena se tiene lo siguiente:

$$P_R = P_{RN} \cdot f_3 \cdot \Phi$$

Reemplazando las variables se tiene:

$$P_R = (0.104 \text{ KW}) \cdot (1) \cdot (1) = 0.104 \text{ KW}$$

Verificando:

$$P_D < P_R$$

$$0.055 \text{ KW} < 0.104 \text{ KW}$$

Lo que establece que el diseño de la cadena es apropiado, aguanta las cargas y permite el movimiento vertical de los tornillos de potencia.

#### - **Presión en el área de contacto de la cadena**

Durante la vida útil de la transmisión por cadena, la carga fluctuante de tracción actúa en las superficies de contacto entre los pasadores y los casquillos. Esto provoca una presión específica en el área de contacto de la cadena. Si esta presión supera el valor admisible en el área de contacto, la vida útil se puede reducir notablemente y se produce un error en la comprobación de resistencia. Para llevar a cabo la comprobación de resistencia, se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_B \leq P_0 \cdot \lambda$$

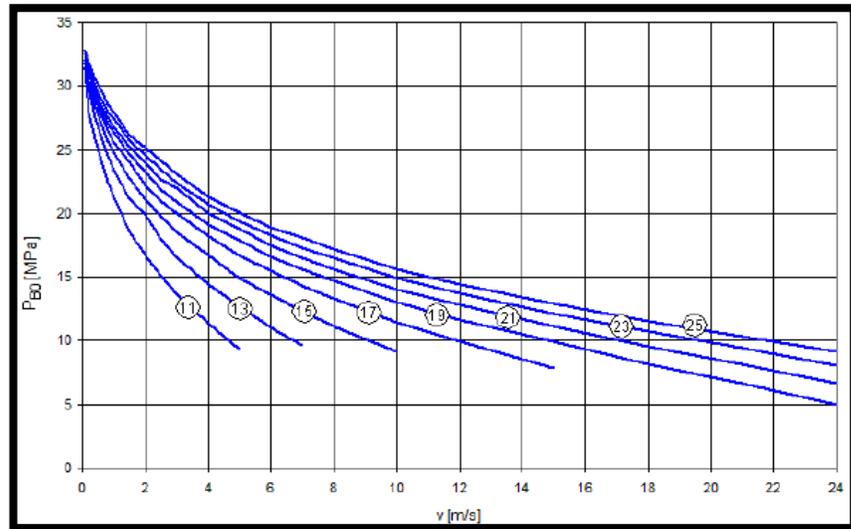
La cantidad de presión real en el área de contacto de la cadena se calcula a partir de la tensión máxima en el intervalo de la cadena mediante la fórmula:

$$P_B = \frac{F_{Tmáx}}{A}$$

$$P_B = \frac{154.534 \text{ N}}{10.8 \text{ mm}^2} = \frac{154.534 \text{ N}}{10.8 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 14.3 \text{ Mpa}$$

La presión admisible en el área de contacto de la cadena viene determinada por:

Figura 96. Presión específica admisible según la velocidad



Fuente: Autodesk Inventor

$$P_0 = P_{B0} \cdot \Phi$$

Para una velocidad de 0.254 m/s hay un  $P_{B0}$  de 30.4 Mpa, según la gráfica anterior, reemplazando los valores se tiene:

$$P_0 = (30.4 \text{ Mpa}) \cdot (1) = 30.4 \text{ Mpa}$$

Donde:

$P_B$ : presión real en el área de contacto de la cadena = 14.3 Mpa

$P_{B0}$ : presión específica admisible en el rodamiento de la cadena en condiciones normales de funcionamiento = 30.4 Mpa

$P_0$ : presión admisible en el área de contacto de la cadena en condiciones normales de funcionamiento = 30.4 Mpa

$F_{T\text{máx}}$ : tensión máxima en el intervalo de la cadena especificado = 154.534 N

$A$ : área de contacto de la cadena =  $10.8 \text{ mm}^2$

$\Phi$ : factor de construcción de la cadena = 1

$\lambda$ : factor de fricción específico = 0.711

Hallando el factor de fricción específico:

$$\lambda = \frac{f_4}{f_1 \cdot f_5 \cdot f_6 \cdot f_7} = \frac{1}{(1.72) \cdot (0.702) \cdot (1.1) \cdot (1.064)} = 0.708$$

Donde:

$\lambda$ : factor de fricción específico = 0.708

$f_1$ : factor de servicio = 1.72

$f_4$ : factor de lubricación = 1

$f_5$ : factor de distancia entre ejes/centros = 0.702

$f_6$ : factor de coeficiente = 1.1

$f_7$ : factor de vida útil = 1.064

Ahora bien:

$$P_0 \cdot \lambda = (30.4 \text{ Mpa}) \cdot (0.708) = 21.52 \text{ Mpa}$$

Verificando la desigualdad establecida anteriormente:

$$P_B \leq P_0 \cdot \lambda$$
$$14.3 \text{ Mpa} \leq 21.52 \text{ Mpa}$$

La presión es adecuada y no excede el valor de referencia, lo que garantiza la viabilidad y consistencia del diseño.

#### - **Análisis de vida útil esperada**

El programa verifica la vida útil esperada para:

- ❖ Un alargamiento de la cadena dado  $t_h$
- ❖ El impacto de la fatiga de las placas de eslabón  $t_{hL}$
- ❖ La fatiga del impacto del casquillo y del rodillo  $t_{hR}$

La comprobación de resistencia se supera si la vida útil requerida es igual o inferior a la vida útil esperada.

$$L_R \leq \text{mín}(t_h; t_{hL}; t_{hR})$$

EL mínimo de estos valores debe ser mayor a la vida útil requerida para la validación del diseño y que sea apropiado para el Banco Balístico de Pruebas.

#### - Vida útil esperada para un alargamiento de cadena dado

Debido al desgaste la cadena se alarga progresivamente durante su vida útil. Cuando el alargamiento de la cadena alcanza el 3%, la vida útil esperada se calcula mediante la siguiente ecuación empírica:

$$t_{h3\%} = 2744 \cdot \left( \frac{f_c \cdot f_m \cdot f_k}{P_B / (1 \times 10^3)} \right) \cdot \frac{X}{v} \cdot \frac{z_1}{\frac{z_1}{z_s} + 1} \cdot \frac{p}{\pi \cdot d_2}$$

Donde:

$t_{h3\%}$ : vida útil esperada para un alargamiento de cadena de 3%

$f_c$ : factor de desgaste = 512.4

$f_m$ : factor de tamaño específico de cadena = 1.53

$f_k$ : factor de velocidad de cadena = 1

$X$ : número de eslabones de la cadena = 242 eslabones

$v$ : velocidad de cadena = 0.254 m/s

$z_1$ : número de dientes de la rueda dentada grande = 40 dientes

$z_s$ : número de dientes de la rueda dentada pequeña = 20 dientes

$p$ : paso de cadena = 6.35 mm

$d_2$ : diámetro del pasador de la cadena = 2.299 mm

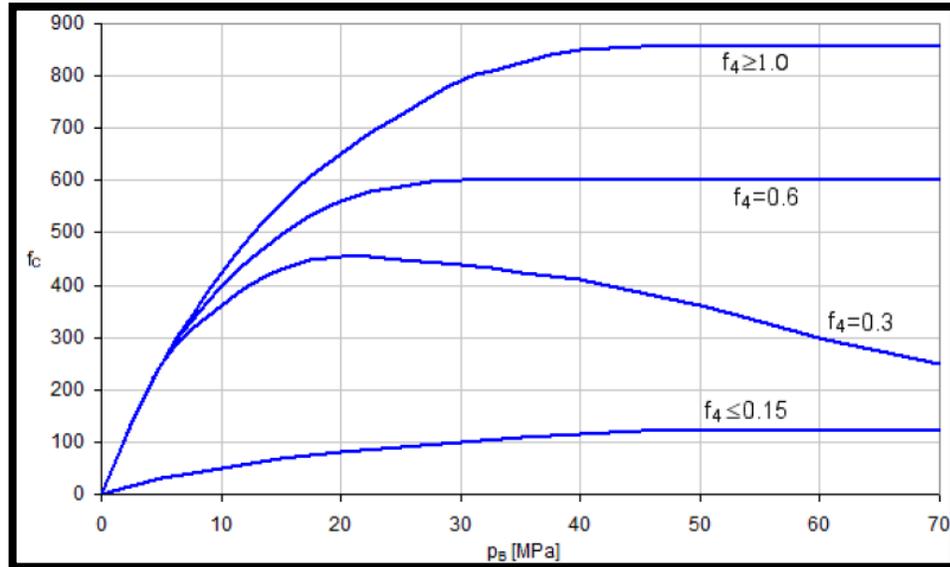
$P_B$ : presión en el área de contacto de la cadena = 14.3 Mpa

A continuación se halla cada uno de los factores que intervienen en la vida útil de la cadena para un alargamiento del 3 por ciento, este cálculo se realiza con el objetivo de prevenir roturas, fracturas o fallas en los eslabones y garantizar un funcionamiento duradero. Los factores involucrados son: factor de desgaste, factor de tamaño específico de cadena y factor de velocidad de cadena, que se basan en gráficas experimentales.

Es importante mencionar que las pruebas que se van a llevar a cabo en el Banco Balístico son de suma importancia y se requiere resistencia no sólo en la estructura mecánica sino también en los elementos de transmisión de potencia.

❖ *Factor de desgaste  $f_c$*

Figura 97. Factor de desgaste de la cadena



Fuente: Autodesk Inventor

Según la gráfica anterior para un  $P_B = 14.3 \text{ Mpa}$  y un factor de lubricación  $f_4 = 1$ , hay un factor de desgaste  $f_c = 512.4$ .

❖ *Factor de tamaño específico de cadena  $f_m$*

Tabla 36. Factor de tamaño específico para cadena

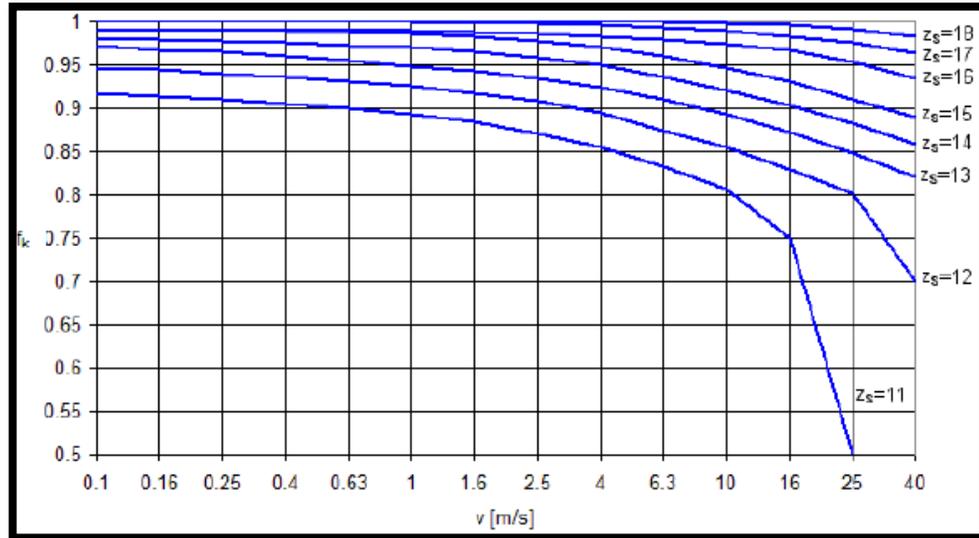
Paso (mm)	4	5	6	6.35	8	9.525	12.7	15.875
$f_m$	1.64	1.57	1.54	1.53	1.49	1.48	1.44	1.39
Paso (mm)	19.05	25.4	31.75	38.1	44.45	50.8	63.5	76.2
$f_m$	1.34	1.27	1.23	1.19	1.15	1.11	1.03	0.96

Fuente: Autodesk Inventor

EL paso de la cadena seleccionado fue de  $\frac{1}{4}$  de pulgada, es decir, 6.35 mm, observando la tabla anterior definimos entonces que  $f_m = 1.53$ .

❖ *Factor de la velocidad de la cadena  $f_k$*

Figura 98. Factor de la velocidad de la cadena



Fuente: Autodesk Inventor

Según la gráfica anterior para una velocidad de cadena de 0.254 m/s y para un piñón pequeño de 20 dientes que se utilizará como tensor, el factor de velocidad  $f_k = 1$ .

Reemplazando los valores hallados en la ecuación anterior se tiene:

$$t_{h3\%} = 2744 \cdot \left( \frac{(512.4) \cdot (1.53) \cdot (1)}{(14.3 \times 10^6 \text{ Pa}) / (1 \times 10^3)} \right) \cdot \frac{242}{0.254 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \cdot \frac{40}{\frac{40}{20} + 1} \cdot \frac{0.00635 \text{ m}}{\pi \cdot 0.002299 \text{ m}}$$

$$t_{h3\%} = 1'680172.5 \text{ horas} \approx 1'680173 \text{ horas}$$

- **Vida útil esperada a causa de la fatiga de las placas de eslabón**

La vida útil esperada sin errores de fatiga de las placas de eslabón se calcula mediante la siguiente fórmula empírica, establecida por las organizaciones especializadas en diseño mecánico.

$$t_{hL} = \frac{X}{n_s} \cdot f_z \cdot \left( f_y \cdot \frac{F_u}{F_p \cdot f_1} \right)^{10}$$

Donde:

$t_{hL}$ : vida útil esperada debido a la fatiga de las placas de eslabón = 685649 hras

$X$ : número de eslabones de la cadena = 242 eslabones

$n_s$ : velocidad de la rueda dentada más pequeña = 120 rev/min

$f_z$ : factor de dientes = 11

$f_y$ : factor de tamaño específico de cadena = 0.2153691

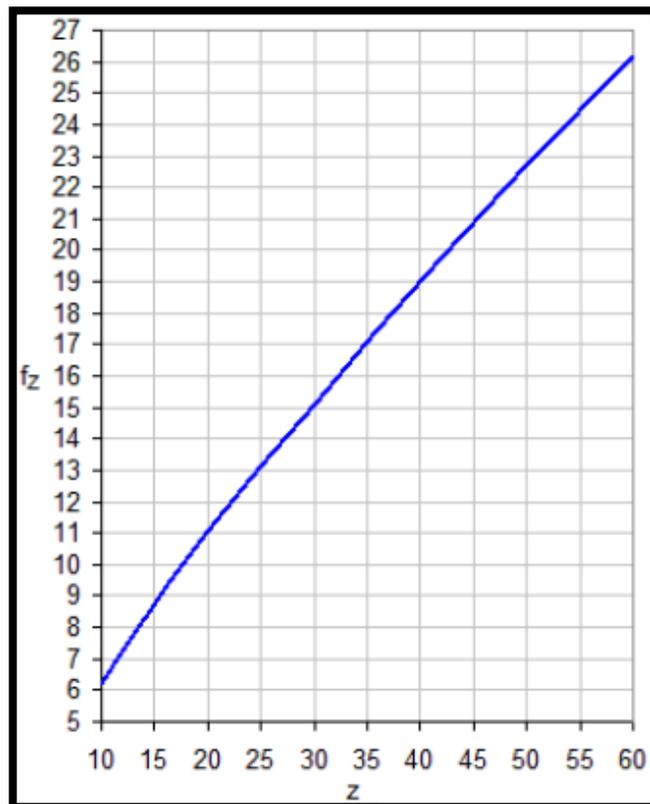
$f_1$ : factor de servicio = 1.72

$F_u$ : resistencia máxima a tracción de la cadena = 3469.613 N

$F_p$ : tracción efectiva de cadena o carga de tracción = 154.5 N

❖ **Factor de dientes  $f_z$**

Figura 99. Factor de dientes

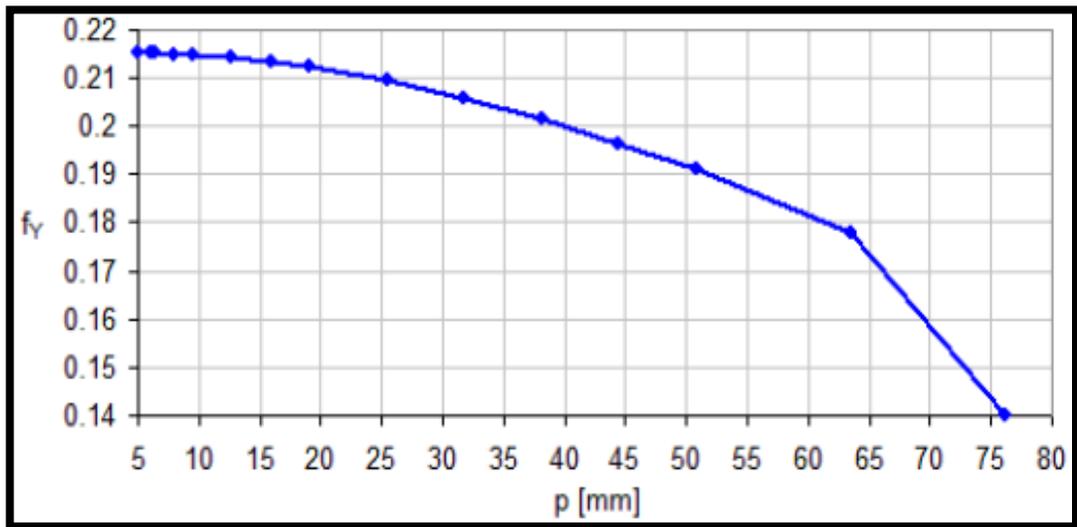


Fuente: Autodesk Inventor

EL número de dientes del piñón más pequeño usado como tensor tiene 20 dientes, analizando la gráfica anterior se tiene entonces que para  $z = 20$ , hay un factor de dientes  $f_z = 11$ .

❖ *Factor de tamaño específico de cadena  $f_y$*

Figura 100. Factor de tamaño específico de cadena



Fuente: Autodesk Inventor

El paso del diseño es de 6.35 mm, para este paso o separación de cadena el factor de tamaño específico es de  $f_y = 0.2153691$ , el cual se obtuvo analizando la gráfica anterior.

Calculando la velocidad a la que va la rueda dentada más pequeña del sistema:

$$\frac{n_1}{n_s} = \frac{z_s}{z_1} \rightarrow n_s = \frac{z_1 \cdot n_1}{z_s} = \frac{40 \text{ dientes} \cdot (60 \text{ rev/min})}{20 \text{ dientes}} = 120 \text{ rev/min}$$

Donde:

$n_1$ : velocidad de las ruedas dentadas fijas = 60 rev/min

$n_s$ : velocidad de la rueda dentada mas pequeña = 120 rev/min

$z_s$ : dientes de la rueda dentada más pequeña = 20 dientes

$z_1$ : número de dientes de la rueda dentada No. 1 que es fija = 40 dientes

Reemplazando los valores se tiene entonces:

$$t_{hL} = \frac{242}{(120 \text{ rev/min})} \cdot (11) \cdot \left( (0.2153691) \cdot \frac{3469.613 \text{ N}}{(154.5 \text{ N}) \cdot (1.71)} \right)^{10} = 685648.9 \text{ horas}$$

**- Vida útil esperada a causa de la fatiga del impacto del casquillo y del rodillo**

La vida útil esperada sin errores de fatiga del impacto del casquillo y del rodillo, se define mediante la siguiente ecuación empírica:

$$t_{hR} = 1.80128 \cdot 10^8 \cdot \frac{X \cdot z_s}{n_s} \cdot f_3 \cdot \sqrt[3]{\left[ \frac{1}{P \cdot f_1} \cdot \frac{(d_1 - d_2) \cdot b_1}{p} \right]^2}$$

Donde:

$t_{hR}$ : vida útil esperada debido a la fatiga del impacto del casquillo y del rodillo

$X$ : número de esabones de la cadena = 242 eslabones

$z_s$ : número de dientes de la dentada más pequeña = 20 dientes

$n_s$ : velocidad de la rueda dentada más pequeña = 120 rev/min

$f_1$ : factor de servicio = 1.72

$f_3$ : factor de cadena = 1

$P$ : potencia a transmitir = 39 W

$b_1$ : anchura mínima entre placas exteriores = 3.175 mm

$d_1$ : diámetro del rodillo de la cadena = 3.302 mm

$d_2$ : diámetro del pasador de la cadena = 2.299 mm

$p$ : paso de la cadena = 6.35 mm

Reemplazando cada una de las variables se tiene:

$$t_{hR} = 1.80128 \cdot 10^8 \cdot \frac{(242) \cdot (20)}{(120 \text{ rev/min})} \cdot (1) \sqrt[3]{\left[ \frac{1}{(39 \text{ W}) \cdot (1.72)} \cdot \frac{(0.003302 \text{ m} - 0.002299 \text{ m}) \cdot (0.003175 \text{ m})}{0.00635 \text{ m}} \right]^2}$$

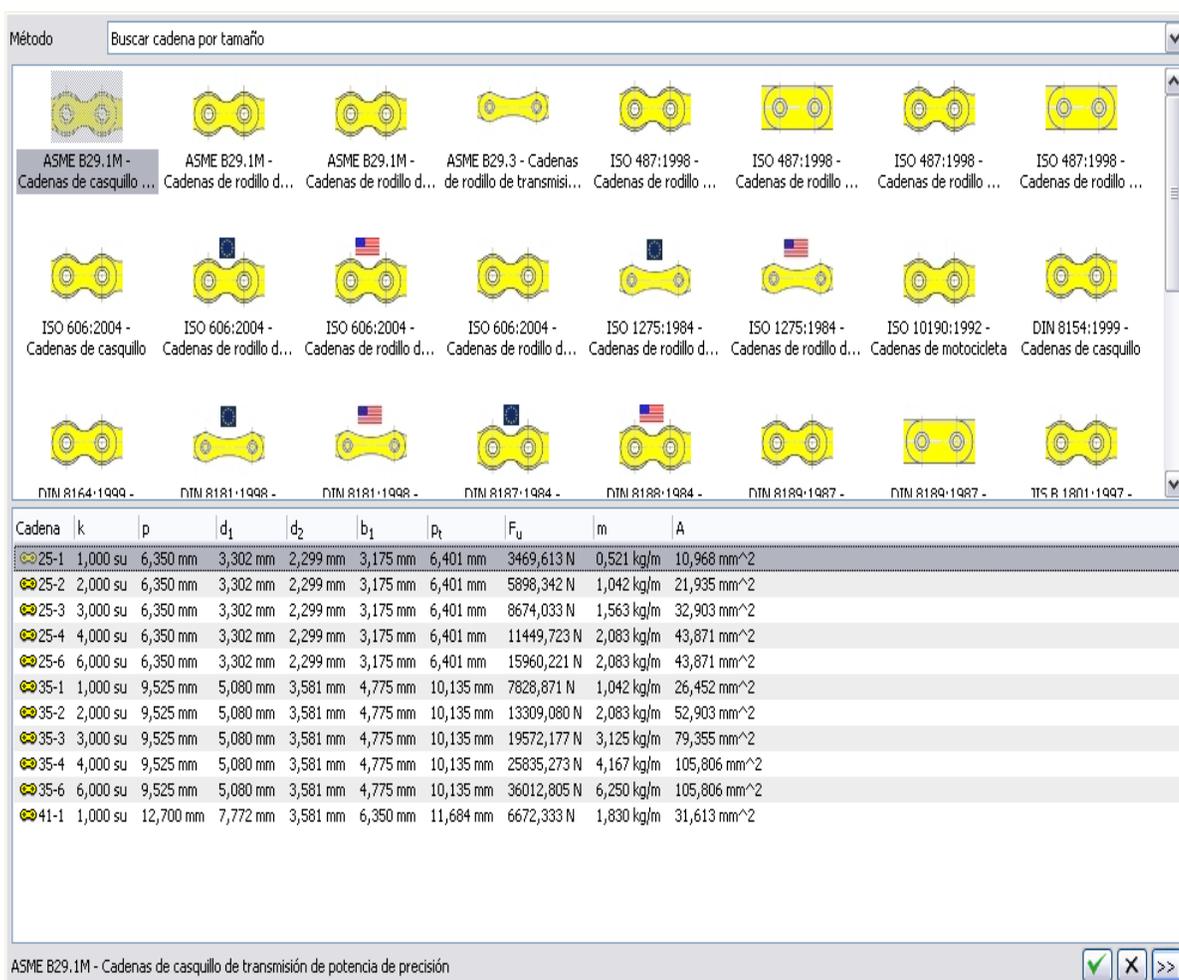
Y se obtiene el siguiente:

$$t_{hR} = 2'777776 \text{ horas}$$

- Validación del diseño de la transmisión de potencia con Inventor

En primero instancia se seleccionó la cadena comercial adecuada para el sistema (ANSI número 25), que se encuentra dentro de la base de datos de Autodesk Inventor. El programa proporciona las especificaciones para cada tipo de cadena, características que se pueden observar a continuación:

Figura 101. Selección de la cadena de rodillos



Método: Buscar cadena por tamaño

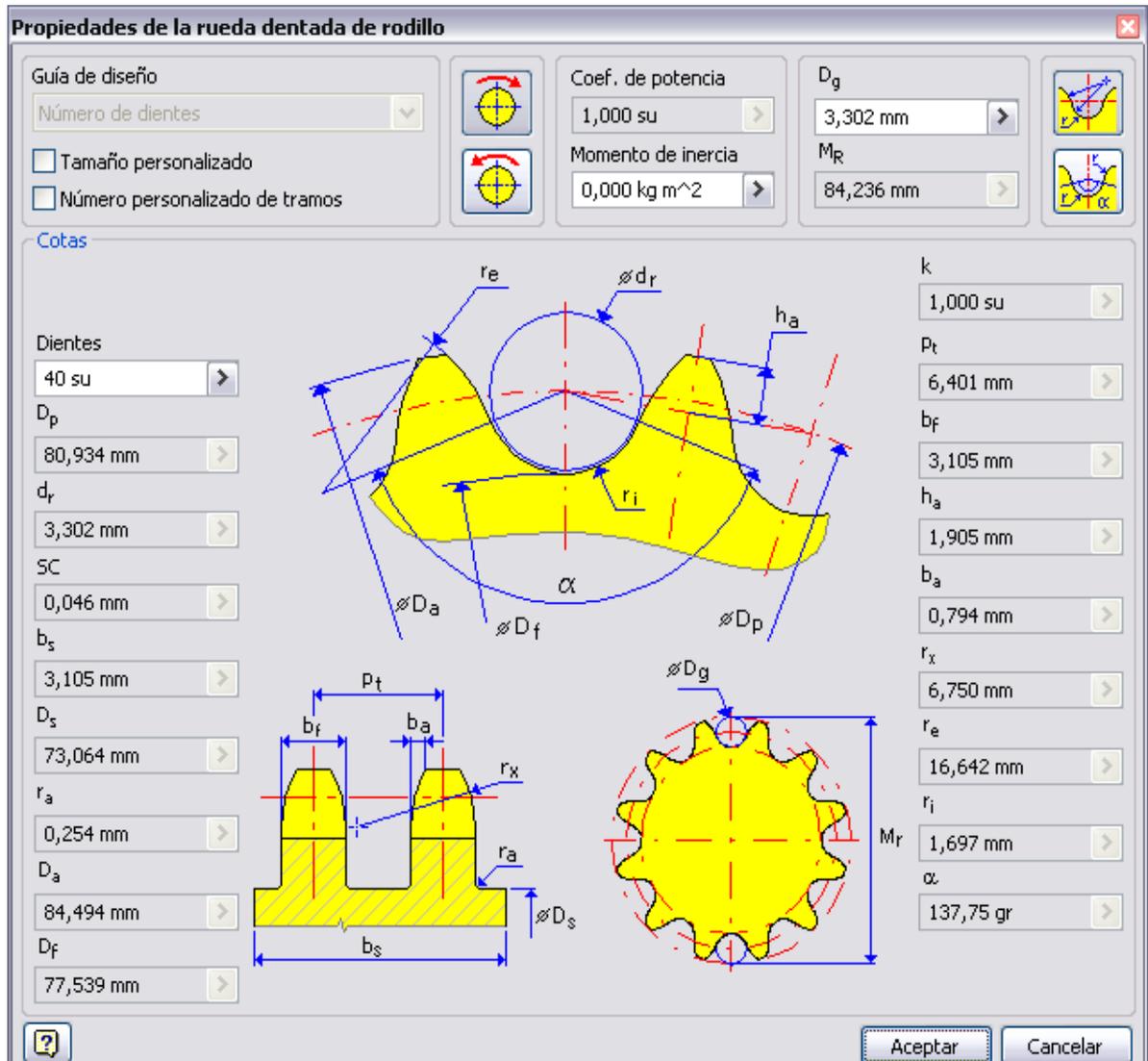
Cadena	k	p	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	p <sub>t</sub>	F <sub>u</sub>	m	A
ASME B29.1M - Cadenas de casquillo de transmisión de potencia de precisión	1,000 su	6,350 mm	3,302 mm	2,299 mm	3,175 mm	6,401 mm	3469,613 N	0,521 kg/m	10,968 mm <sup>2</sup>
ASME B29.1M - Cadenas de rodillo de transmisión de potencia de precisión	2,000 su	6,350 mm	3,302 mm	2,299 mm	3,175 mm	6,401 mm	5898,342 N	1,042 kg/m	21,935 mm <sup>2</sup>
ASME B29.1M - Cadenas de rodillo de transmisión de potencia de precisión	3,000 su	6,350 mm	3,302 mm	2,299 mm	3,175 mm	6,401 mm	8674,033 N	1,563 kg/m	32,903 mm <sup>2</sup>
ASME B29.3 - Cadenas de rodillo de transmisión de potencia de precisión	4,000 su	6,350 mm	3,302 mm	2,299 mm	3,175 mm	6,401 mm	11449,723 N	2,083 kg/m	43,871 mm <sup>2</sup>
ASME B29.3 - Cadenas de rodillo de transmisión de potencia de precisión	6,000 su	6,350 mm	3,302 mm	2,299 mm	3,175 mm	6,401 mm	15960,221 N	2,083 kg/m	43,871 mm <sup>2</sup>
ISO 487:1998 - Cadenas de rodillo de transmisión de potencia de precisión	1,000 su	9,525 mm	5,080 mm	3,581 mm	4,775 mm	10,135 mm	7828,871 N	1,042 kg/m	26,452 mm <sup>2</sup>
ISO 487:1998 - Cadenas de rodillo de transmisión de potencia de precisión	2,000 su	9,525 mm	5,080 mm	3,581 mm	4,775 mm	10,135 mm	13309,080 N	2,083 kg/m	52,903 mm <sup>2</sup>
ISO 487:1998 - Cadenas de rodillo de transmisión de potencia de precisión	3,000 su	9,525 mm	5,080 mm	3,581 mm	4,775 mm	10,135 mm	19572,177 N	3,125 kg/m	79,355 mm <sup>2</sup>
ISO 487:1998 - Cadenas de rodillo de transmisión de potencia de precisión	4,000 su	9,525 mm	5,080 mm	3,581 mm	4,775 mm	10,135 mm	25835,273 N	4,167 kg/m	105,806 mm <sup>2</sup>
ISO 487:1998 - Cadenas de rodillo de transmisión de potencia de precisión	6,000 su	9,525 mm	5,080 mm	3,581 mm	4,775 mm	10,135 mm	36012,805 N	6,250 kg/m	105,806 mm <sup>2</sup>
ISO 10190:1992 - Cadenas de motocicleta	1,000 su	12,700 mm	7,772 mm	3,581 mm	6,350 mm	11,684 mm	6672,333 N	1,830 kg/m	31,613 mm <sup>2</sup>

ASME B29.1M - Cadenas de casquillo de transmisión de potencia de precisión

Fuente: diseño en Autodesk Inventor

El tipo de cadena en este caso es el primero (ASME B29 – Cadena de casquillo), esta opción está resaltada en la Figura anterior, también se encuentran las especificaciones en la parte inferior de la imagen.

Figura 102. Diseño de las ruedas dentadas



Fuente: diseño de Autodesk Inventor

Para diseñar la geometría de las ruedas dentadas, era fundamental la cantidad de dientes, que se estableció de acuerdo a la potencia mecánica requerida y a la velocidad a la que van a girar los piñones.

La relación de transmisión es 1:1 por lo tanto las dos ruedas dentadas del sistema tienen la misma geometría, excepto el tensor que posee la mitad de los dientes, es decir 20 y lo que establece que va a tener el doble de la velocidad de los otros dos.

Figura 103. Resultados del diseño planteado

**Generador de cadenas de rodillo**

**Cadena**

Cadena de casquillo  
25-1-242

Seleccionar plano medio de cadena

Desfase de plano medio  $\delta_2$  55 mm

Número de tramos de cadena  $k$  1,000 su

Número de eslabones de cadena  $x$  242,000 su

**Ruedas dentadas**

1. Rueda dentada de cadena de rodillos1  
 $z = 40$

2. Rueda dentada de cadena de rodillos2  
 $z = 20$

3. Rueda dentada de cadena de rodillos3  
 $z = 40$

Pulse para añadir una rueda dentada...

09:54:13 a.m. Cálculo: Lubricación recomendada: Lubricación manual  
09:54:13 a.m. Cálculo: La potencia máxima de la cadena está limitada por la fatiga de las placas de eslabón.  
09:54:13 a.m. Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.

**Cadena**

$p$	6,350 mm
$d_1$	3,302 mm
$d_2$	2,299 mm
$p_t$	6,401 mm
$b_1$	3,175 mm
$h_2$	5,994 mm
$h_3$	5,207 mm
$b$	8,636 mm
$t_1$	0,762 mm
$t_2$	0,762 mm

**Rueda dentada 1**

$z$	40,000 su
$z_c$	21,000 su
$p$	6,350 mm
$D_p$	80,934 mm
$\beta$	185,30 gr
$x$	0,000 mm
$y$	-320,000 mm
$L_f$	640,000 mm

**Rueda dentada 2**

$z$	20,000 su
$z_c$	1,000 su
$p$	6,350 mm
$D_p$	40,592 mm
$i$	0,500 su
$\beta$	10,61 gr
$x$	-31,318 mm
$y$	0,000 mm
$C$	321,529 mm
$L_f$	315,735 mm

**Rueda dentada 3**

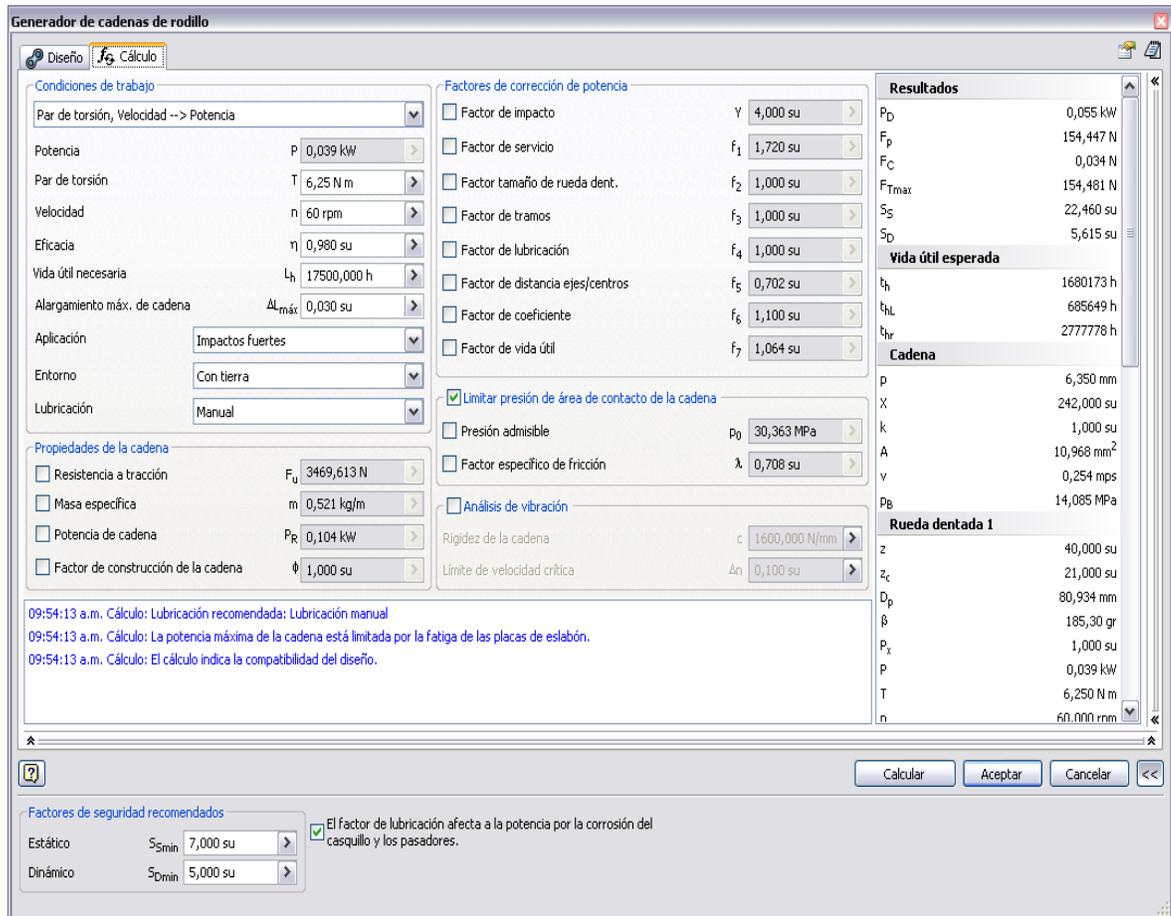
$z$	40,000 su
$z_c$	21,000 su
$p$	6,350 mm
$D_p$	80,934 mm
$i$	1,000 su
$\beta$	185,30 gr
$x$	0,000 mm
$y$	320,000 mm
$C$	640,000 mm
$L_f$	315,735 mm

Aceptar Cancelar >>

Fuente: Autodesk Inventor

Los resultados del programa establecen la viabilidad del diseño que se está llevando a cabo, proporcionando todos los cálculos de los componentes del sistema: cadena, rueda dentada 1, rueda dentada 2 (tensor), rueda dentada 3. Por tanto la propuesta es acertada.

Figura 104. Factores de diseño de la cadena y potencia mecánica requerida



**Generador de cadenas de rodillo**

**Condiciones de trabajo**

Par de torsión, Velocidad --> Potencia

Potencia P: 0,039 kW

Par de torsión T: 6,25 N m

Velocidad n: 60 rpm

Eficacia  $\eta$ : 0,980 su

Vida útil necesaria  $L_h$ : 17500,000 h

Alargamiento máx. de cadena  $AL_{máx}$ : 0,030 su

Aplicación: Impactos fuertes

Entorno: Con tierra

Lubricación: Manual

**Factores de corrección de potencia**

Factor de impacto Y: 4,000 su

Factor de servicio  $f_1$ : 1,720 su

Factor tamaño de rueda dent.  $f_2$ : 1,000 su

Factor de tramos  $f_3$ : 1,000 su

Factor de lubricación  $f_4$ : 1,000 su

Factor de distancia ejes/centros  $f_5$ : 0,702 su

Factor de coeficiente  $f_6$ : 1,100 su

Factor de vida útil  $f_7$ : 1,064 su

Limitar presión de área de contacto de la cadena

Presión admisible  $P_0$ : 30,363 MPa

Factor específico de fricción  $\lambda$ : 0,708 su

**Propiedades de la cadena**

Resistencia a tracción  $F_u$ : 3469,613 N

Masa específica m: 0,521 kg/m

Potencia de cadena  $P_R$ : 0,104 kW

Factor de construcción de la cadena  $\phi$ : 1,000 su

**Análisis de vibración**

Rigidez de la cadena c: 1600,000 N/mm

Límite de velocidad crítica  $\Delta n$ : 0,100 su

09:54:13 a.m. Cálculo: Lubricación recomendada: Lubricación manual

09:54:13 a.m. Cálculo: La potencia máxima de la cadena está limitada por la fatiga de las placas de estabón.

09:54:13 a.m. Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.

**Resultados**

$P_D$ : 0,055 kW

$F_p$ : 154,447 N

$F_C$ : 0,034 N

$F_{Tmax}$ : 154,481 N

$S_S$ : 22,460 su

$S_D$ : 5,615 su

**Vida útil esperada**

$t_h$ : 1680173 h

$t_{hL}$ : 685649 h

$t_{hr}$ : 2777778 h

**Cadena**

p: 6,350 mm

X: 242,000 su

k: 1,000 su

A: 10,968 mm<sup>2</sup>

v: 0,254 mps

$P_b$ : 14,085 MPa

**Rueda dentada 1**

z: 40,000 su

$z_c$ : 21,000 su

$D_p$ : 80,934 mm

$\beta$ : 185,30 gr

$P_x$ : 1,000 su

P: 0,039 kW

T: 6,250 N m

n: 60,000 rpm

Estático  $S_{min}$ : 7,000 su

Dinámico  $S_{Dmin}$ : 5,000 su

El factor de lubricación afecta a la potencia por la corrosión del casquillo y los pasadores.

Calcular Aceptar Cancelar

Fuente: diseño en Autodesk Inventor

En la imagen anterior se pueden observar los factores que intervienen en el momento de llevar a cabo los cálculos.

Ingresando los valores del par de torsión y la velocidad de giro de los piñones, se estableció la potencia; además el programa proporciona la vida útil del sistema teniendo en cuenta: un alargamiento de cadena del 3 por ciento debido al desgaste; el entorno de la máquina, en este caso con tierra; lubricación manual establecida por recomendación del fabricante y analizando la velocidad de la cadena.

En la parte inferior se afirma que el cálculo indica la compatibilidad del diseño y que cumple con las necesidades.

## 4.2. CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

### 4.2.1. Cálculos para el control del movimiento horizontal

El programa de selección del reductor propone para el diseño, una relación de velocidad de 10, ya que la requerida es de 12, pero no hay reductores de esta característica a nivel comercial; se sabe que la velocidad del motor es de 900 rev/min, no obstante la velocidad de salida de la caja reductora debe ser de 75 rpm, no de 90 rpm, por tanto si se sabe que la caja de engranajes va a reducir la velocidad del motor AC en 10, entonces hay que calcular la velocidad del motor:

$$\text{Reducción} = \frac{n_{Motor}}{n_{Salida}}$$

Despejando la velocidad que debe tener el motor:

$$n_{Motor} = \text{Reducción} \cdot n_{Salida}$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$n_{Motor} = (10 \cdot 75 \text{ rev/min}) = 750 \text{ rev/min}$$

La velocidad de un motor de corriente alterna síncrono está dada por:

$$n_{Motor} = \frac{120 \cdot \text{Frecuencia}}{\text{Polos}} = \frac{60 \cdot \text{Frecuencia}}{\text{Pares de polos}}$$

Despejando la frecuencia requerida que se debe ajustar en el variador horizontal:

$$\text{Frecuencia} = \frac{n_{Motor} \cdot \text{Polos}}{120} = \frac{n_{Motor} \cdot \text{Pares de Polos}}{60}$$

Reemplazando los valores para un motor de corriente alterna de 8 polos; esta información es proporcionada por el proveedor, dependiendo del motor seleccionado:

$$\text{Frecuencia} = \frac{(750 \text{ rev/min}) \cdot (8)}{120} = \frac{(750 \text{ rev/min}) \cdot (4)}{60} = 50 \text{ Hertz}$$

Es necesario configurar el variador en una frecuencia de 50 Hz, para obtener la velocidad de salida deseada del motorreductor. La potencia máxima que soporta el variador de frecuencia para el movimiento horizontal debe ser mayor a la potencia del motor seleccionado, ya que lo va a alimentar.

Torque necesario movimiento horizontal: 1.26 Nm

Potencia máxima motor seleccionado: 90 W = 0.12 hp

Variador de frecuencia: 200 VAC con referencia: 3G3JX - A2015, potencia: 2 hp

$$P_{\text{Variador Horizontal}} > P_{\text{Motor Horizontal}}$$

$$2 \text{ hp} > 0.12 \text{ hp} \text{ (El planteamiento es viable)}$$

Para un control más óptimo es necesario medir y garantizar la velocidad del tornillo horizontal a 75 rev/min. Por ello se va a utilizar un encoder que irá ensamblado en el eje de salida de la caja reductora. Este medidor angular debe poseer una resolución adecuada, es decir, que envía una cantidad de pulsos por cada revolución del eje de salida del reductor, en este caso es de 100 pulsos/revolución.

Cantidad de pulsos en un segundo:

$$\left(100 \frac{\text{pulsos}}{\text{revolución}}\right) \cdot \left(1 \frac{\text{revolución}}{\text{minuto}}\right) \cdot \left(\frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}\right) = 1.6666 \frac{\text{pulsos}}{\text{segundo}}$$

Para una velocidad de 75 rev/min, la cantidad de pulsos es:

$$\left(100 \frac{\text{pulsos}}{\text{revolución}}\right) \cdot \left(75 \frac{\text{revoluciones}}{\text{minuto}}\right) \cdot \left(\frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}\right) = 125 \frac{\text{pulsos}}{\text{segundo}}$$

Este es el dato enviado al variador de frecuencia para retroalimentar el lazo de control y permitir el correcto funcionamiento del tornillo de potencia horizontal que trasladará el bastidor de derecha a izquierda.

Calculando margen de error en la medición del encoder:

$$\frac{\text{paso tornillo horizontal}}{\text{resolución encoder}} = \frac{6 \text{ mm}}{\frac{100 \text{ pulsos}}{\text{revolución}}} = \frac{6 \text{ mm} \cdot \text{revolución}}{100 \text{ pulsos} \cdot \text{revolución}} = 0.06 \frac{\text{mm}}{\text{pulso}}$$

Si por alguna circunstancia un pulso no es detectado el tornillo de potencia deja de avanzar 0.06 mm, un margen de error muy pequeño, lo que permitirá un control adecuado para el movimiento horizontal.

Para prender y apagar el motor es necesario prender y apagar el variador de frecuencia, que posee entradas digitales. De allí la necesidad de un PLC (autómata programable) que permite enviar señales digitales (0 ó 1) para activar o desactivar el variador de frecuencia. Estas señales dependen de las entradas al PLC que también son 0 ó 1, y son los sensores finales de carrera y los pulsadores presentes en el sistema.

#### 4.2.2. Cálculos para el control del movimiento vertical

El programa de selección del reductor propone para el diseño, una relación de velocidad de 15, y sí hay reductores con esta característica a nivel comercial. Se sabe que la velocidad del motor es de 900 rev/min y la velocidad de salida de la caja reductora es de 60 rev/min para los tornillos verticales.

Despejando la frecuencia requerida que se debe ajustar en los variadores verticales:

$$Frecuencia = \frac{n_{Motor} \cdot Polos}{120} = \frac{n_{Motor} \cdot Pares\ de\ Polos}{60}$$

Reemplazando los valores para un motor de corriente alterna de 8 polos; esta información es proporcionada por el proveedor, dependiendo del motor seleccionado:

$$Frecuencia = \frac{(900\ rev/min) \cdot (8)}{120} = \frac{(900\ rev/min) \cdot (4)}{60} = 60\ Hertz$$

Es necesario configurar los variadores en una frecuencia de 60 Hz, para obtener la velocidad de salida deseada de los motorreductores. La potencia máxima que soporta cada variador de frecuencia para cada lado de la estructura que permitirá el movimiento vertical debe ser mayor a la potencia de los motores seleccionados, ya que los va a alimentar.

Torque necesario movimiento horizontal: 3.6 Nm

Potencia máxima motor seleccionado: 90 W = 0.12 hp

Variadores de frecuencia: 200 VAC con referencia: 3G3JX - A2007, potencia: 1 hp

$$P_{\text{Variadores Verticales}} > P_{\text{Motores Verticales}}$$

$$1 \text{ hp} > 0.12 \text{ hp} \text{ (El planteamiento es viable)}$$

Para un control más óptimo es necesario medir y garantizar la velocidad de los tornillos verticales a 60 rev/min. Por ello también se van a utilizar encoders que irán ensamblados en los ejes de salida de las cajas reductoras. La resolución también es de 100 pulsos/revolución.

Cantidad de pulsos en un segundo:

$$\left(100 \frac{\text{pulsos}}{\text{revolución}}\right) \cdot \left(1 \frac{\text{revolución}}{\text{minuto}}\right) \cdot \left(\frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}\right) = 1.6666 \frac{\text{pulsos}}{\text{segundo}}$$

Para una velocidad de 60 rev/min se tiene:

$$\left(100 \frac{\text{pulsos}}{\text{revolución}}\right) \cdot \left(60 \frac{\text{revoluciones}}{\text{minuto}}\right) \cdot \left(\frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}\right) = 100 \frac{\text{pulsos}}{\text{segundo}}$$

Este es el dato enviado al variador de frecuencia para retroalimentar el lazo de control y permitir el correcto funcionamiento de los tornillos de potencia verticales que trasladarán el bastidor de abajo hacia arriba.

Calculando el margen de error en la medición del encoder:

$$\frac{\text{paso tornillos verticales}}{\text{resolución encoder}} = \frac{6 \text{ mm}}{\frac{100 \text{ pulsos}}{\text{revolución}}} = \frac{6 \text{ mm} \cdot \text{revolución}}{100 \text{ pulsos} \cdot \text{revolución}} = 0.06 \frac{\text{mm}}{\text{pulso}}$$

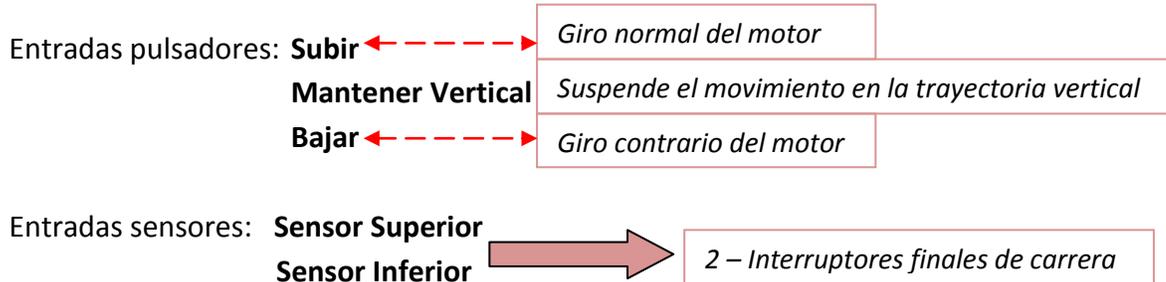
Si por alguna circunstancia un pulso no es detectado los tornillos de potencia dejan de avanzar 0.06 mm, un margen de error muy pequeño, lo que permitirá un control adecuado para sincronizar el movimiento vertical.

El mismo PLC (autómata programable) usado para activar o desactivar el variador de frecuencia del movimiento horizontal, facilitará también manipular los variadores de frecuencia de los motores del movimiento vertical. Este es el sistema de control del Banco Balístico de Pruebas.

#### 4.2.3. Programación de los movimientos en el autómatas programable

##### 4.2.3.1. Movimiento vertical

Para programar el movimiento vertical, que tiene una carrera libre de 610 mm, se tienen en cuenta los siguientes parámetros:



##### Movimiento de subida:

Entradas: Botón (pulsador) **Subir**

Salidas: prende variadores que activan los motorreductores AC “giro normal”

Consecuencia: comienza a subir la bandeja y el bastidor

Entradas: Botón (pulsador) **Mantener Vertical** y no está **Sensor Inferior** o **Sensor Superior**

Salidas: apaga variadores que desactivan los motorreductores AC

Consecuencia: la bandeja se detiene inmediatamente

Entrada: si está **Sensor Superior** y no está botón (pulsador) **Subir**

Salidas: apaga variadores que desactivan los motorreductores AC

Consecuencia: la bandeja se detiene inmediatamente

##### Movimiento de bajada:

Entradas: Botón (pulsador) **Bajar**

Salidas: prende variadores que activan los motorreductores AC “giro contrario”

Consecuencia: comienza a bajar la bandeja y el bastidor

Entradas: Botón (pulsador) **Mantener Vertical** y no está **Sensor Inferior** o **Sensor Superior**

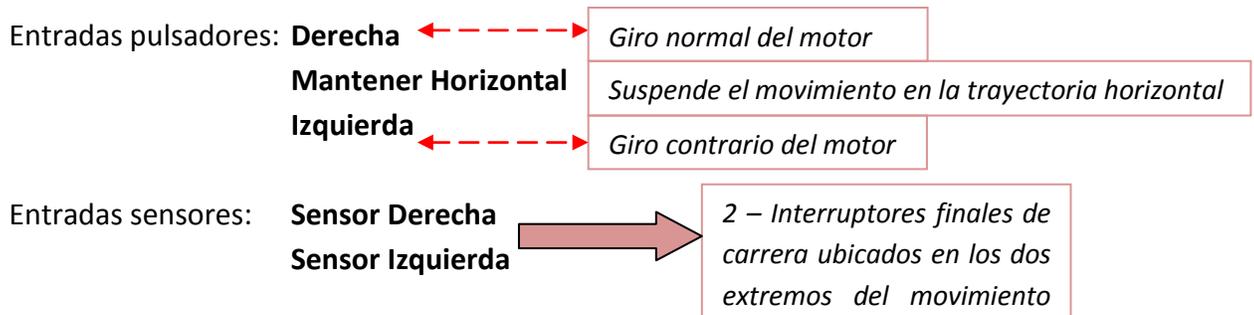
*Salidas:* apaga variadores que desactivan los motorreductores AC  
*Consecuencia:* la bandeja se detiene inmediatamente

*Entrada:* si está **Sensor Inferior** y no está **botón (pulsador) Bajar**

*Salidas:* apaga variadores que desactivan los motorreductores AC  
*Consecuencia:* la bandeja se detiene inmediatamente

#### 4.2.3.2. Movimiento horizontal

Para programar el movimiento horizontal, que tiene una carrera libre de 900 mm, hay que tener en cuenta algunas consideraciones, por tanto:



#### **Movimiento de izquierda a derecha:**

*Entradas:* **botón (pulsador) Derecha**

*Salidas:* prende variador que activa el motorreductor AC “giro normal”

*Consecuencia:* el bastidor comienza a moverse de izquierda a derecha

*Entradas:* **botón (pulsador) Mantener Horizontal** y no está **Sensor Izquierda o Derecha**

*Salidas:* apaga variador que desactiva el motorreductor AC

*Consecuencia:* el bastidor se detiene inmediatamente

*Entrada:* si está **Sensor Derecha** y no está **botón (pulsador) Derecha**

*Salidas:* apaga variador que desactiva el motorreductor AC

*Consecuencia:* el bastidor se detiene inmediatamente

#### **Movimiento de derecha a izquierda:**

*Entradas:* **botón (pulsador) Izquierda**

*Salidas:* prende variador que activa el motorreductor AC “giro contrario”

*Consecuencia:* el bastidor comienza a moverse de derecha a izquierda

Entradas: **botón (pulsador) Mantener Horizontal** y no está **Sensor Izquierda** o no está **Sensor Derecha**

*Salidas:* apaga variador que activa el motorreductor AC

*Consecuencia:* el bastidor se detiene inmediatamente

Entrada: si está **Sensor Izquierda** y no está **botón (pulsador) Izquierda**

*Salidas:* apaga variador que desactiva el motorreductor AC

*Consecuencia:* el bastidor se detiene inmediatamente

Para automatizar los movimientos se utilizará el software CX – Programmer. Es el programador de los autómatas programables (PLC) de Omron. Permite programar todos los modelos, desde micro – PLC hasta la nueva serie CS de gama alta. CX – Programmer ofrece toda la potencia de codificación necesaria para construir incluso complejos sistemas de múltiples dispositivos aplicando lenguajes en diagrama de relés y/o de lista de instrucciones.

Además de un entorno de programación exhaustivo, CX – Programmer proporciona todas las herramientas necesarias para proyectar, probar y depurar cualquier sistema de automatización.

#### 4.2.3.3. Movimiento de rotación

El sistema de rotación será a través de un servomotor, debido a que se necesita mayor exactitud en este movimiento, que en el vertical y el horizontal, El servo será controlado por un servodrive, sin embargo es importante la utilización de otros conceptos que se muestran a continuación.

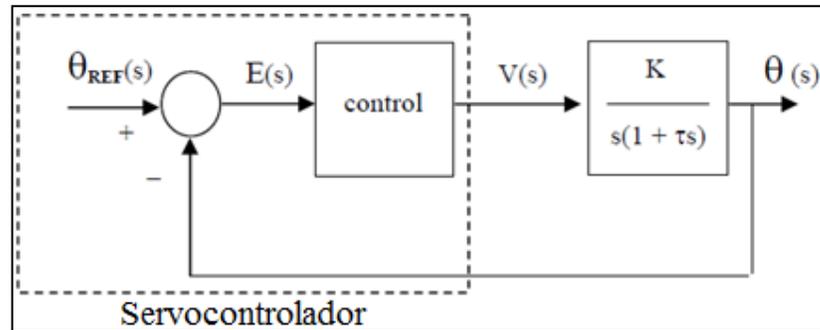
Para controlar un servomotor, es necesario examinar dos variables: la variable posición, y la variable velocidad. En ambos casos se lleva a cabo un control de lazo cerrado, ya que hay retroalimentación en el sistema. Realizando los diagramas de bloques para cada caso, se tiene que:

##### Control de posición

Variable a controlar: *ángulo de giro del motor (30 grados)*

Señal de control: *tensión aplicada al motor*

Figura 105. Control de posición del servomotor



Fuente: imagen realizada por el autor

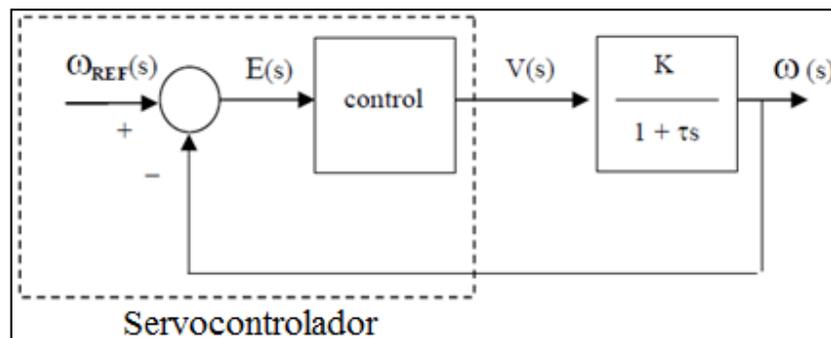
En el esquema **E(s)** representa la señal de error y es la diferencia entre el ángulo de giro deseado (referencia – 30 grados) y el ángulo de giro real del motor. La zona marcada con línea discontinua representa el servocontrolador, en el que se encuentra el sistema de control y desde el que se genera la señal de referencia.

Control de velocidad

Variable a controlar: *velocidad de giro del motor (1 rev/min)*

Señal de control: *tensión aplicada al motor*

Figura 106. Control de velocidad del servomotor



Fuente: imagen realizada por el autor

En el esquema, **E(s)** representa la señal de error y es la diferencia entre la velocidad deseada (referencia) y la velocidad real del motor. La zona marcada con

línea discontinua representa de nuevo el servocontrolador, con las mismas funciones que en el caso anterior.

El control del servomotor se realiza mediante un servodrive el cual trabaja en lazo cerrado, o mediante una tarjeta posicionadora colocada en el PLC, entonces se trabaja en lazo abierto.

Para el desarrollo del proyecto Banco Balístico de Pruebas, se utilizará el servodrive, por su facilidad para programar. Mediante el servodrive se trabaja en lazo cerrado (realimentación), lo que permite detectar los posibles “errores” en la actuación del motor y dar orden oportuna para corregir el mismo.

*Entradas:* si está botón **Rotar Derecha**

*Salidas:* activar servodrive que energiza el servomotor

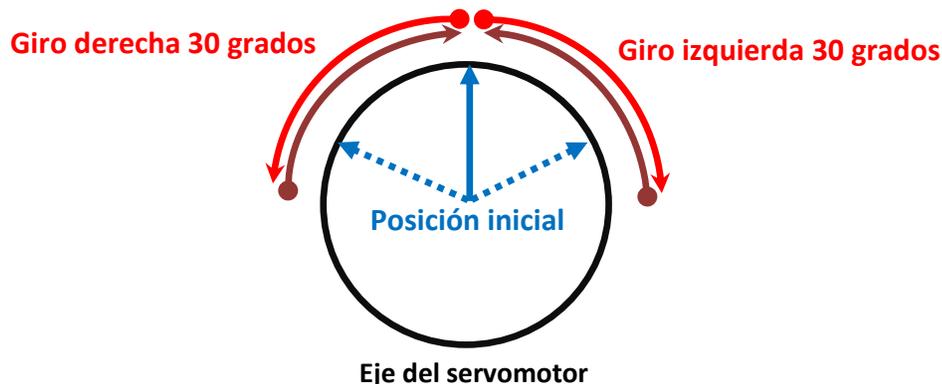
*Consecuencia:* rotación 30 grados a la derecha

*Entradas:* si está botón **Rotar Izquierda**

*Salidas:* activar servodrive que energiza el servomotor

*Consecuencia:* rotación 30 grados a la izquierda

Figura 107. Modo de trabajo del servomotor



Fuente: imagen realizada por el autor

Si el servomotor ya ha girado a la derecha 30 grados, es posible volver a la posición inicial girando a la izquierda 30 grados (cambio sentido de giro). Lo mismo pasa si el motor ha girado 30 grados a la izquierda, es posible volver a la posición inicial girando a la derecha 30 grados (cambio sentido de giro).

#### 4.2.4. Entradas y salidas digitales del PLC

##### 4.2.4.1. Entradas digitales

Las entradas digitales del sistema son los pulsadores y los captadores que envían una señal al PLC, es decir, conmutan, trabajando como interruptores. Por tanto se convierten en condiciones para que el autómatas active las salidas correspondientes, de acuerdo a la actividad que se tenga que ejecutar.

Tabla 37. Entradas del PLC

Entradas del sistema	Simbología	Allocation List
Subir	SU	I0.0
Mantener Vertical	MV	I0.1
Bajar	BA	I0.2
Derecha	DE	I0.3
Mantener Horizontal	MH	I0.4
Izquierda	IZ	I0.5
Sensor Superior	SSU	I0.6
Sensor Inferior	SIN	I0.7
Sensor Derecha	SDE	I0.8
Sensor Izquierda	SIZ	I0.9
Rotación Derecha	RDE	I1.1
Rotación Izquierda	RIZ	I1.0

Fuente: tabla realizada por el autor

##### 4.2.4.2. Salidas digitales

Las salidas digitales del PLC van a los variadores de frecuencia o drives que energizan o desenergizan los motores. Los drives a su vez se activan o se desactivan según las entradas digitales, es decir, que dependen de la señal de conmutación de algún pulsador o captador.

Tabla 38. Salidas del PLC

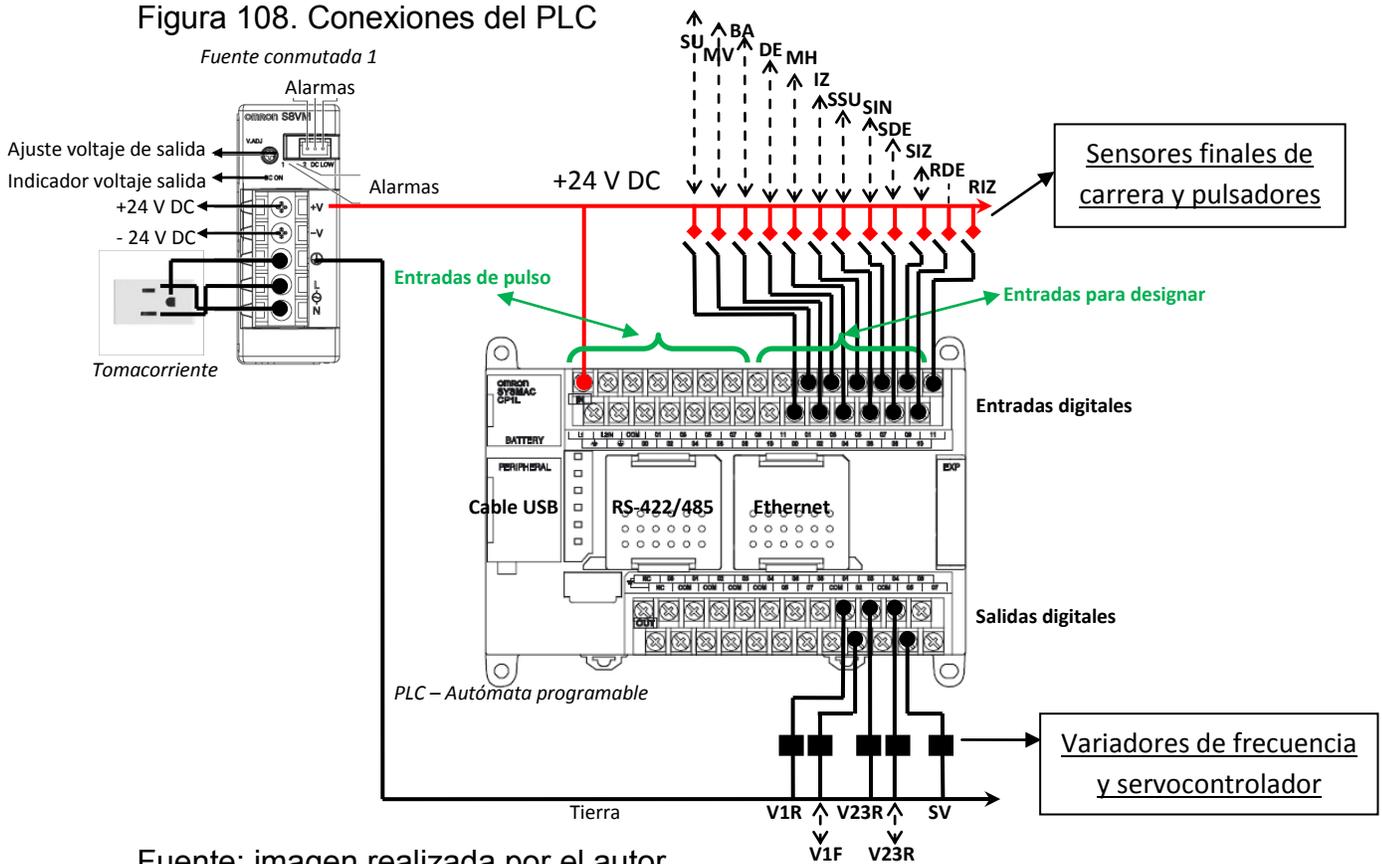
Salidas del sistema	Simbología	Allocation List
Variador 1 – Reverse rotation	V1R	O0.1
Variador 1 – Forward rotation	V1F	O0.2
Variador 2 y Variador 3 – Reverse rotation	V23R	O0.3
Variador 2 y Variador 3 – Forward rotation	V23F	O0.4
Servocontrolador	SV	O0.5

Fuente: imagen realizada por el autor

#### 4.2.5. Cableado de los elementos de control

El autómata programable debe tener sus respectivas conexiones para que pueda controlar los movimientos del Banco Balístico de Pruebas. A continuación se muestra el gráfico del PLC marca OMRON ref. CP1HX40DTD adquirido por INDUMIL que se va a utilizar, teniendo en cuenta los elementos anteriormente mencionados:

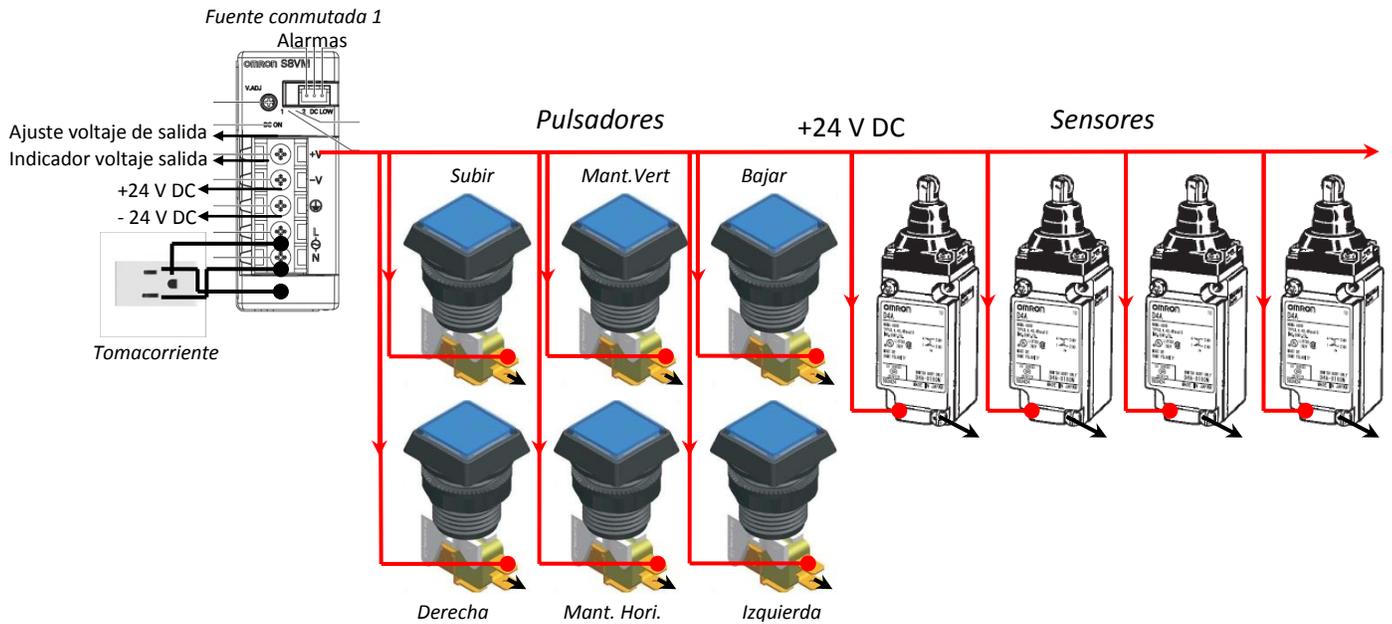
Figura 108. Conexiones del PLC



Fuente: imagen realizada por el autor

En el esquema anterior se puede observar la alimentación que necesita el PLC, ubicación de las entradas y salidas digitales del autómata, la conexión apropiada de los captadores y de los variadores de velocidad. También de los módulos para conexión RS-422/485, Ethernet y entrada para el cable USB que permite conectarlo a un ordenador. En el ordenador se instala el programa CX Programmer de la empresa OMRON, donde se programa el PLC de acuerdo al proceso que se esté llevando a cabo.

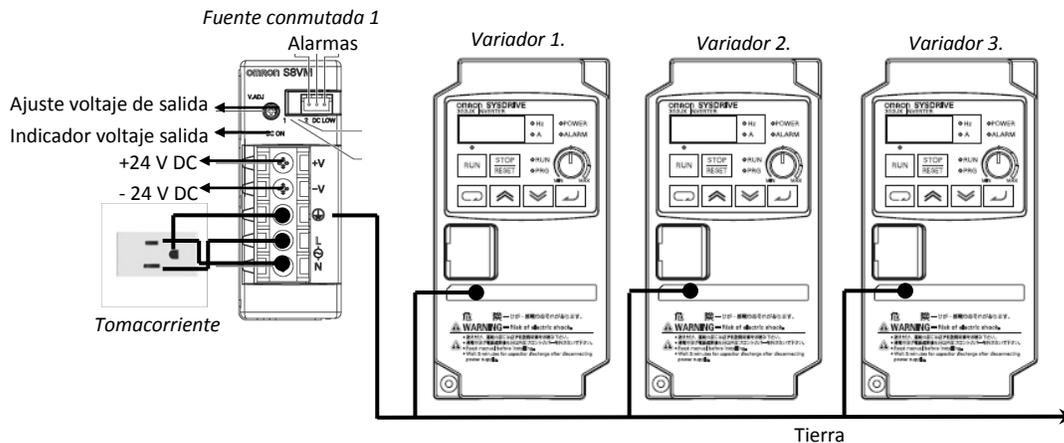
Figura 109. Conexión sensores y pulsadores a la fuente del PLC



Fuente: imagen realizada por el autor

A continuación se muestra la conexión de los variadores de velocidad (o drives) al común de la fuente que se está utilizando para el autómat programable o PLC. Estos drives también van conectados a las salidas del PLC:

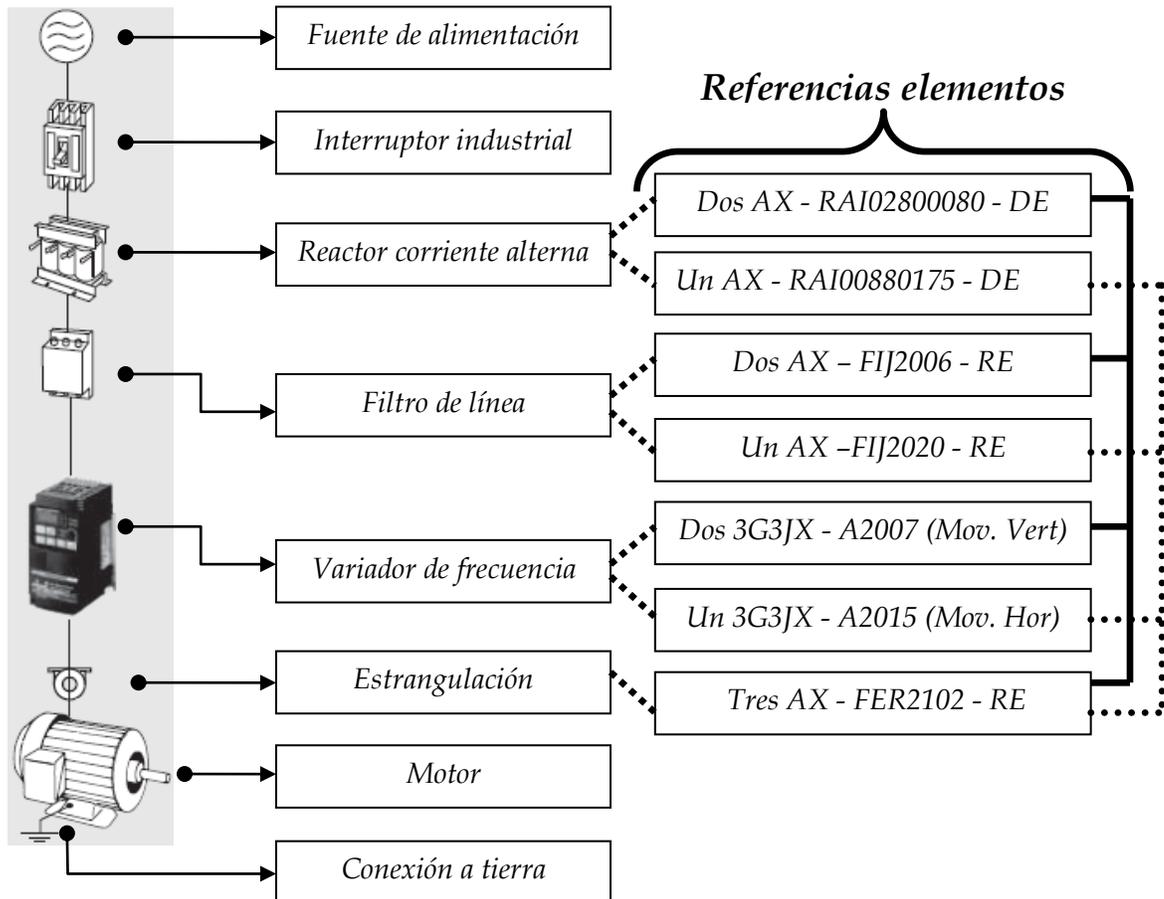
Figura 110. Conexión variadores al común del PLC



Fuente: imagen realizada por el autor

La alimentación de los variadores de frecuencia, es trifásica, sin embargo hay que tener algunos elementos adicionales para un ambiente industrial, por tanto:

Figura 111. Sistema de alimentación variadores de frecuencia



Fuente: Figura realizada por el autor

La Industria Militar de Colombia adquirió tres variadores de frecuencia:

- Dos trifásicos de 200 VAC con referencia: 3G3JX - A2007 que serán utilizados para controlar los dos motores del movimiento vertical. La potencia máxima que soportan estos variadores es de 1hp (0.75 KW).
- Uno trifásico de 200 VAC con referencia: 3G3JX - A2015 que será utilizado para controlar el motor del movimiento horizontal. La potencia máxima que soporta este variador es de 2 hp (1.5 KW).

A continuación se puede observar la información proporcionada por el proveedor que permite saber las referencias de los reactores (resaltadas en rojo) dependiendo de las referencias de los variadores adquiridos (resaltadas en azul).

Figura 112. Reactores AC para los variadores adquiridos

Inverter		AC Reactor
Voltage	Model JX-□	Reference
3-Phase 200 VAC	A2002 / A2004 / A2007	AX-RAI02800080-DE
	A2015 / A2022 / A2037	AX-RAI00880175-DE
	A2055 / A2075	AX-RAI00350335-DE
1-Phase 200 VAC	AB002 / AB004	Under development
	AB007	
	AB015 / AB022	
3-Phase 400 VAC	A4004 / A4007 / A4015	AX-RAI07700042-DE
	A4022 / A4040	AX-RAI03500090-DE
	A4055 / A4075	AX-RAI01300170-DE

Fuente: [www.omron.com](http://www.omron.com)

Para seleccionar los filtros de línea, es el mismo procedimiento: de acuerdo a las referencias de los variadores (resaltadas en azul) corresponden las referencias de los filtros (resaltadas en rojo).

Figura 113. Filtros de línea para los variadores adquiridos

Inverter		Line filter Rasmi		
Voltage	Model JX-□	Reference	Rated current (A)	Weight (kg)
1-Phase 200 VAC	AB002 / AB004	AX-FIJ1006-RE	6	0.5
	AB007	AX-FIJ1010-RE	10	0.6
	AB015 / AB022	AX-FIJ1026-RE	26	0.8
3-Phase 200 VAC	A2002 / A2004 / A2007	AX-FIJ2006-RE	6	1.0
	A2015 / A2022 / A2037	AX-FIJ2020-RE	20	1.3
	A2055 / A2075	AX-FIJ2040-RE	40	2.3

Fuente: [www.Omron.com](http://www.Omron.com)

Como la potencia de los motores es menor a 2.2 KW, entonces se requieren tres estranguladores de la referencia resaltada en azul.

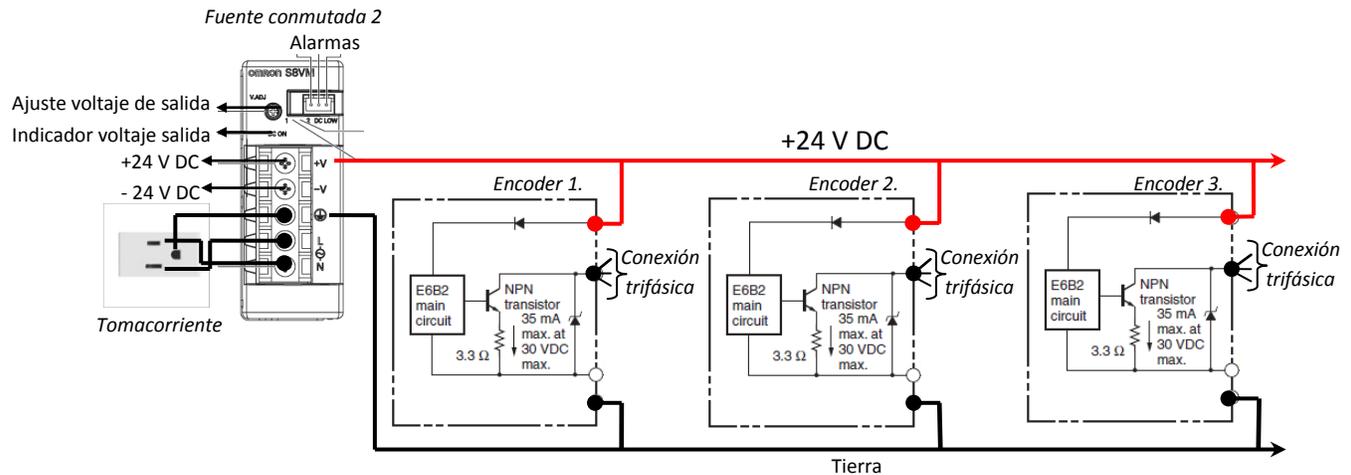
Figura 114. Estranguladores eléctricos

Model	Diameter	Description
AX-FER2102-RE	21	For 2.2 KW motors or below
AX-FER2515-RE	25	For 7.5 KW motors or below

Fuente: [www.omron.com](http://www.omron.com)

La otra fuente conmutada se va a utilizar para alimentar los encoders incrementales, por consiguiente se tiene:

Figura 115. Alimentación encoders incrementales



Fuente: imagen realizada por el autor

Los encoders, van acoplados a los reductores de los motores para poder obtener la información de giro.

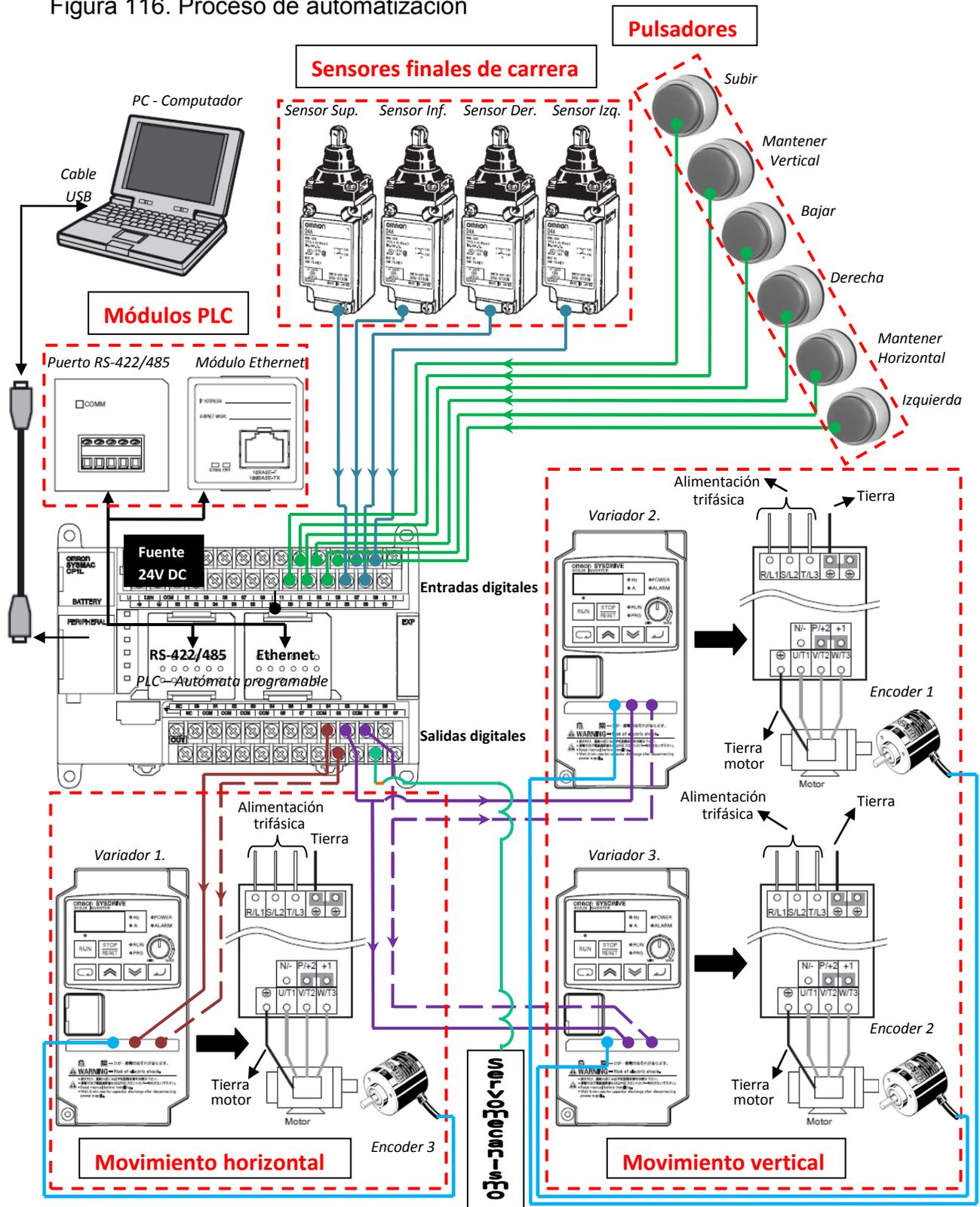
#### 4.2.6. Proceso de automatización

Luego de saber cómo van alimentados los elementos que se va a utilizar, sus conexiones al PLC y su programación, es preciso integrar todo el proceso. Un sistema automatizado consta de dos partes principales: parte de mando y parte operativa.

La parte de mando estará encabezada por un ordenador o computador, desde el cual se programa el autómata a través del lenguaje LADDER, dependiendo de la actividad a desarrollar.

La parte operativa es la parte que actúa sobre la máquina, es decir son los dispositivos que permiten que la máquina se mueva, en este caso los variadores de velocidad o drives. Los variadores se activan o se desactivan dependiendo de los captadores o botones que envían señales al autómata programable.

Figura 116. Proceso de automatización



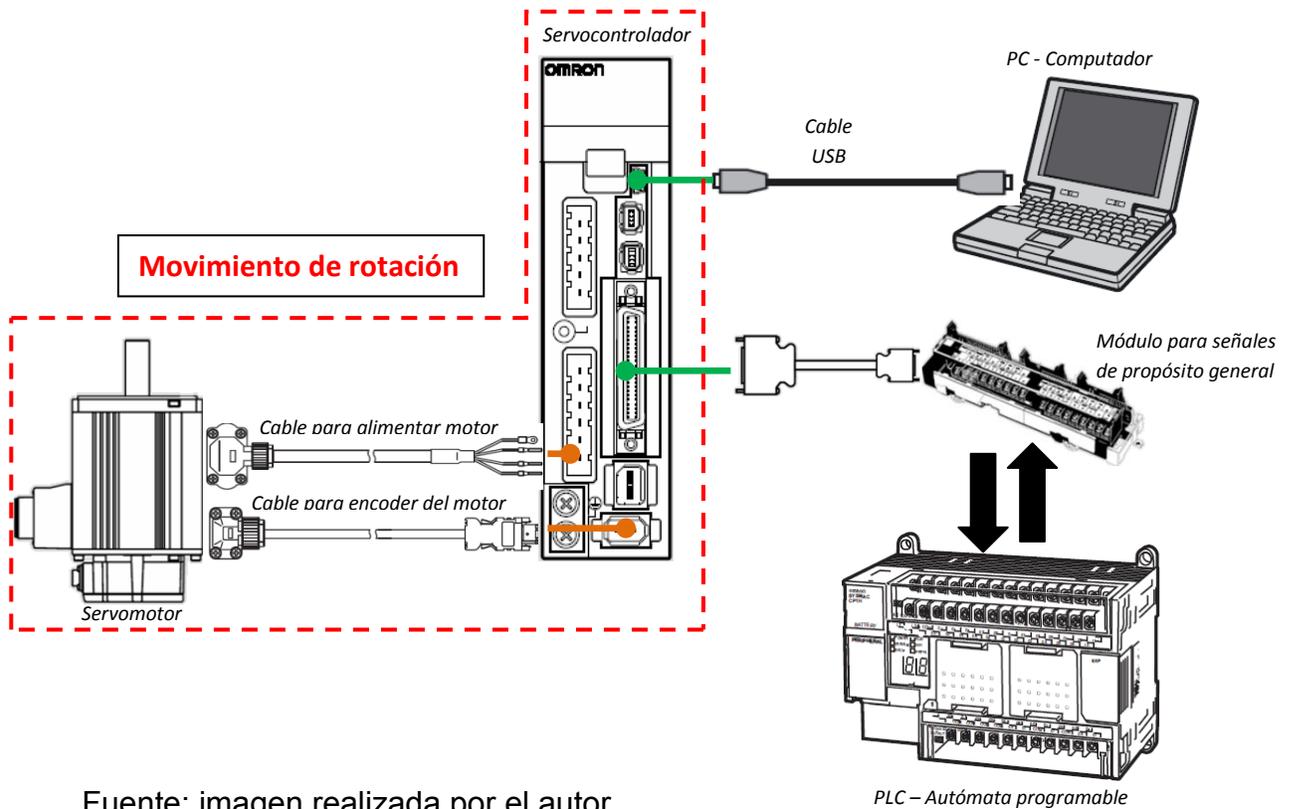
Fuente: imagen realizada por el autor

Las conexiones del PLC a los variadores de frecuencia obedecen a esta convención:



Movimiento de rotación. Las conexiones del servodrive al PC, al servomotor y al autómata programable son las siguientes:

Figura 117. Control movimiento de rotación



Fuente: imagen realizada por el autor

El servodrive se programa con el software CX – programmer en un PC; el código se trasfiere a través de un cable USB sencillo desde el ordenador. Para activar o desactivar el servocontrolador utilizando el autómata o PLC, es necesario un módulo para enviar pulsos, llevando a cabo una conversión de unidades.

## 5. PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 5.1. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE IMPACTO EN LA PROBETA

Figura 118. Proyectil y probeta



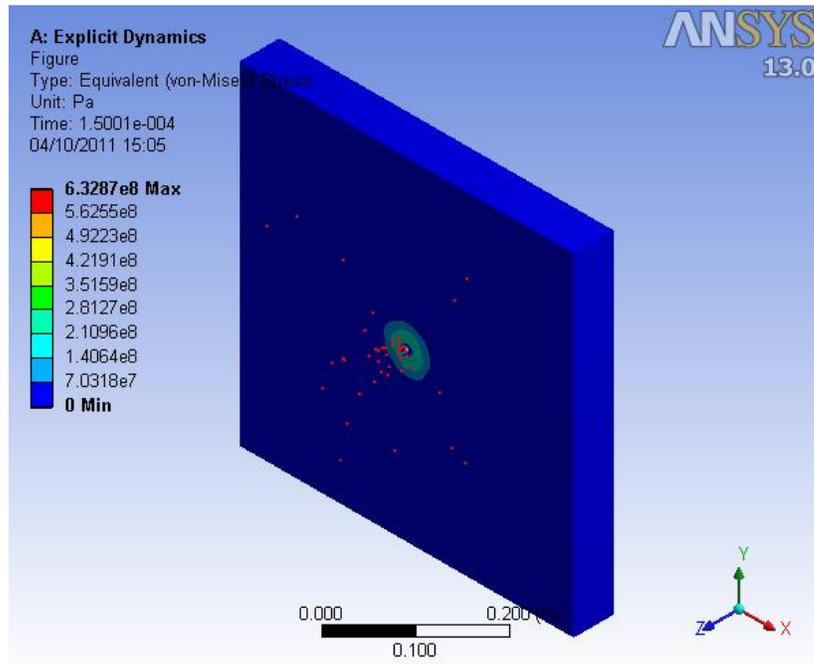
Fuente: Ansys Workbench – Explicit Dynamics

Tabla 39. Parámetros ingresados para simulación de impacto en ANSYS

Object Name	<i>Probeta</i>	<i>Proyectil</i>
State	Meshed	
<b>Definition</b>		
Suppressed	No	
Stiffness Behavior	Flexible	
Coordinate System	Default Coordinate System	
Reference Temperature	By Environment	
Reference Frame	Lagrangian	
<b>Material</b>		
Assignment	FLOATGLASB	STEEL 4340
<b>Bounding Box</b>		
Length X	0.5 m	8.06e-003 m
Length Y	0.5 m	8.06e-003 m
Length Z	6.e-002 m	2.31e-002 m
<b>Properties</b>		
Volume	1.5e-002 m <sup>3</sup>	4.3583e-007 m <sup>3</sup>
Mass	37.95 kg	3.4126e-003 kg
Centroid X	-2.4093e-018 m	-8.047e-007 m
Centroid Y	2.4093e-018 m	-4.3505e-007 m
Centroid Z	-6.e-002 m	-9.0927e-003 m
Moment of Inertia Ip1	0.80201 kg·m <sup>2</sup>	1.0149e-007 kg·m <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip2	0.80201 kg·m <sup>2</sup>	1.0149e-007 kg·m <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip3	1.5812 kg·m <sup>2</sup>	1.2034e-008 kg·m <sup>2</sup>
<b>Statistics</b>		
Nodes	50763	209
Elements	282629	734
Mesh Metric	None	

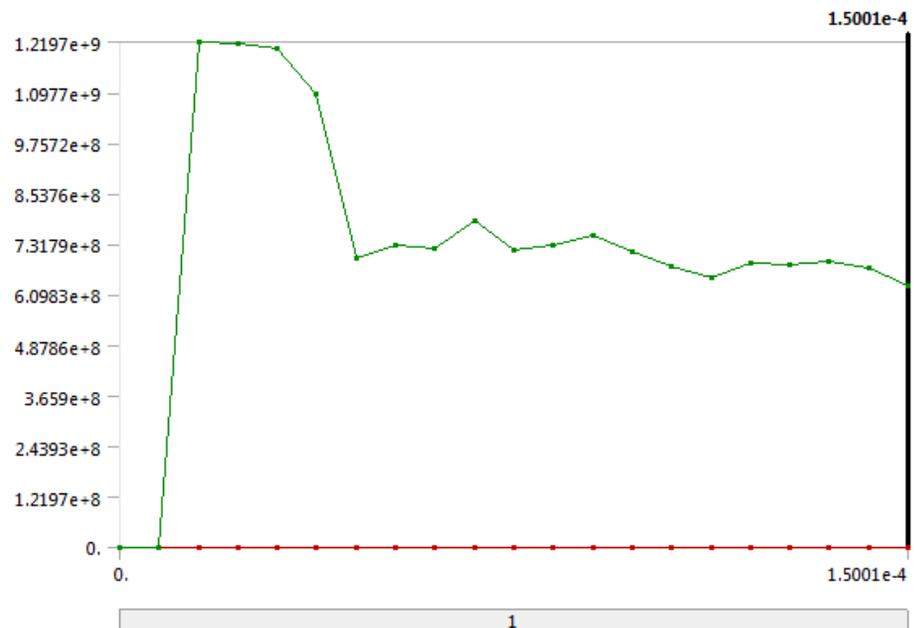
Fuente: Ansys Workbench – Explicit Dynamics

Figura 119. Esfuerzos en área de impacto



Fuente: Ansys Workbench – Explicit Dynamics

Figura 120. Gráfica esfuerzos en área de impacto



Fuente: Ansys Workbench

Tabla 40. Datos esfuerzos en el área de impacto simulación ANSYS

Time [s]	Maximum [Pa]
1.1755e-038	0
7.5249e-006	0
1.5008e-005	1.2197e+009
2.2502e-005	1.2165e+009
3.0003e-005	1.2042e+009
3.7501e-005	1.0935e+009
4.5001e-005	6.9694e+008
5.2513e-005	7.3066e+008
6.0013e-005	7.2254e+008
6.751e-005	7.894e+008
7.5007e-005	7.1837e+008
8.2502e-005	7.2773e+008
9.0015e-005	7.5113e+008
9.7507e-005	7.1418e+008
1.0501e-004	6.7746e+008
1.1251e-004	6.5205e+008
1.2001e-004	6.8726e+008
1.2751e-004	6.8238e+008
1.3501e-004	6.9154e+008
1.425e-004	6.7631e+008
1.5001e-004	6.3287e+008

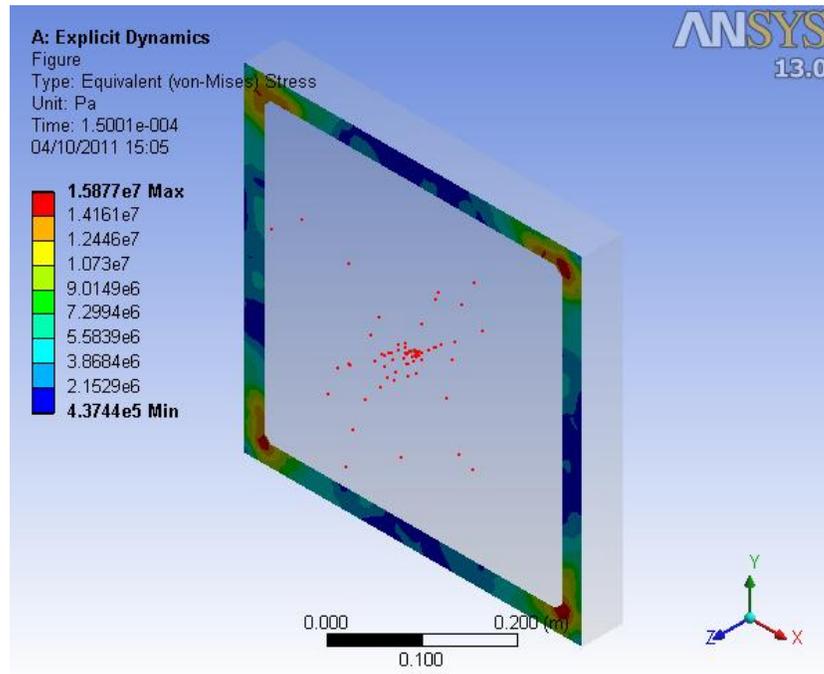
Fuente: Ansys Workbench – Explicit Dynamics

*Los intervalos de tiempo que se programaron para la simulación son muy pequeños debido a la alta rapidez de la prueba, garantizando un análisis riguroso, apropiado y muy aproximado a la realidad.*

*Los esfuerzos en el área de impacto al principio son cero, debido a que el proyectil no ha chocado con la probeta; en el instante de la colisión se presenta un pico de esfuerzo máximo (1.22 Gpa) en dicha zona, sin embargo a medida que transcurre el tiempo las magnitudes van disminuyendo puesto que la munición va perdiendo fuerza mientras perfora el material (vidrio balístico en deformación), hasta que finalmente se detiene.*

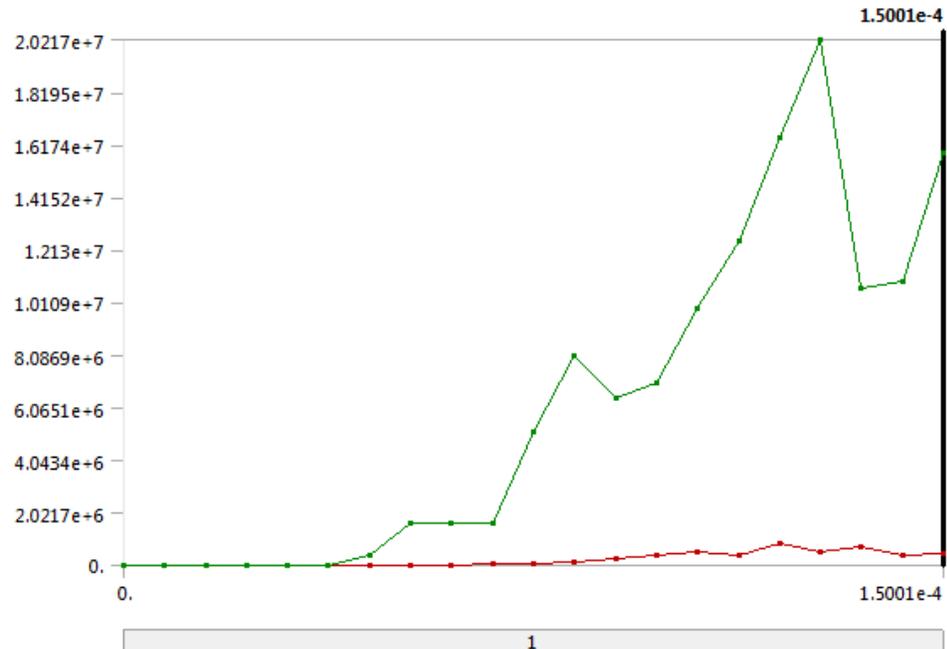
*El comportamiento es coherente, aunque poco predecible por la alta velocidad de impacto, por ello es necesario llevar a cabo estas simulaciones. Los datos adquiridos fueron los parámetros para diseñar un armazón resistente y firme.*

Figura 121. Esfuerzos sujeción frontal



Fuente: Ansys Workbench – Explicit Dynamics

Figura 122. Gráfica esfuerzos sujeción frontal



Fuente: Ansys Workbench – Explicit Dynamics

Tabla 41. Datos esfuerzos sujeción frontal simulación ANSYS

Time [s]	Maximum [Pa]
1.1755e-038	0.
7.5249e-006	
1.5008e-005	
2.2502e-005	
3.0003e-005	
3.7501e-005	7737.7
4.5001e-005	3.9956e+005
5.2513e-005	1.644e+006
6.0013e-005	1.6464e+006
6.751e-005	1.6236e+006
7.5007e-005	5.1347e+006
8.2502e-005	8.0515e+006
9.0015e-005	6.4424e+006
9.7507e-005	7.0469e+006
1.0501e-004	9.8639e+006
1.1251e-004	1.2503e+007
1.2001e-004	1.6418e+007
1.2751e-004	2.0217e+007
1.3501e-004	1.0649e+007
1.425e-004	1.0893e+007
1.5001e-004	1.5877e+007

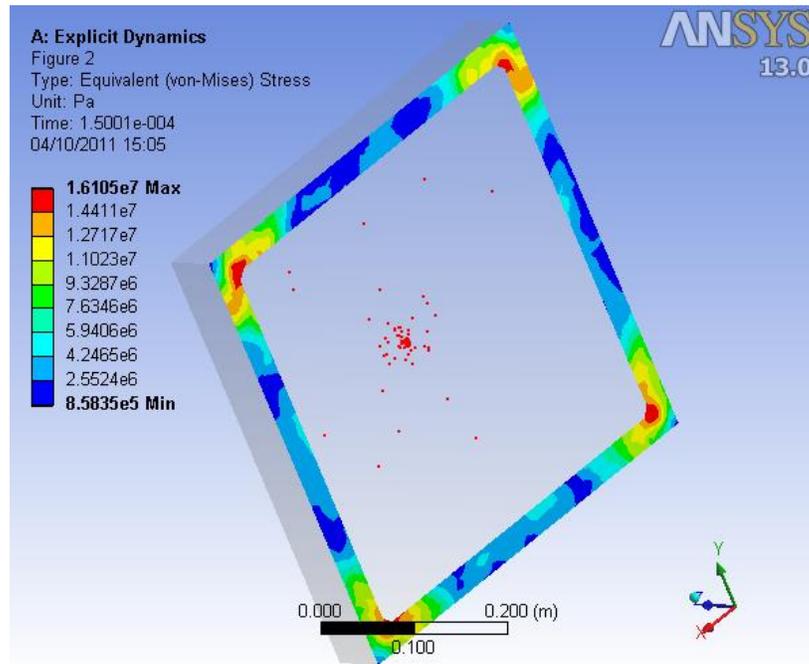
Fuente: Ansys Workbench – Explicit Dynamics

*Como la probeta debe estar sujeta en los cuatro bordes como lo exige la norma ICONTEC, también se realizaron análisis de esfuerzos en las sujeciones frontal y posterior.*

*Con respecto a los valores obtenidos, pasa lo contrario que lo ocurrido en simulación del área de impacto. Al principio los esfuerzos son cero, no obstante a medida que transcurre el tiempo las magnitudes van aumentando, alcanzando un pico máximo de 20 Mpa, consecuencia de la transferencia de energía por la fuerza y la velocidad del proyectil, pero se puede observar que la intensidad del esfuerzo ha bajado notablemente, lo cual es positivo.*

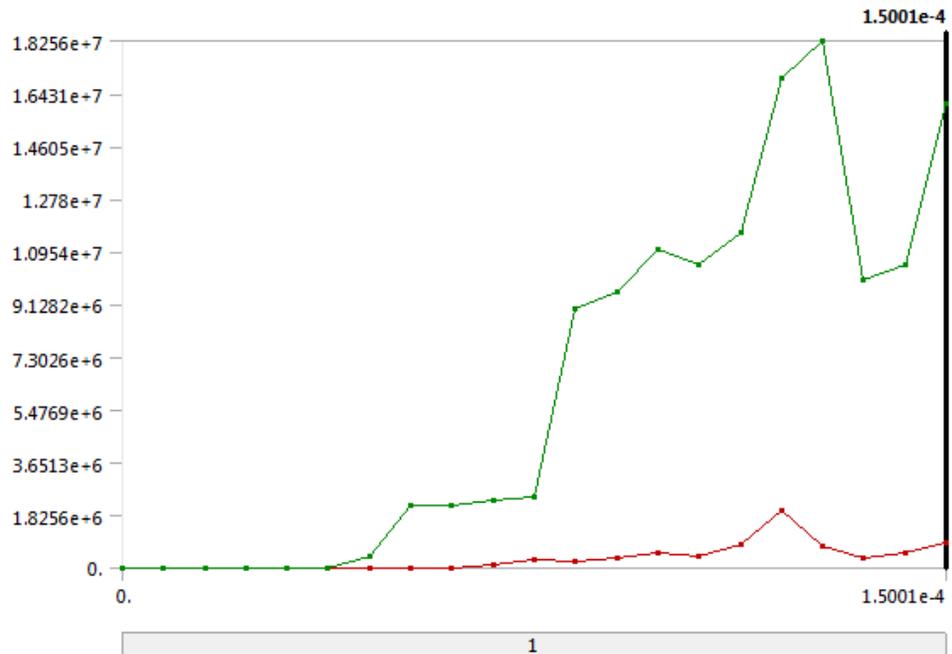
*Los mayores esfuerzos se presentan en los vértices de la probeta, esto se puede verificar analizando la intensidad de colores que proporciona Ansys para saber las zonas de mayor riesgo.*

Figura 123. Esfuerzos sujeción posterior



Fuente: Ansys Workbench – Explicit Dynamics

Figura 124. Gráfica esfuerzos sujeción posterior



Fuente: Ansys Workbench – Explicit Dynamics

Tabla 42. Datos esfuerzos sujeción posterior simulación ANSYS

Time [s]	Maximum [Pa]
1.1755e-038	0.
7.5249e-006	
1.5008e-005	
2.2502e-005	
3.0003e-005	
3.7501e-005	6413.
4.5001e-005	3.9474e+005
5.2513e-005	2.1993e+006
6.0013e-005	2.1864e+006
6.751e-005	2.3441e+006
7.5007e-005	2.4763e+006
8.2502e-005	8.9723e+006
9.0015e-005	9.5853e+006
9.7507e-005	1.1053e+007
1.0501e-004	1.0498e+007
1.1251e-004	1.1613e+007
1.2001e-004	1.6993e+007
1.2751e-004	1.8256e+007
1.3501e-004	9.9698e+006
1.425e-004	1.0528e+007
1.5001e-004	1.6105e+007

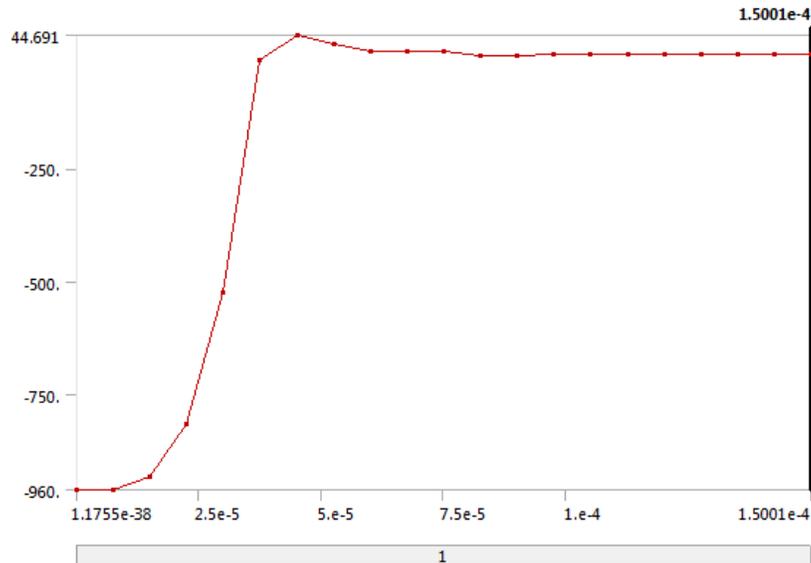
Fuente: Ansys Workbench – Explicit Dynamics

*Los resultados obtenidos de la sujeción posterior tienen el mismo comportamiento que la simulación anterior, es decir, al principio los esfuerzos son cero, pero con el paso del tiempo las magnitudes van aumentando, en esta parte la probeta alcanza un esfuerzo máximo de 18.25 Mpa, un valor muy cercano al pico de la sujeción frontal que fue de 20 Mpa. Las zonas de mayor riesgo siguen siendo los vértices.*

*Por consiguiente la fuerza de impacto que al principio era un valor muy elevado, va bajando y se disipa como energía cinética generando ondas de tensión a través de la geometría del vidrio, provocando esfuerzos y que son los parámetros para diseñar un armazón consistente.*

*En estas situaciones hay que tener en cuenta: dinámica y vibraciones estructurales, propagación de ondas de choque, comportamiento no lineal del material, desplazamientos, deformaciones, contactos, penetración y fenómenos locales de rotura.*

Figura 125. Gráfica velocidad del proyectil



Fuente: Ansys Workbench – Explicit Dynamics

La velocidad es quizás el parámetro más simple para clasificar los distintos tipos de impactos. Sin embargo, resulta difícil catalogar de forma absoluta los mismos por un solo criterio, ya que otras variables de tipo geométrico o relacionadas con las propiedades del proyectil o del blanco tienen una importancia decisiva. A pesar de todo, y con objeto de realizar una primera aproximación teniendo en cuenta los efectos sobre el material, se puede proponer la siguiente ordenación:

6. **Baja velocidad** ( $v < 50 \text{ m/s}$ ).

Efectos elásticos, o deformación plástica localizada.

7. **Velocidad media** ( $50 \text{ m/s} < v < 500 \text{ m/s}$ ).

Deformación plástica generalizada.

8. **Velocidad Alta** ( $500 \text{ m/s} < v < 2000 \text{ m/s}$ ).

La resistencia viscosa del material aún tiene importancia.

9. **Hipervelocidad** ( $2000 \text{ m/s} < v$ ).

El material puede considerarse como un fluido hidrodinámico.

La velocidad del proyectil, se puede clasificar como velocidad alta, según el segundo grupo. Analizando la gráfica se observa que la magnitud va bajando a medida que pasa el tiempo, pero baja con mayor intensidad en el instante que choca con la probeta. Por consiguiente es un comportamiento coherente y muy rápido.

## 5.2. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN ESTÁTICA DE LA ESTRUCTURA

### Informe de análisis estático

Autodesk®

Archivo analizado:	Banco Balístico.iam
Versión de Autodesk Inventor:	2011 (Build 150239000, 239)
Autor de la simulación:	Andrés Felipe Valencia

### ☐ Información del proyecto

#### ☐ Estado

Estado del diseño	Trabajo en curso
Revisado por	Ing. Alfonso Duque
Aprobada por	Ing. Nikolay Prieto

#### ☐ Propiedades físicas

Masa	215,648 kg
Área	10705300 mm <sup>2</sup>
Volumen	29541500 mm <sup>3</sup>
Centro de gravedad	X = -10,3833 mm Y = 796,382 mm Z = 11,2218 mm

### ☐ Carga estática

#### Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de simulación	Análisis estático
Fecha de la última modificación	21/07/2011, 08:15 a.m.
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	Sí
Separar tensiones en superficies de contacto	Sí
Análisis de cargas de movimiento	No

#### Configuración avanzada:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,3
---	-----

Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	Sí
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

## □ Material(es)

Nombre	Acero no aleado	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,7692 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,000012 su/c
	Conductividad térmica	50 W/( m K )
	Calor específico	460 J/( kg c )
Nombre(s) de pieza	Esqueleto Esqueleto Esqueleto Esqueleto H	
Nombre	Por defecto	
General	Densidad de masa	1 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	0 MPa
	Resistencia máxima a tracción	0 MPa
Tensión	Módulo de Young	0 GPa
	Coefficiente de Poisson	0 su
	Módulo cortante	0 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0 su/c
	Conductividad térmica	0 W/( m K )
	Calor específico	0 J/( kg c )
Nombre(s) de pieza	Esqueleto Base - Skeleton0001 Skeleton0001 Skeleton0001	
Nombre	ASTM A39	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>

	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	550 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,26 su
	Módulo cortante	79,3651 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,000012 su/c
	Conductividad térmica	56 W/( m K )
	Calor específico	460 J/( kg c )
Nombre(s) de pieza	DIN 60x60x2.9 00000001	
	DIN 60x60x2.9 00000002	
	DIN 60x60x2.9 00000003	
	DIN 60x60x2.9 00000004	
	DIN 60x60x2.9 00000005	
	DIN 60x60x2.9 00000006	
	DIN 60x60x2.9 00000007	
	DIN 60x60x2.9 00000008	
	DIN 60x60x2.9 00000005	
	DIN 60x60x2.9 00000006	
	DIN 60x60x2.9 00000005	
	DIN 60x60x2.9 00000006	
	DIN 60x60x2.9 00000001	
	DIN 60x60x2.9 00000002	
	AISC - L 5 x 5 x 3_8 - 1,9685039	
	AISC - L 5 x 5 x 3_8 - 1,9685039	
	AISC - L 5 x 5 x 3_8 - 1,9685039	
	AISC - L 5 x 5 x 3_8 - 1,9685039	
	AISC - L 5 x 5 x 3_8 - 1,9685039	
AISC - L 5 x 5 x 3_8 - 1,9685039		
AISC - L 5 x 5 x 3_8 - 1,9685039		
AISC - L 5 x 5 x 3_8 - 1,9685039		
Nombre	SAE/AISI 1045	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	530 MPa
	Resistencia máxima a tracción	625 MPa
Tensión	Módulo de Young	205 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,29 su
	Módulo cortante	79,4574 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,0000115 su/c
	Conductividad térmica	49,8 W/( m K )
	Calor específico	486 J/( kg c )
	Soporte Tornillos Base Eje Y Soporte Tornillos Base Eje Y	

Nombre(s) de pieza	1_1	
	2_1	
	1_1	
	2_1	
	1_1	
	2_1	
	1_1	
	2_1	
	Soporte Tornillos Superior Eje Y	
	1_1	
	2_1	
	1_1	
	2_1	
	Soporte Tornillos Superior Eje Y	
	1_1	
	2_1	
	1_1	
	2_1	
	Soporte Eje X	
	Soporte Eje X	
1_1		
2_1		
1_1		
2_1		
Soporte Buje Y		
Soporte Buje X		
Placa Carro		
Placa Carro Accionamiento		
Placa Rotación del Bastidor		
Nombre	AL 6061-T6	
General	Densidad de masa	2,7 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	276 MPa
	Resistencia máxima a tracción	310 MPa
Tensión	Módulo de Young	68,9 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,33 su
	Módulo cortante	25,9023 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,0000236 su/c
	Conductividad térmica	167 W/( m K )
	Calor específico	896 J/( kg c )
	TS_01_20_6 – Guía vertical	

Nombre(s) de pieza	TW_01_20_5 – Carro vertical TW_01_20_5 – Carro vertical TW_01_20_5 – Carro vertical TW_01_20_5 – Carro vertical TS_01_20_7 – Guía horizontal TS_01_20_7 – Guía horizontal TW_01_20_5 – Carro horizontal TW_01_20_5 – Carro horizontal TW_01_20_5 – Carro horizontal TW_01_20_5 – Carro horizontal	
Nombre	SAE/AISI 4140	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	655 MPa
	Resistencia máxima a tracción	1020 MPa
Tensión	Módulo de Young	205 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,29 su
	Módulo cortante	79,4574 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,0000122 su/c
	Conductividad térmica	42,6 W/( m K )
	Calor específico	473 J/( kg c )
Nombre(s) de pieza	Tornillo de Potencia Y Tornillo de Potencia Y Tornillo de Potencia Y Tornillo de Potencia Y Tornillo de Potencia x	
Nombre	BRONCE FOSFORADO	
General	Densidad de masa	8,874 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	128 MPa
	Resistencia máxima a tracción	275 MPa
Tensión	Módulo de Young	109,6 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,335 su
	Módulo cortante	41,0487 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,0000183 su/c
	Conductividad térmica	62 W/( m K )
	Calor específico	436 J/( kg c )
Nombre(s) de pieza	Bronce Tornillo de Potencia Bronce Tornillo de Potencia Bronce Tornillo de Potencia Bronce Tornillo de Potencia Bronce Tornillo de Potencia	

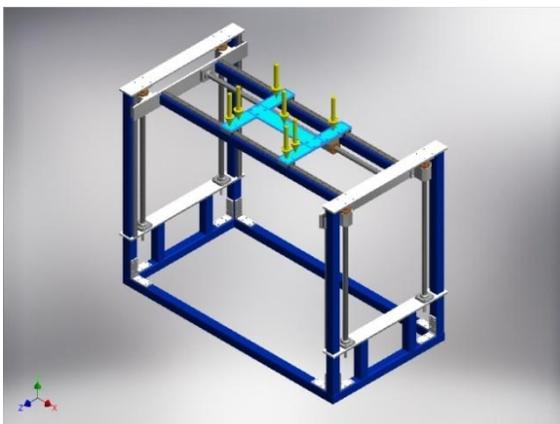
▣ **Condiciones de funcionamiento**

☐ **Fuerza:1**

Tipo de carga	Fuerza
Vector X	0.000 N
Vector Y	-600.000 N
Vector Z	0.000 N

☐ **Cara(s) seleccionada(s)**

Figura 126. Fuerza No. 1



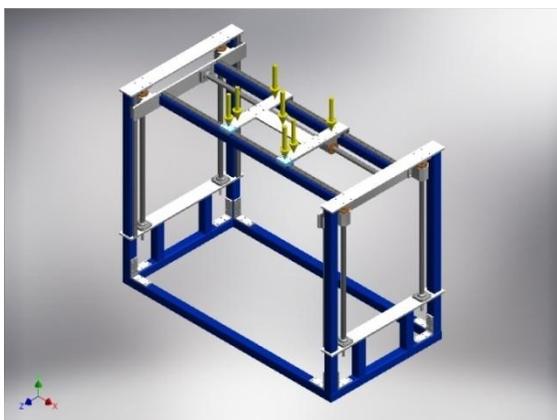
Fuente: Autodesk Inventor

☐ **Fuerza:2**

Tipo de carga	Fuerza
Vector X	-0.000 N
Vector Y	-1000.000 N
Vector Z	0.000 N

☐ **Cara(s) seleccionada(s)**

Figura 127. Fuerza No. 2



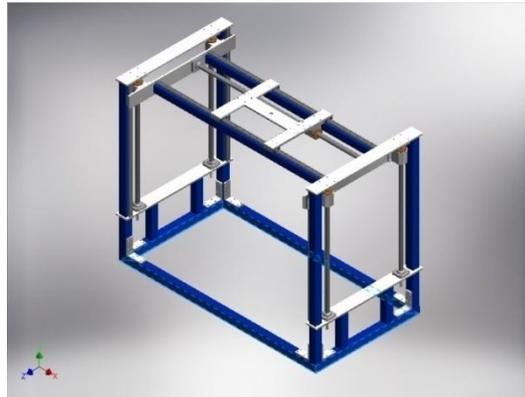
Fuente: Autodesk Inventor

☐ **Restricción fija:1**

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

☐ **Cara(s) seleccionada(s)**

Figura 128. Restricciones fijas



Fuente: Autodesk Inventor

A continuación se muestran los resultados respectivos de la simulación realizada

☐ **Resultados**

☐ **Fuerza y pares de reacción en restricciones**

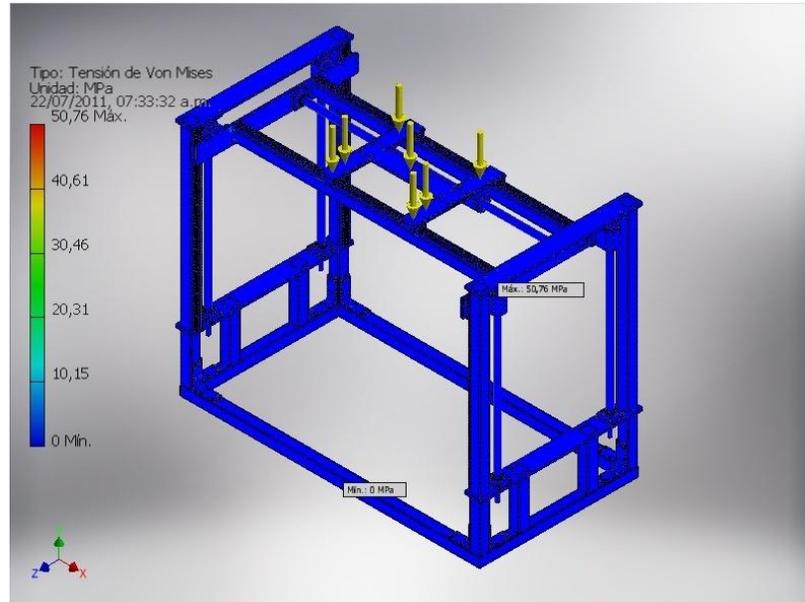
Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción fija:1	1600 N	0 N	225,003 N m	-221,69 N m
		1600 N		0 N m
		0 N		38,4745 N m

☐ **Resumen de resultados**

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	29541500 mm <sup>3</sup>	
Masa	215,648 kg	
Tensión de Von Mises	0,0000271685 MPa	50,7643 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,418334 mm
Coficiente de seguridad	5,3453 su	15 su

☐ **Tensión de Von Mises**

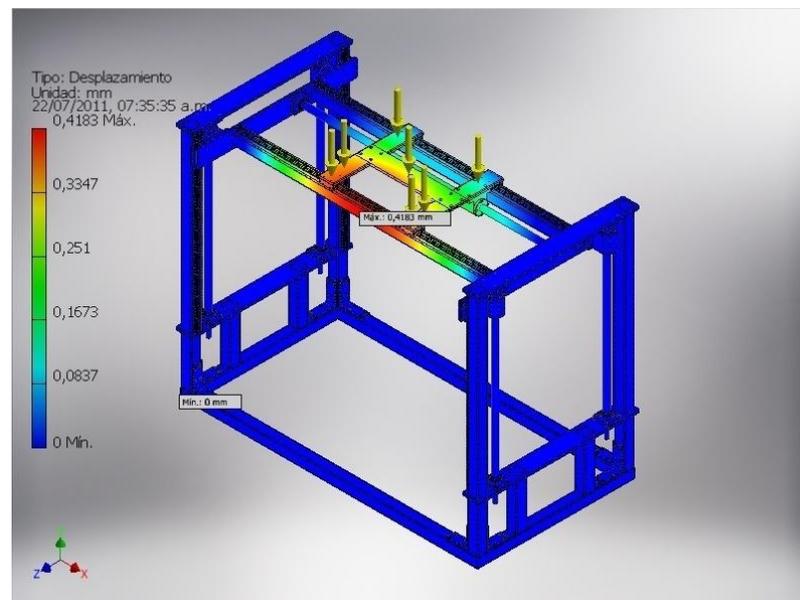
Figura 129. Tensión de Von Mises



Fuente: Autodesk Inventor

☐ **Desplazamiento**

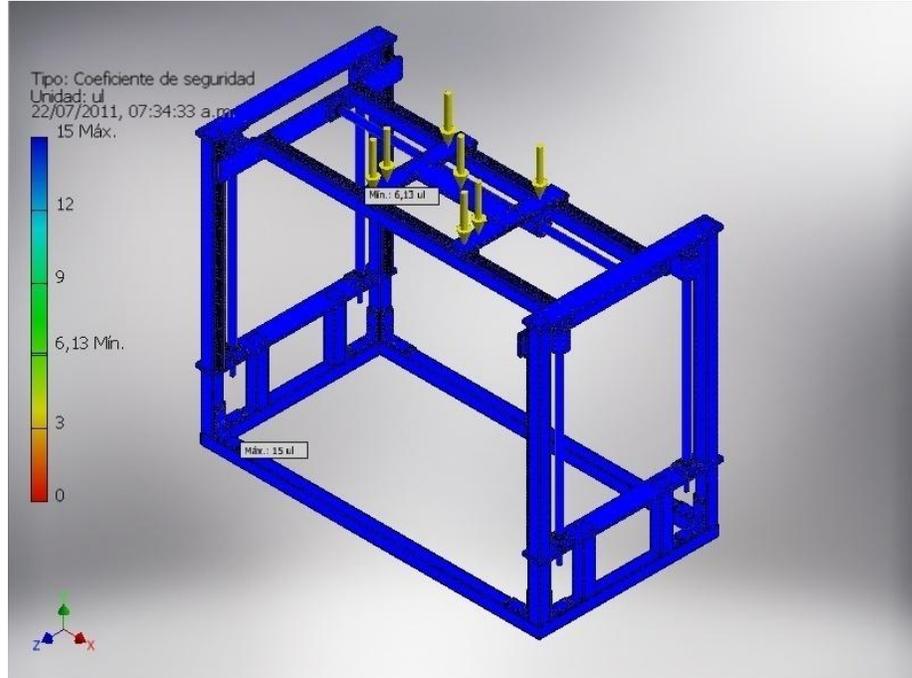
Figura 130. Desplazamiento de la estructura



Fuente: Autodesk Inventor

☐ **Coefficiente de seguridad**

Figura 131. Coeficiente de seguridad



Fuente: Autodesk Inventor

*Observando detenidamente los resultados de las simulaciones estáticas se puede establecer que la estructura no se ve afectada por ninguna carga, es decir, los cálculos desarrollados a través del programa Cestri permitieron desarrollar una plataforma confiable y firme para el bastidor.*

*La tensión de Von Mises es casi mínima y el desplazamiento máximo es de aproximadamente 0.4 mm, ambas magnitudes muy pequeñas. Estos resultados son satisfactorios y validan la propuesta.*

*Con respecto a la forma de análisis del software, la configuración de colores de Autodesk Inventor expone la zona de mayor riesgo (color rojo), que es precisamente la bandeja donde se va a montar el armazón, allí irán los vidrios blindados y los chalecos antibalas.*

*El factor de seguridad para la plataforma es alto, ya que no hay ningún color alarmante, lo que significa que el módulo está bien diseñado.*

### 5.3. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DINÁMICA DE LA ESTRUCTURA

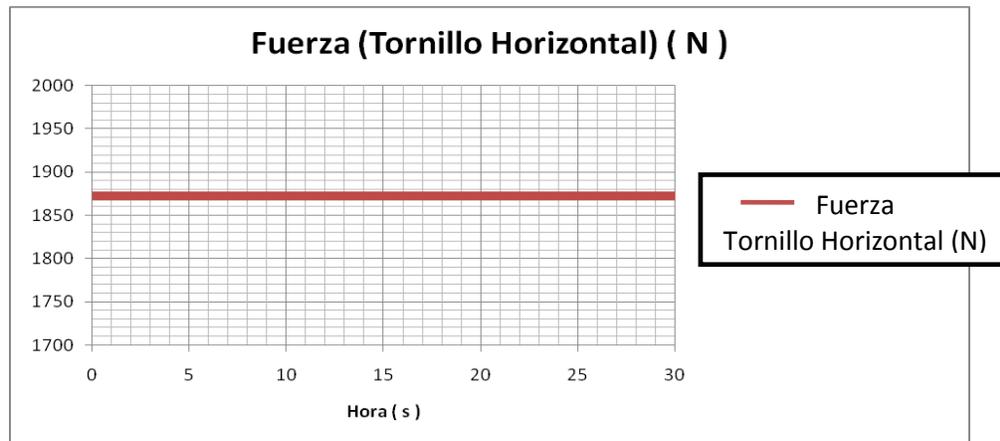
#### 5.3.1. Movimiento horizontal

Tabla 43. Datos simulación dinámica movimiento horizontal

Hora ( s )	Fuerza (Tornillo Horizontal) ( N )	Momento (Tornillo Horizontal) ( N.m )
0.00000	1872.21000	1.78783
0.01000	1872.21000	5.35964
0.02000	1872.21000	5.35964
0.03000	1872.21000	5.35964
0.04000	1872.21000	5.35964
0.05000	1872.21000	5.35964
0.06000	1872.21000	5.35964
0.07000	1872.21000	5.35964
0.08000	1872.21000	5.35964
0.09000	1872.21000	5.35964
0.10000	1872.21000	5.35964
0.11000	1872.21000	5.35964
0.12000	1872.21000	5.35964
0.13000	1872.21000	5.35964
0.14000	1872.21000	5.35964
0.15000	1872.21000	5.35964
0.16000	1872.21000	5.35964
0.17000	1872.21000	5.35964
0.18000	1872.21000	5.35964
0.19000	1872.21000	5.35964
0.20000	1872.21000	5.35964
0.21000	1872.21000	5.35964
0.22000	1872.21000	5.35964
0.23000	1872.21000	5.35964
0.24000	1872.21000	5.35964
0.25000	1872.21000	5.35964
0.26000	1872.21000	5.35964
0.27000	1872.21000	5.35964
0.28000	1872.21000	5.35964
0.29000	1872.21000	5.35964

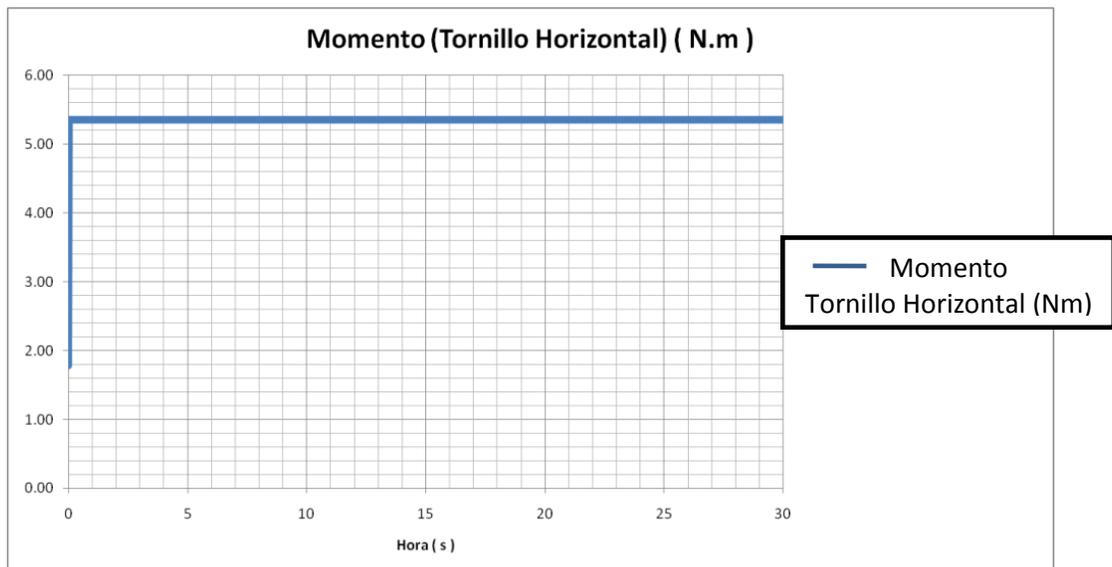
Fuente: Autodesk Inventor

Figura 132. Gráfica fuerza tornillo horizontal



Fuente: Autodesk Inventor

Figura 133. Gráfica momento tornillo horizontal



Fuente: Autodesk Inventor

*Analizando las gráficas de los resultados, se puede determinar que la fuerza del tornillo coincide con los cálculos realizados, sin embargo el momento de torsión llega a ser muy alto, iniciando con 1.78 Nm y llegando a 5.35 Nm. De allí la necesidad de controlar y determinar la aceleración angular de los motores para que la magnitud del torque baje y por consiguiente la potencia no sea tan alta.*

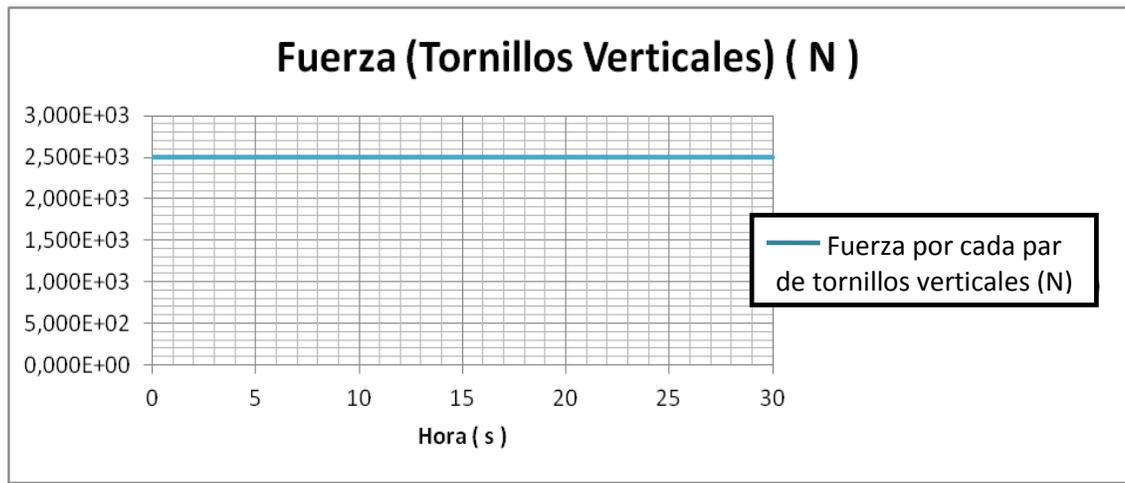
### 5.3.2. Movimiento Vertical

Tabla 44. Datos simulación dinámica movimiento vertical

Hora ( s )	Fuerza (Tornillos verticales) ( N )	Momento (Tornillos verticales) ( N.m )
0.00000	2494.37000	2.38195
0.01000	2494.37000	11.80350
0.02000	2494.37000	11.80350
0.03000	2494.37000	11.80350
0.04000	2494.37000	11.80350
0.05000	2494.37000	11.80350
0.06000	2494.37000	11.80350
0.07000	2494.37000	11.80350
0.08000	2494.37000	11.80350
0.09000	2494.37000	11.80350
0.10000	2494.37000	11.80350
0.11000	2494.37000	11.80350
0.12000	2494.37000	11.80350
0.13000	2494.37000	11.80350
0.14000	2494.37000	11.80350
0.15000	2494.37000	11.80350
0.16000	2494.37000	11.80350
0.17000	2494.37000	11.80350
0.18000	2494.37000	11.80350
0.19000	2494.37000	11.80350
0.20000	2494.37000	11.80350
0.21000	2494.37000	11.80350
0.22000	2494.37000	11.80350
0.23000	2494.37000	11.80350
0.24000	2494.37000	11.80350
0.25000	2494.37000	11.80350
0.26000	2494.37000	11.80350
0.27000	2494.37000	11.80350
0.28000	2494.37000	11.80350
0.29000	2494.37000	11.80350
0.30000	2494.37000	11.80350
0.31000	2494.37000	11.80350
0.32000	2494.37000	11.80350

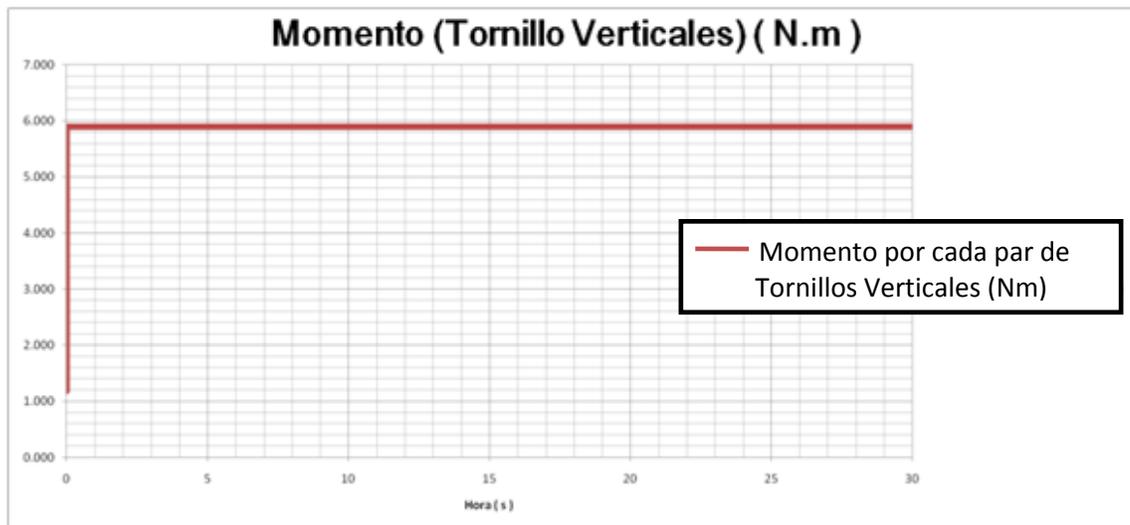
Fuente: Autodesk Inventor

Figura 134. Gráfica fuerza tornillos verticales



Fuente: Autodesk Inventor

Figura 135. Gráfica momento tornillos verticales



Fuente: Autodesk Inventor

*Analizando las gráficas de los resultados, el par de arranque también es un poco alto iniciando con 2.381 Nm y alcanzando un valor máximo de 11.8 Nm, Es una magnitud exagerada para las funciones que debe cumplir la máquina con respecto al movimiento horizontal. Por ello en el diseño del mecanismo también se establece una aceleración adecuada para los motores.*

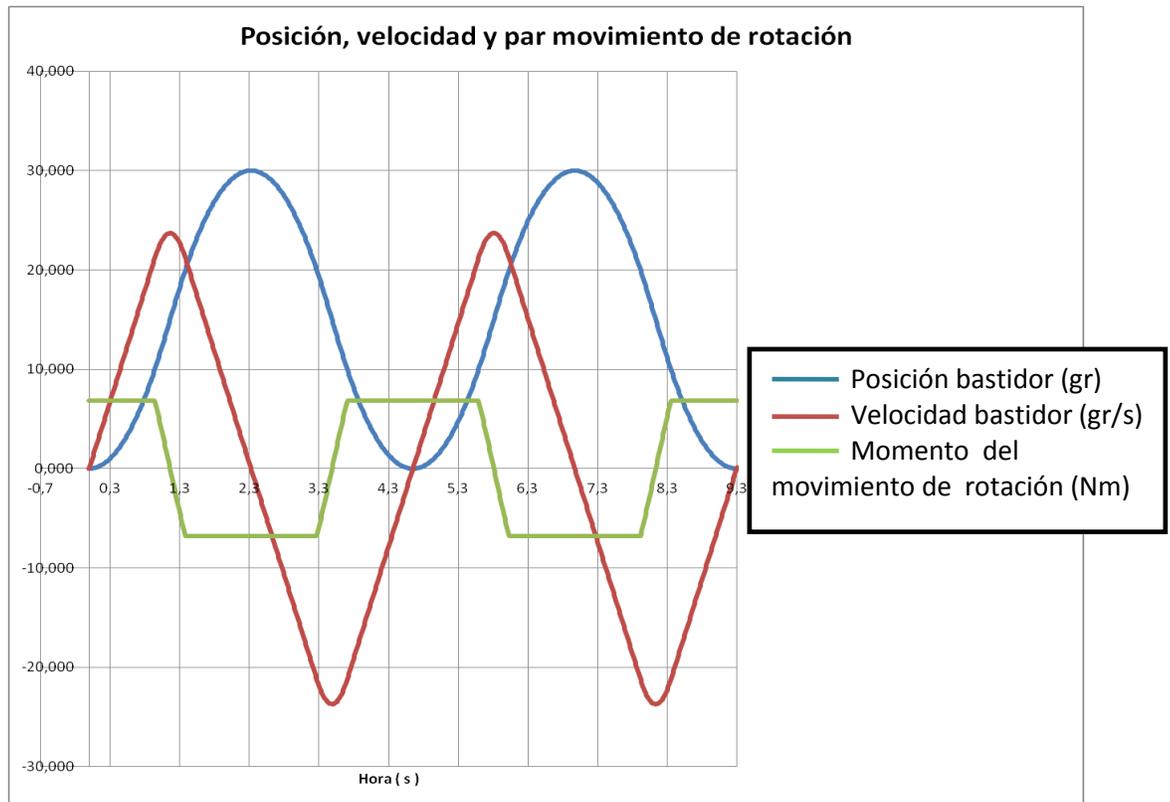
### 5.3.3. Movimiento de rotación

Tabla 45. Datos simulación dinámica movimiento de rotación

Hora ( s )	Posición (Rotación) ( gr )	Velocidad (Rotación)( gr/s )	Momento (Par de torsión) ( N.m )
0,00000	0,00000	0,00000	6,81000
0,01000	0,00112	0,22483	6,81000
0,02000	0,00450	0,44966	6,81000
0,03000	0,01012	0,67449	6,81000
0,04000	0,01799	0,89931	6,81000
0,05000	0,02810	1,12414	6,81000
0,06000	0,04047	1,34897	6,81000
0,07000	0,05508	1,57380	6,81000
0,08000	0,07195	1,79863	6,81000
0,09000	0,09106	2,02346	6,81000
0,10000	0,11241	2,24829	6,81000
0,11000	0,13602	2,47311	6,81000
0,12000	0,16188	2,69794	6,81000
0,13000	0,18998	2,92277	6,81000
0,14000	0,22033	3,14760	6,81000
0,15000	0,25293	3,37243	6,81000
0,16000	0,28778	3,59726	6,81000
0,17000	0,32488	3,82209	6,81000
0,18000	0,36422	4,04691	6,81000
0,19000	0,40582	4,27174	6,81000
0,20000	0,44966	4,49657	6,81000
0,21000	0,49575	4,72140	6,81000
0,22000	0,54409	4,94623	6,81000
0,23000	0,59467	5,17106	6,81000
0,24000	0,64751	5,39589	6,81000
0,25000	0,70259	5,62071	6,81000
0,26000	0,75992	5,84554	6,81000
0,27000	0,81950	6,07037	6,81000
0,28000	0,88133	6,29520	6,81000
0,29000	0,94540	6,52003	6,81000
0,30000	1,01173	6,74486	6,81000
0,31000	1,08030	6,96969	6,81000
0,32000	1,15112	7,19451	6,81000

Fuente: Autodesk Inventor

Figura 136. Gráfica posición, velocidad y par movimiento de rotación



Fuente: Autodesk Inventor

*El movimiento de rotación es el más complicado de los tres movimientos, precisamente porque se requiere rapidez y exactitud, además la carga que hay que mover es considerable. Analizando los resultados de las simulaciones para el movimiento de rotación se tiene que el torque necesario para mover la carga es de 6.81 Nm (muy alto), cuando el bastidor comienza a moverse la energía transmitida que permite vencer la inercia hace que el momento con el paso del tiempo comience a disminuir, a medida que el armazón se acerca a la posición deseada (30 grados) es necesario un par contrario de igual magnitud. Esto implicaría un motor con mayor potencia y la máquina podría estar sobredimensionada. En la gráfica se puede observar que cuando el torque se mantiene constante para mover el bastidor hay un cambio de velocidad, es decir una aceleración (la cual hay que establecer de forma adecuada para el actuador que permitirá el movimiento); para detener el armazón el par comienza a disminuir hasta volverse contrario y se reduce la velocidad, es decir, una desaceleración.*

## 6. AJUSTES FINALES

### 6.1. SELECCIÓN RUEDAS INDUSTRIALES

El Banco Balístico de Pruebas debe poder moverse libremente a través del laboratorio balístico de la Fábrica General José María Córdova. Pero en el momento de la pruebas es importante que quede quieto. Por ello la necesidad de unas ruedas que puedan soportar una carga considerable y con freno, para ubicar el módulo en una localización específica. Se colocarán 4 ruedas, una en cada extremo inferior de la estructura, con el objetivo de distribuir las fuerzas.

Figura 137. Ruedas industriales



Fuente: Almacén Home Center

#### Especificaciones técnicas

<b>Elemento:</b>	ruedas giratorias industriales con freno
<b>Diámetro rueda:</b>	4 pulgadas = 101.6 mm
<b>Capacidad carga cada rueda:</b>	300 libras = 135 kg
<b>Características:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruedas especiales para trabajo pesado</li> <li>- Mecanismo de freno fácil de utilizar</li> <li>- Las ruedas son giratorias</li> <li>- Diseñadas en acero de alta resistencia mecánica</li> </ul>

Calculando si las ruedas seleccionadas son viables para el diseño:

$$\text{Peso que corresponde a cada rueda} = \frac{\text{Peso de la estructura con probeta}}{\text{Cantidad de ruedas}}$$

$$\text{Peso que corresponde a cada rueda} = \frac{415 \text{ Kg}}{4} = 103.75 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso máximo que aguanta cada rueda} > \text{Peso que corresponde a cada rueda}$$

$$135 \text{ Kg} > 103.75 \text{ Kg}$$

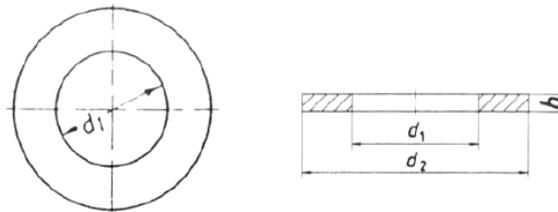
## 6.2. TORNILLERÍA Y ELEMENTOS DE SUJECIÓN

**Norma:** DIN 125

**Elemento:** ARADELAS PLANAS

**Referencias:** M – 6, M – 8

Figura 138. Arandelas planas



M	d1 (mm)	d2 (mm)	h (mm)
6	6.4	12	1.6
8	8.4	16	1.6

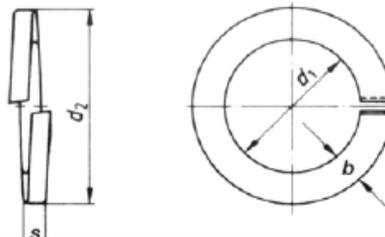
Fuente: Inox Ibérica, S.A.

**Norma:** DIN 127

**Elemento:** ARADELAS GROWER FORMA B

**Referencias:** M – 5, M – 6, M – 8, M – 10, M – 12

Figura 139. Arandelas Grower forma B



M	d1 (mm)	d2 (mm)	b (mm)	s (mm)
5	5.1	9.2	1.8	1.2
6	6.1	11.8	2.5	1.6
8	8.1	14.8	3	2
10	10.2	18.1	3.5	2.2
12	12.2	21.1	4	2.5

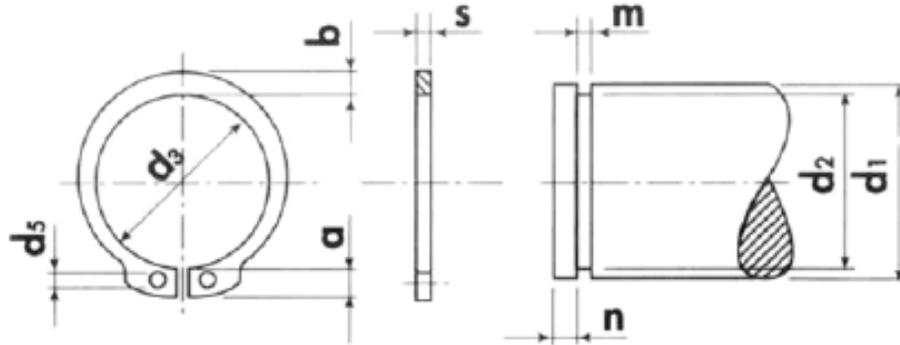
Fuente: Inox Ibérica, S.A.

Norma: DIN 471

Elemento: ANILLO DE SEGURIDAD EXTERIOR

Diámetro del eje: 45 mm

Figura 140. Anillo de seguridad exterior



Medida nominal Diámetro eje (mm)	Anillo de seguridad (mm)					Ranura Alojamiento Anillo (mm)		
	s	d5	d3	b ≈	a máx.	d2	m (H13)	n (mín)
45	1.75	2.5	41.5	4.7	6.7	42.5	1.85	3.8

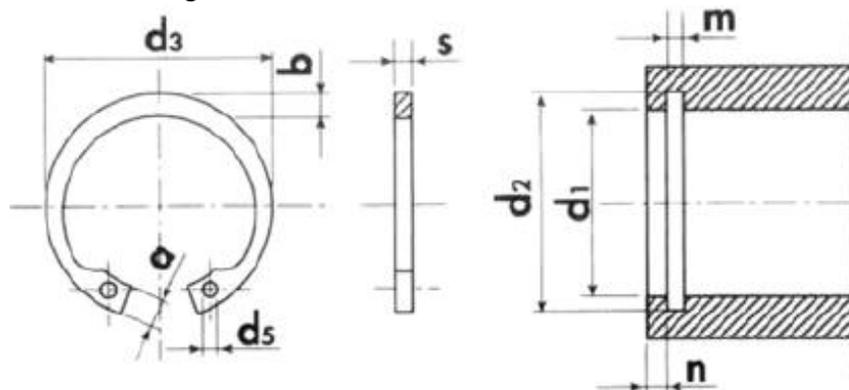
Fuente: Inox Ibérica, S.A.

Norma: DIN 472

Elemento: ANILLO DE SEGURIDAD INTERIOR

Diámetro del eje: 35 mm

Figura 141. Anillo de seguridad interior



Medida nominal Diámetro eje (mm)	Anillo de seguridad (mm)					Ranura Alojamiento Anillo (mm)		
	s	d5	d3	b ≈	a máx.	d2	m (H13)	n mín.
35	1.5	2.5	37.8	3.3	5.4	37	1.6	3

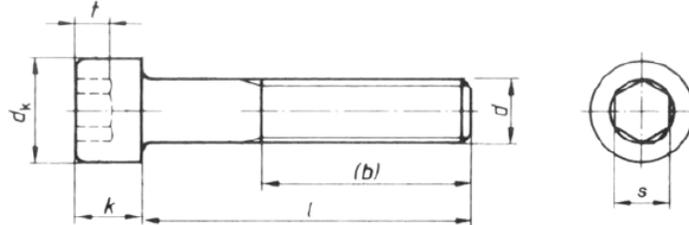
Fuente: Inox Ibérica, S.A.

**Norma:** DIN 912

**Elemento:** TORNILLOS CILÍNDRICOS CON HEXÁGONO INTERIOR

**Referencias:** M – 5, M – 6, M – 8, M – 10

Figura 142. Tornillo cilíndrico con hexágono interior



Medida	M – 5	M – 6	M – 8	M – 10
b*(mm)	22	24	28	32
t mín. (mm)	2.5	3	4	5
s (mm)	4	5	6	8
k máx. (mm)	5	6	8	10
dk (mm)	8.5	10	13	16

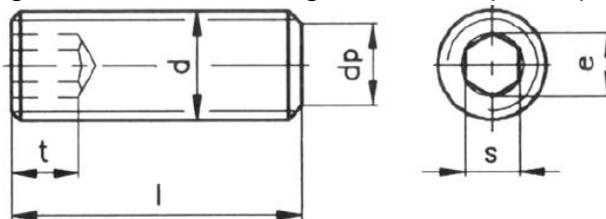
Fuente: Inox Ibérica, S.A. \*Longitud de rosca (siempre que L>b)

**Norma:** DIN 913

**Elemento:** ESPÁRRAGO ROSCADO CON HEXÁGONO INTERIOR PUNTA PLANA

**Referencia:** M – 8

Figura 143. Espárrago roscado con hexágono interior punta plana



Medida	M – 8
dp máx. (mm)	5.5
t mín. (mm)	3
e (mm)	4.58
s (mm)	4

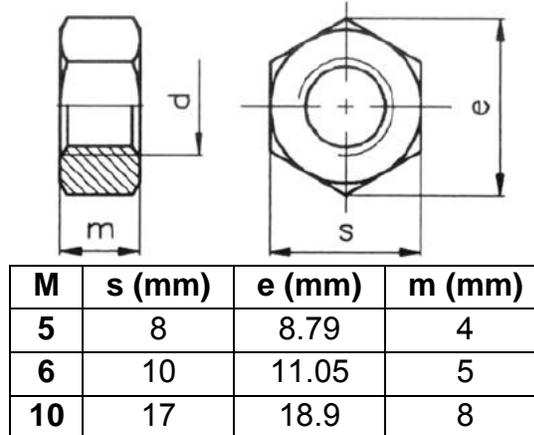
Fuente: Inox Ibérica, S.A.

**Norma:** DIN 934

**Elemento:** TUERCAS HEXAGONALES

**Referencias:** M – 5, M – 6, M – 10

Figura 144. Tuercas hexagonales



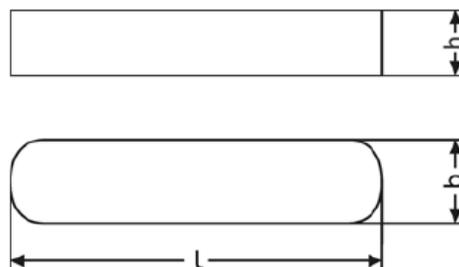
Fuente: Inox Ibérica, S.A.

**Norma:** DIN 6885

**Elemento:** CHAVETAS DE AJUSTE

**Medidas:** b = 6 mm, h = 6 mm, L = 18 mm, 20 mm, 22 mm

Figura 145. Chavetas de ajuste



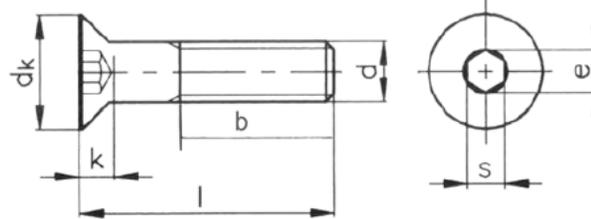
Fuente: Inox Ibérica, S.A.

**Norma:** DIN 7991

**Elemento:** TORNILLO CABEZA AVELLANADA PLANA CON HEXÁGONO INTERIOR

**Referencia:** M – 6

Figura 146. Tornillo cabeza avellanada plana con hexágono



Medida	M – 6
$d_k$	12
$e \approx$	4.7
K	3.3
s	4
<b>b (<math>L \leq 125</math>)</b>	18
<b>b (<math>125 &lt; L \leq 200</math>)</b>	24

Fuente: Inox Ibérica, S.A.

Para seleccionar los tornillos, es fundamental considerar las siguientes características mecánicas:

Figura 147. Características tornillos comerciales

	Clase de resistencia	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20
Par de Apriete Recomendado (Nm)	80	1,2	2,7	5,4	9,3	22	44	76	121	187	364
	70	0,9	2	4,1	7	17	33	57	91	140	273
Carga de Trabajo (KN)	80	2	3,4	5,5	7,8	14,3	22,6	32,8	44,8	61,2	95,5
	70	1,5	2,6	4,2	5,9	10,7	17	24,7	33,7	46,9	71,7
Carga de Rotura (KN)	80	4	7	11,3	16,1	29,2	46,6	67,4	92	125,6	196
	70	3,5	6,1	9,9	14	25,6	40,6	59	80,5	109,9	171,5
Límite Elástico (KN)	80	3	5,3	8,5	12	21,9	34,8	50,5	69	94,2	147
	70	2,2	3,9	6,4	9	16,4	26,1	37,9	51,8	70,6	110,4

Fuente: Inox Ibérica, S.A.

Las referencias que más se utilizaron fueron: M – 5, M – 6, M – 8, M – 10, M – 12. Los elementos de sujeción tienen una gran importancia en el diseño de la máquina ya que permitirán que el Banco Balístico de Pruebas tenga firmeza y consistencia, de acuerdo a las cargas considerables que está manejando.

### 6.3. PROTECCIÓN DE MECANISMOS

#### 6.3.1. Láminas para protección de mecanismos

Es fundamental proteger los mecanismos de partículas que se pueden desprender en el momento de la prueba (ya sean de vidrio blindado o plastilina balística), del polvo y del ambiente corrosivo de la fábrica. Una excelente solución para este problema son las láminas, por su bajo volumen y bajo costo.

*Las láminas se seleccionaron a partir de los siguientes criterios:*

- ✓ Poco peso
- ✓ Alta resistencia
- ✓ Que sean comerciales

*Los elementos que se deben proteger son:*

- ✓ Cadenas de rodillos
- ✓ Piñones de transmisión de potencia
- ✓ Servomotor que permite el movimiento de rotación

Las placas comerciales se pueden observar a continuación:

Figura 148. Calibres láminas

No. del calibre	Espesor aprox. Pulgadas	Espesor aprox. milímetros	No. del calibre	Espesor aprox. Pulgadas	Espesor aprox. milímetros
3	0,2391	6,0731	21	0,0329	0,8357
4	0,2242	5,6947	22	0,0299	0,7595
5	0,2092	5,3137	23	0,0269	0,6833
6	0,1943	4,9352	24	0,0239	0,6071
7	0,1793	4,5542	25	0,0209	0,5309
8	0,1644	4,1758	26	0,0179	0,4547
9	0,1495	3,7973	27	0,0164	0,4166
10	0,1345	3,4163	28	0,0149	0,3785
11	0,1196	3,0378	29	0,0135	0,3429
12	0,1046	2,6568	30	0,0120	0,3048
13	0,0897	2,2784	31	0,0105	0,2667
14	0,0747	1,8974	32	0,0097	0,2464
15	0,0673	1,7094	33	0,0090	0,2286
16	0,0598	1,5189	34	0,0082	0,2083
17	0,0538	1,3665	35	0,0075	0,1905
18	0,0478	1,2141	36	0,0067	0,1702
19	0,0418	1,0617	37	0,0064	0,1626
20	0,0359	0,9119	38	0,0060	0,1524

Fuente: [www.mefsimulacion.com](http://www.mefsimulacion.com)

Los calibres seleccionados son:

➤ **Calibre 18**

**Espesor:** 0.0478 pulgadas = 1.2141 mm

**Material:** Cold rolled (Laminado en frío)

**Utilizada para:** Cadenas de rodillos y piñones de transmisión de potencia

➤ **Calibre 6**

**Espesor:** 0.1943 pulgadas = 4.9352 mm

**Material:** Cold rolled (Laminado en frío)

**Utilizada para:** Servomotor que permite el movimiento de rotación

Para un acabado total del módulo se llevaron a cabo las siguientes acciones:

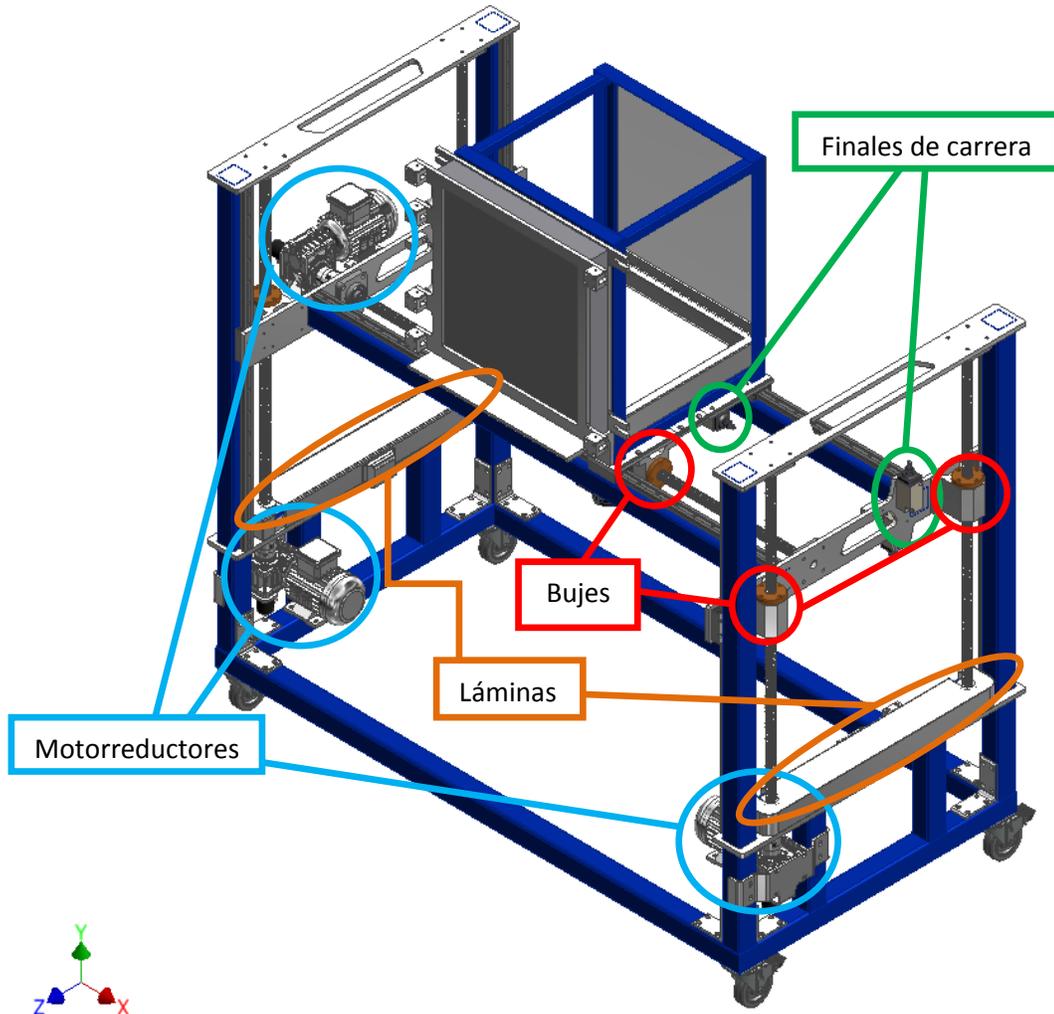
**Integración elementos de control, eléctricos y la estructura mecánica.** En la estructura diseñada, se montaron los componentes que permiten el movimiento automático. Cada elemento ocupa un espacio importante en la máquina. Entre ellos encontramos:

- Anclaje de Motores: dos motorreductores para movimiento vertical, un motorreductor para movimiento horizontal y un servomotor para movimiento de rotación. Se utilizaron acoples araña en todos los casos para transmitir el par de los motores a los tornillos. Se anclaron con placas de acero, unidas a los perfiles.
- Anclaje de sensores: dos finales de carrera en la bandeja móvil para el movimiento horizontal y dos finales de carrera en una de las placas de los extremos para el movimiento vertical. Se anclaron con tornillos.
- Anclaje de los encoders: se instalaron tres, uno en cada motorreductor. Para anclarlos fue necesario diseñar unos pequeños ejes desde los reductores, con el objetivo de comunicar la velocidad de los mismos a los encoders; van unidos a través de acoples elásticos.
- Colocación de láminas de protección: son livianas y permiten el buen funcionamiento de la transmisión de potencia. Se añadieron con visagras para un acceso fácil en caso de mantenimiento o lubricación de la cadena. También se añadió una lámina con mayor espesor para el servomotor ya que puede verse expuesto a daños por los disparos.

**Reducción de peso.** El peso de toda la estructura aumentó en el instante en que se instalaron los tornillo, motores, acoples, láminas, sensores, encoders y otras piezas que se incluyeron para el buen funcionamiento del Banco Balístico. Por ello se modificaron algunas geometrías que permitían reducir un poco el peso.

A continuación se muestra cómo quedó finalmente todo el diseño:

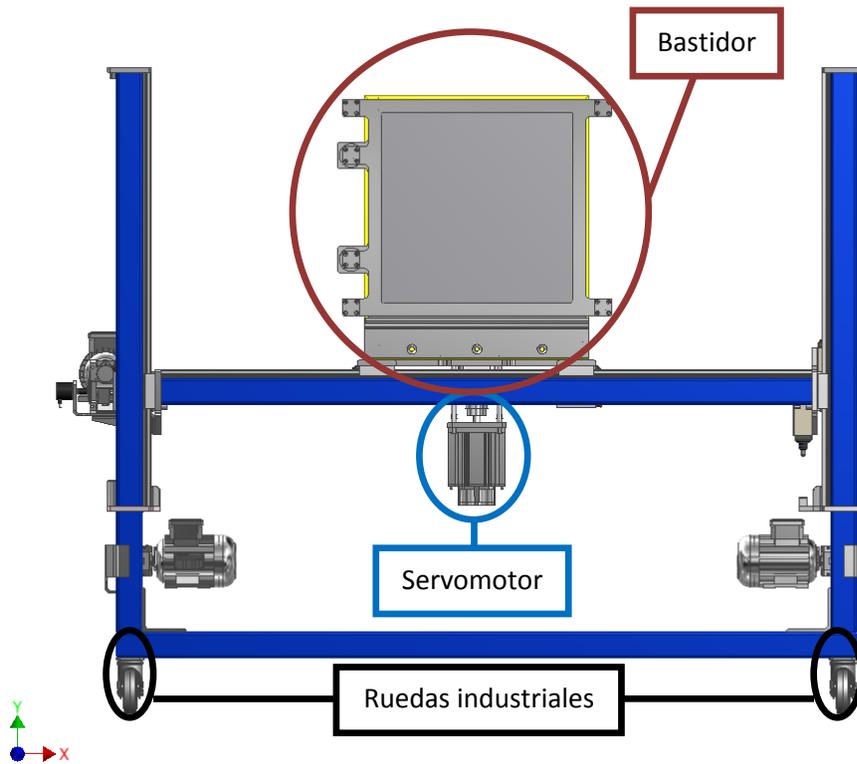
Figura 149. Vista superior ensamble completo del Banco Balístico de Pruebas



Fuente: imagen realizada por el autor

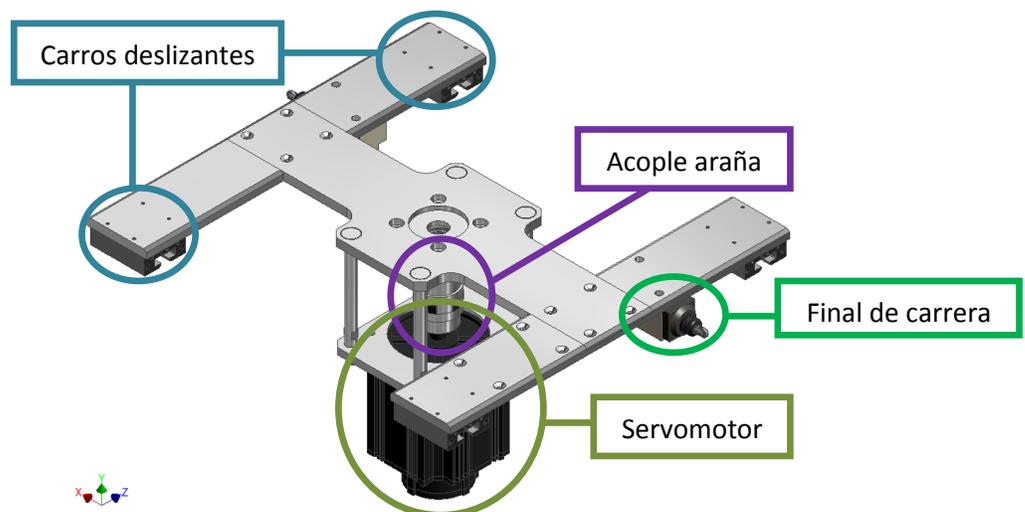
El objetivo fundamental del proyecto es dar soporte al laboratorio balístico de la Fabrica José María Córdova implementando un Banco moderno y automatizado que brinde seguridad y eficiencia al proceso de las pruebas balísticas cumpliendo la norma NTC 5501. El próximo paso es diseñar algunos prototipos y validarlos para llegar a la versión industrial.

Figura 150. Vista frontal del ensamble completo



Fuente: imagen realizada por el autor

Figura 151. Acople servomotor para el movimiento de rotación



Fuente: imagen realizada por el autor

## 7. PRESUPUESTO

Para el diseño del nuevo Banco Balístico, se realizó un cuadro de relación de cuáles de los elementos que se tenían fueron utilizados, por tanto:

Tabla 46. Elementos que fueron utilizados para el diseño

Elementos	Cantidad	Utilizados	Referencia
<b>Mecánicos</b>			
Buje de 30 mm de diámetro	8	2	RJUM-02-30
Buje de 25 mm de diámetro	6	0	RJUM-02-25
Eje de 25 mm de diámetro y 2200 mm longitud	1	0	AWM-25-2200
Eje de 30 mm de diámetro y 1600 mm longitud	2	1	AWM-30-1600
Carro lineal fijo	4	4	TW-01-20
Carro lineal flotante horizontal	4	4	TW-01-20-HF
Guía lineal de 1000 mm longitud	2	2	TS-01-20-1000
Guía lineal de 1500 mm longitud	2	2	TS-01-20-1500
<b>Para el control</b>			
PLC	1	1	CP1HX40DTD
Módulo de Ethernet	1	1	CP1WETN01US
Puerto de comunicaciones RS422/485	1	1	CP1WCIF11
Pantalla touchscreen	1	1	NS5MQ01BV2
Switch de comunicaciones	2	0	DES1008D
Fuente conmutada	2	2	S8VM05024CD
Varidor de velocidad	2	2	3G3JXA2007
Variador de velocidad	1	1	3G3JXA2015
Sensor inductivo	3	0	E2AM12KN08M1C1
Conector para sensor	3	0	Y96E44RD5
Encoder incremental	3	3	E6B2CWZ6C100PR5M
Interruptor final de carrera	4	4	D4A1110N

Fuente: tabla realizada por el autor

En general el balance es positivo, ya que la mayoría de las partes fueron tomadas en cuenta para la propuesta. Algunos dispositivos se adicionaron para el control, buscando optimizar el funcionamiento de la máquina de la Fábrica General José María Córdova.

Tabla 47. Cotización elementos comerciales adicionales para el diseño

Elementos	Cantidad	Referencia	Marca	Valor Unitario	Valor Total
<b>Adicionales para el control</b>					
Servomotor	1	R88M-K90010H-B	OMRON	2.844.827,59	2.844.827,59
Servocontrolador	1	R88M-KT15H	OMRON	1.293.103,45	1.293.103,45
Módulo para servocontrador 12 entradas, 8 salidas	1		OMRON	862.068,97	862.068,97
Cable de poder -Flexible	1	R88M-CA-BR	OMRON	70.351,00	70.351,00
Conector para encoder – Flexible (1.1 KW)	1	R88A-CRK-NR	OMRON	70.351,00	70.351,00
Reactor AC – Alimentación variador	2	AX-RAI02800080-DE	OMRON	100.000,00	200.000,00
Reactor AC – Alimentación variador	1	AX-RAI00880175-DE	OMRON	100.000,00	100.000,00
Filtro de línea – Alimentación variador	2	AX-FIJ2006-RE	OMRON	78.000,00	156.000,00
Filtro de línea – Alimentación variador	1	AX-FIJ2020-RE	OMRON	78.000,00	78.000,00
Estrangulador eléctrico	3	AX - FER2102 - RE	OMRON	50.000,00	150.000,00
<b>Adicionales para la estructura</b>					
Rueda industrial con freno	4	TCH-4B	TCH	68.965,52	275.862,08
Guías lineales 1000 mm	2	TS-01-20-1000	IGUS	1.293.103,45	2.586.206,90
<b>Para transmisión de potencia</b>					
Motorreductor 90 W, reducción de 10	1	56C-10	SITIRIDUTTORI	2.413.793,10	2.413.793,10
Motorreductor 90 W, reducción de 15	2	56C-15	SITIRIDUTTORI	2.586.206,90	5.172.413,80
Cadena de 242 eslabones, paso 1/4"	3,1	ANSI-25	FERREMONTES	18.727,59	58.055,53
Piñón de 40 dientes con manzana	4	25B40	FERREMONTES	28.893,10	115.572,40
Piñón loco de 20 dientes con manzana	2	25B20	FERREMONTES	19.321,55	38.643,10
Tensor SERIE G tipo Flanche	2	GS-S0-1	INTERMEC	97.758,62	195.517,24
Acople araña	4	FRC70FR	SKF	103.448,28	413.793,12
Chumacera	11	FYK-20-TF	SKF	60.344,83	663.793,13
				<b>Subtotal</b>	17.758.352,41
				<b>IVA</b>	2.841.336,39
				<b>TOTAL</b>	<b>20.599.688,80</b>

Fuente: tabla realizada por el autor

Los elementos cotizados en la tabla anterior fueron componentes adicionales para la propuesta presentada en este proyecto de grado, la mayoría son para el control del Banco Balístico y algunos otros para la estructura mecánica. La Industria Militar quedó satisfecha con la labor desempeñada.

## 8. CONCLUSIONES

- Los elementos mecánicos adquiridos por INDUMIL fueron utilizados en su mayoría garantizando la viabilidad del diseño propuesto, las características de estas partes, permitieron posicionar adecuadamente las probetas de ensayo y los bloques de plastilina para los chalecos.
- El planteamiento de varias alternativas de estructura mecánica para el bastidor y la plataforma, proporcionaron la posibilidad de perfeccionar el concepto de diseño, optando finalmente por un modelo de acuerdo a las necesidades y que sigue a cabalidad las normas; de allí partió todo el desarrollo del proyecto.
- Para optimizar la estructura mecánica fueron necesarias varias iteraciones con el propósito de perfeccionarlo y de reducir tiempos y costos de fabricación, lo cual se logró, pues el diseño es simple y cumple con las exigencias del cliente.
- El principal problema que se presentó para plantear la estructura mecánica del módulo fue la distribución de las cargas, por esta razón se estableció una simetría de la cantidad de tornillos de potencia en cada lado.
- De las simulaciones de elementos finitos, se concluyó que era necesario agregar tornillos de potencia en los extremos, en el movimiento vertical, para distribuir el peso de bastidor que es considerable. Los carros y los rieles permitieron alinear la subida y bajada del armazón.
- Para plantear el sistema de control fue necesario llevar a cabo algunos cálculos, como por ejemplo verificar si los variadores de frecuencia podían alimentar los motores y el correcto funcionamiento de los encoders.
- Las simulaciones dinámicas y estáticas, así como los cálculos realizados establecieron que la propuesta cumple con las características mecánicas de

funcionamiento, es decir, el módulo puede soportar las cargas a las cuales es sometido y las difíciles condiciones de operación.

- El diseño planteado fue expuesto en la Fábrica General José María Córdova (FAGECOR) de la Industria Militar desde el inicio, contando con la opinión de los encargados de las pruebas balísticas; esto permitió llegar a una solución adecuada cumpliendo con las expectativas y exigencias de diseño.
- Dentro de los problemas que se presentaron para controlar el Banco Balístico está el acople de los variadores de velocidad con los motores y los encoders, buscando exactitud y precisión.
- La simulación en el proyecto jugó un papel fundamental, debido a que permitió establecer una idea del comportamiento del sistema en la realidad. La representación de un diseño se ha convertido en una necesidad y una herramienta indispensable que le permite al ingeniero no sólo a evaluar su funcionamiento, sino también a disminuir costos generados por los rediseños posteriores a la implementación del mismo.
- Trabajar en este proyecto ha sido una gran experiencia, la industria requiere más exigencia y compromiso, pues se plantean soluciones a problemas reales; esto permite fortalecer la inventiva, el análisis y la toma de decisiones.
- Para llevar a cabo un buen diseño en ingeniería es importante estimular ciertas características como la perseverancia, la imaginación y la intuición, con estas habilidades hay mayor capacidad para descubrir ideas y conceptos para aplicarlos a los sistemas.
- Esta investigación tiene un perfil interdisciplinario, debido a que se está rediseñado y automatizando un proceso industrial, es decir, se está planteando un sistema de control automático para probar vidrios blindados y chalecos antibalas.

## 9. RECOMENDACIONES

- Antes de ofrecer cualquier solución, es preciso desde un principio hacer un balance de costos del proyecto que sea real y no especulativo, ya que si se inicia un plan de trabajo teniendo claras las inversiones necesarias, es mucho más simple saber cuáles serán sus alcances y limitaciones. Cuando se realiza un presupuesto deben ser tenidos en cuenta absolutamente todos los factores, por muy insignificantes que sean, pues en el transcurso de la investigación, las cosas que parecían no tener mayor importancia, con el tiempo se convierten en gastos reales y afectan la viabilidad de lo que se está llevando a cabo.
- Cuando una empresa apoya un proyecto, el tema costo-beneficio es de gran importancia, por ello se recomienda que para cualquier diseño que se lleve a cabo se realice una optimización, evitando que la máquina quede sobre - dimensionada y minimizando inversiones en la fabricación, manteniendo la calidad de las partes para un correcto funcionamiento.
- Es trascendental trabajar de forma organizada para poder tener un avance constante a lo largo del proyecto. Siempre es necesario tener objetivos de corto, mediano y largo alcance, que permitan evaluar el progreso.
- Con respecto al diseño se recomienda a los operarios que cuando se estén realizando las pruebas, el disparo del proyectil se haga directamente sobre la probeta (plastilina o vidrio) y no sobre los elementos mecánicos de la estructura del Banco Balístico, para evitar su deterioro temprano.
- Es vital que el operario cuide de la máquina, por tal razón el programa visualiza en la pantalla, sugerencias para el cuidado y mantenimiento de la misma, con el fin de evitar daños físicos y financieros.
- La pantalla touchscreen utilizada para manipular los movimientos del módulo a distancia, es delicada, se sugiere que su uso sea apropiado, para que no se ensucie o se raye, asegurando más horas de utilidad.

- Para proteger la máquina, se propone que primero el operario ubique el bastidor con el control a distancia en donde se vayan a realizar los disparos, después monte la probeta (plástico o vidrio), para no forzar los motores y evitar la sobre – carga, es más fácil posicionar primero y luego montar el material respectivo.
- Para un control más exacto se recomienda el uso de servomotores (motores DC con caja reductora y circuito de control) para el movimiento vertical y para el movimiento horizontal, pues estos actuadores proporcionan no sólo potencia mecánica y un torque considerable, sino que también, ofrecen una gran estabilidad en una sola posición. Su consumo de energía es reducido.
- El motor produce ruido y vibraciones, por ello es mejor que las pruebas se realicen en un lugar aislado y que disipe los sonidos. Los tornillos de potencia producen fricción y perturbación, son susceptibles de desgaste, por lo tanto requieren mantenimiento, aunque no es necesario que sea muy frecuente.
- Para montar la probeta (vidrio o plástico), hay que tener mucho cuidado, pues algunos elementos estructurales son pesados y voluminosos, la finalidad es evitar lesiones de algún operario.
- Para protección de la máquina se recomienda adicionar dos interruptores finales de carrera para el movimiento vertical, para que queden 2 sensores para la subida y 2 sensores para la bajada, con el fin de garantizar los límites si algún detector se daña.
- Se recomienda instalar encoders en cada tornillo de potencia para garantizar que están girando a la velocidad requerida y que el sistema para el movimiento vertical está sincronizado, con la finalidad de evitar que la máquina se descuadre, ya que esto puede provocar daños en los bujes y otros elementos que permiten el desplazamiento de baja y subida del bastidor.

## BIBLIOGRAFÍA

SHIGLEY Joseph, Diseño en Ingeniería Mecánica, Editorial McGraw - Hill Octava Edición.

ASKELAND, Donald R. Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Rolla, 1998, 130 p.

BUDYNAS, Nisbett. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Estados Unidos, 209 p.

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 5501 y Estándar NIJ - 01.01.06. Bogotá D.C., 2007, 6 p.

AUTODESK INVENTOR. Manual del ingeniero. Estados Unidos, 2011.

ASTI VERA, Armando. Metodología de la Investigación.

RAFITA MORENO, Ramón Pied. Ingeniería de la Automatización Industrial.

ICONTEC. Compendio de Dibujo Técnico. Bogotá D.C., 2010.



**PROYECTO DE GRADO – BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**ANEXOS**

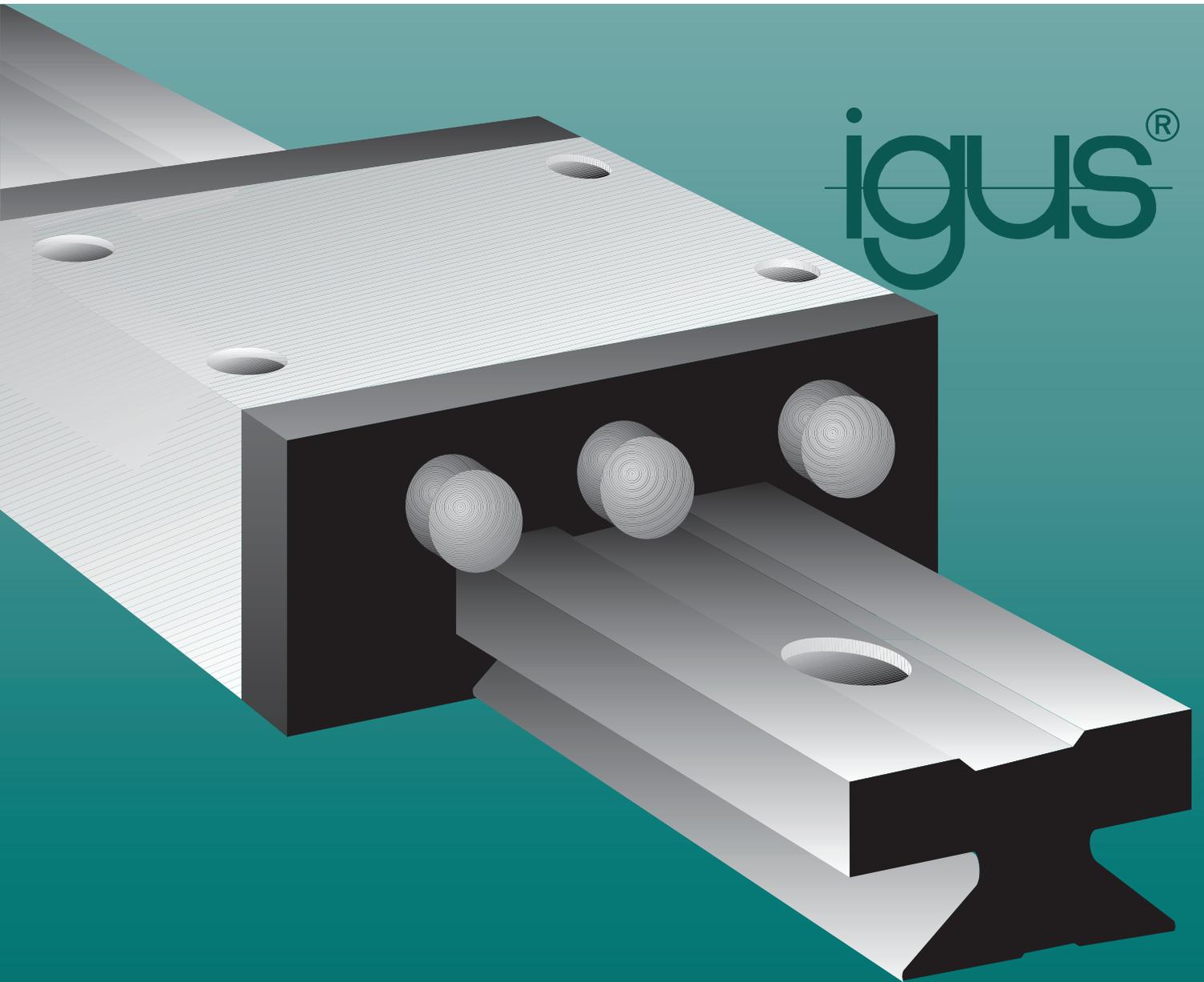


**PROYECTO DE GRADO - BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**ANEXO A.**

**Información Técnica de las guías comerciales adquiridas por la  
Industria Militar (INDUMIL)**



# DryLin<sup>®</sup> T Linear Guide System

## Maintenance-Free, Adjustable, and Quiet

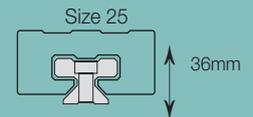
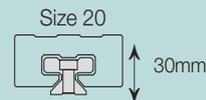
- Corrosion-resistant
- Wear-resistant
- Low coefficient of friction
- Extremely quiet operation
- No lubrication necessary

TK-01-15

TK-01-20

TK-01-25

# DryLin® T Selection Guide



## Features



Online Lifetime  
Calculation  
[www.igus.com](http://www.igus.com)

- Adjustable clearance
- Clamping mechanism available
- Cost-effective
- Corrosion resistant
- Automatic clearance setting version available

- Adjustable clearance
- Automatic clearance setting version available
- Corrosion resistant
- Clamping mechanism available
- Cost-effective
- No need for messy lubrication

- Clamping mechanism available
- Adjustable clearance
- Automatic clearance setting version available
- Corrosion resistant
- Cost-effective

## Properties

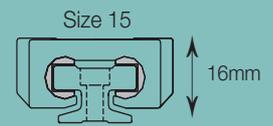
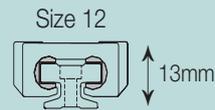
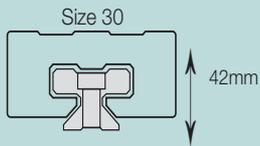
Maximum Load	900 lbs	1665 lbs	2250 lbs
Maximum Speed	49 fps	49 fps	49 fps
Maximum Rail Length	12 ft (4 m) upon request	12 ft (4 m) upon request	12 ft (4 m) upon request
Carriage Weight	.24 lbs	.42 lbs	.64 lbs
Rail Weight	.40 lbs/ft	.67 lbs/ft	.88 lbs/ft
Rail Material	Hard-Anodized Aluminum	Hard-Anodized Aluminum	Hard-Anodized Aluminum
Carriage Material	Anodized Aluminum	Anodized Aluminum	Anodized Aluminum
Temperature	-40°F to +194°F	-40°F to +194°F	-40°F to +194°F
Adjustable Clearance	Available	Available	Available
Automatic Clearance	Available	Available	Available
Hand Clamp	Available	Available	Available

## TK-01-30

## TK-04-09

## TK-04-12

## TK-04-15



- Robust size for higher loads
- Adjustable clearance
- Automatic clearance setting version available
- Corrosion resistant
- cost-effective

- Lightweight
- Ideal for tight design constraints
- Cost-effective
- No need for messy lubrication

- No need for messy lubrication
- Lightweight
- Cost-effective
- Ideal for tight design constraints

- Cost-effective
- Quiet operation
- Lightweight
- Ideal for tight design constraints
- No need for messy lubrication

3140 lbs

108 lbs

215 lbs

315 lbs

49 fps

49 fps

49 fps

49 fps

12 ft  
(4 m) upon request

6.56 ft (2000 mm)

6.56 ft (2000 mm)

9.84 ft (3000 mm)

1.10 lbs

.04 lbs

.07 lbs

.12 lbs

1.28 lbs/ft

.073 lbs/ft

.134 lbs/ft

.223 lbs/ft

Hard-Anodized  
Aluminum

Hard-Anodized  
Aluminum

Hard-Anodized  
Aluminum

Hard-Anodized  
Aluminum

Anodized Aluminum

Chromated Zinc

Chromated Zinc

Chromated Zinc

-40°F to +194°F

-40°F to +194°F

-40°F to +194°F

-40°F to +194°F

Available

N/A

N/A

N/A

Available

N/A

N/A

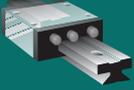
N/A

Available

N/A

N/A

N/A

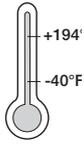


# DryLin® T Linear Guide Systems

DryLin® T  
Linear Guide System

Telephone 1-888-803-1895  
1-401-438-7680  
Fax

Internet: <http://www.igus.com>  
E-Mail: [sales@igus.com](mailto:sales@igus.com)  
QuickSpec: [www.igus.com/qs/DryLin.asp](http://www.igus.com/qs/DryLin.asp)



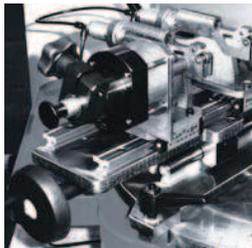
## Technical Data

Sliding elements:	Maintenance-free
Material:	iglide® J*
Max. surface speed:	49 fps (15 m/s)
Temperature range:	-40° F to +194°F (-40 °C to +90 °C)

\* Other materials upon request



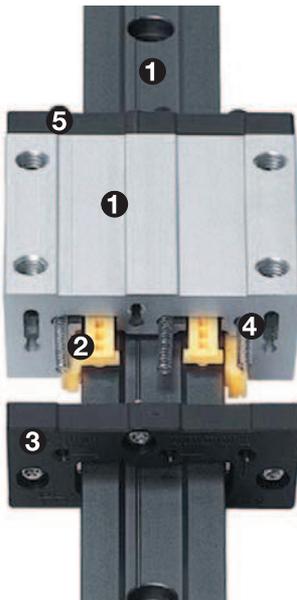
DryLin® linear guide system in a treatment machine



Valve machining produces an extreme environment



DryLin® T linear guide system in pneumatic doors of tool changers



- 1 Slide rails and base structure of the carriages manufactured from 6063-T6 Aluminum  
The rail is hard anodized, the aluminum carriage housing is clear anodized
- 2 6 sliding iglide® J elements act as guide bearings, which are set in opposing pairs and act as three guide bearings altogether
- 3 Each of the three guide bearings can be adjusted manually or automatically
- 4 All steel parts are galvanized or stainless steel
- 5 The end plate is solid plastic with an optional aluminum - HD carriage

## Technical Data

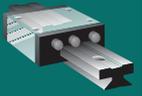
### Guide Rails

Material	Aluminum, extruded
Substance	6063-T6 (Al Mg Si 0.5)
Coating	Hard-anodized aluminum, .002" (50 µm)
Hardness	500 HV

### Sliding Carriages

Base Structure	Aluminum, extruded section (TK01/TKA/TKC1), Zinc (TK04)
Material	6063-T6 (Al Mg Si 0.5)
Coating	Clear Anodized
Sliding Elements	iglide® J, maintenance-free, plain bearing material
Bolts	Stainless steel
Springs	Stainless steel
Cover	Plastic
Max. Surface Speed	49 ft/s (15 m/s)
Temperature Range	-40°F to 194°F (-40°C to +90°C)

# DryLin® T Linear Guide Systems



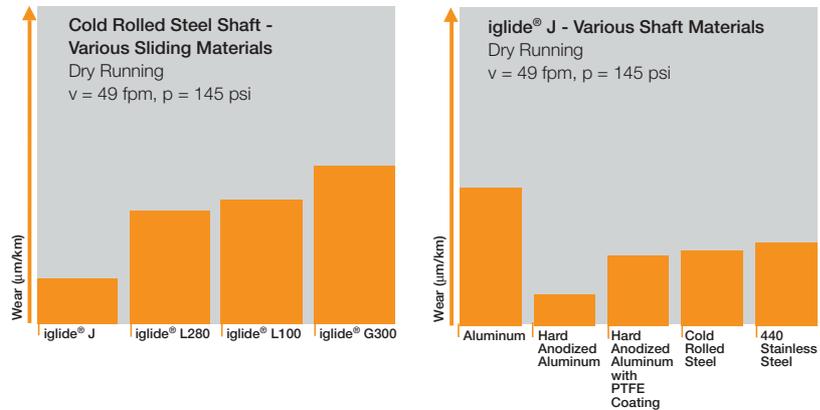
## The iglide® J Material

The iglide® J material gliding on hard anodized aluminum achieved the best results in our tests.

Comprehensive laboratory tests showed that iglide® J is by far the most suitable plastic material for linear motion applications. iglide® J is 3 times as abrasion resistant on anodized aluminum than hardened steel.

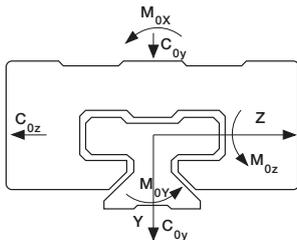
### Special Characteristics of iglide® J

- very low abrasion values during dry operation
- excellent wear resistance
- maintenance-free dry operation
- vibration dampening
- very low moisture absorption



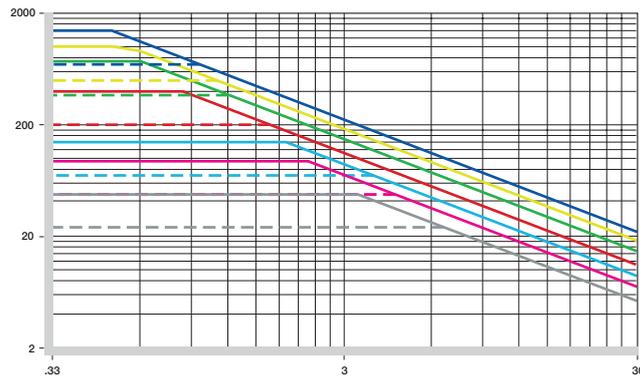
## DryLin® T - Load / Speed Capacity

DryLin® T Linear Guide Systems can receive high static loads because of large surface areas. The maximum load in the y-direction is higher than in the z-direction, since the surfaces are doubled in the y-direction. With a low rate of inertia, high accelerations and short term extreme speeds up to 98 ft/s (30 m/s) are possible.



### Designation of load directions

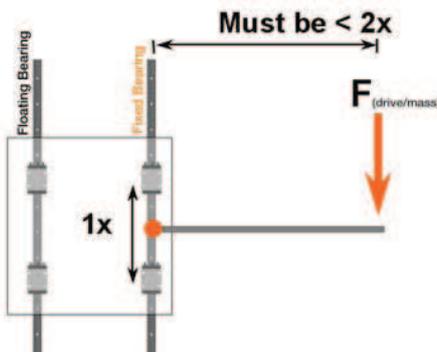
Type	C <sub>0Y</sub> (lbs)	C <sub>0(-Y)</sub> (lbs)	C <sub>0Z</sub> (lbs)	M <sub>0X</sub> (ft lbs)	M <sub>0Y</sub> (ft lbs)	M <sub>0Z</sub> (ft lbs)
01-15	900	900	450	24	18	18
01-20	1665	1665	833	62	32	32
01-25	2250	2250	1125	92	48	48
01-30	3140	3140	1570	148	74	74
04-09	108	108	54	2.5	1.3	1.3
04-12	215	215	108	6.8	3.2	3.2
04-15	315	315	157	12.5	6.0	6.0



- TK-01-15
- TK-01-20
- TK-01-25
- TK-01-30
- TK-04-15
- TK-04-12
- TK-04-09
- y-direction
- - - z-direction

Table 20.1: DryLin® T permissible static load capacity

## Eccentric Forces



### The 2:1 Rule

When using linear plain bearings it is important to ensure that the acting forces follow the 2:1 Rule (see drawing). If either the load or the drive force (F) is greater than twice the bearing length (1X), then a binding or interrupted motion may occur.

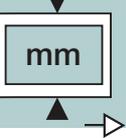
If the location of the drive force or load cannot be changed, simply increase the distance between the bearings, or create a counterbalance to move the center-of-gravity back within the 2 to 1 ratio.

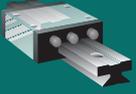
Online Lifetime Calculation  
www.igus.com

2:1 Rule = permissible distances of the applied forces

DryLin® T  
Linear Guide  
System

PDF: [www.igus.com/pdf/DryLin.asp](http://www.igus.com/pdf/DryLin.asp)  
Specs/CAD/RFQ: [www.igus.com/DryLinN.asp](http://www.igus.com/DryLinN.asp)  
RoHS info: [www.igus.com/RoHS.asp](http://www.igus.com/RoHS.asp)





# DryLin® T Linear Guide Systems - Fixed and Floating Systems

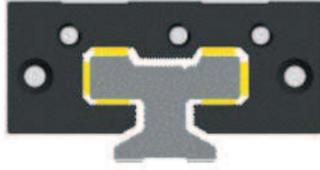
DryLin® T  
Linear Guide System

Telephone 1-888-803-1895  
Fax 1-401-438-7680

Internet: <http://www.igus.com>  
E-Mail: [sales@igus.com](mailto:sales@igus.com)  
QuickSpec: [www.igus.com/qs/DryLin.asp](http://www.igus.com/qs/DryLin.asp)

## DryLin® T - Floating Systems

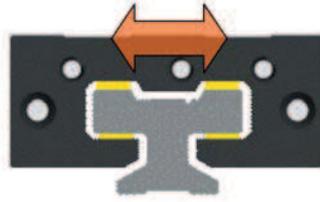
Maximum float = .04" (1 mm)



Standard Version

Part-No.  
Standard

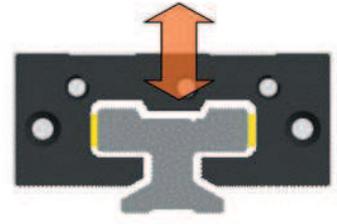
TW-01-15
TW-01-20
TW-01-25
TW-01-30



Horizontal Float "LLZ"

Part-No.  
Floating Horizontal

TW-01-15HF
TW-01-20HF
TW-01-25HF
TW-01-30HF



Vertical Float "LLY"

Part No.  
Floating Vertical

TW-01-15VF
TW-01-20VF
TW-01-25VF
TW-01-30VF

## DryLin® T - Fixed and Floating Bearing Mounting Instructions

When using systems with 2 parallel rails, one side must be designated as the "fixed" rail, and the opposite side the "floating" rail.

### Why use floating bearings?

- promotes smooth gliding performance and maximizes bearing life
- prevents binding caused by parallelism and angle errors
- decreases necessary drive force and wear by minimizing friction-forces
- Enhances the precision of the system over the bearings' lifetime.
- Reduce assembly time and cost

### Fixed Bearings

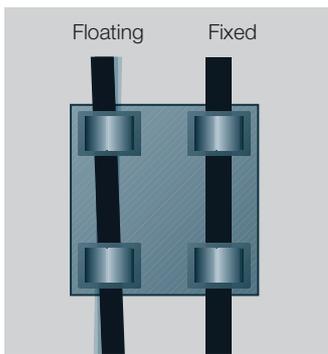
The "fixed" bearing rail should be positioned closest to the drive force. This rail will determine the precision of the system; no system should contain more than two "fixed" bearings.

### Floating/Self-Aligning Bearings

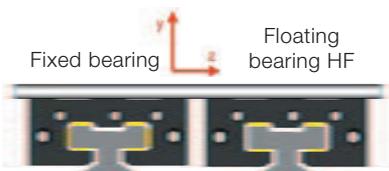
The "floating" rail should be the rail located furthest from the drive force. It is to act only as a guide, and will compensate for any misalignments or angle errors in the system ensuring proper functionality.

### Mounting Surfaces

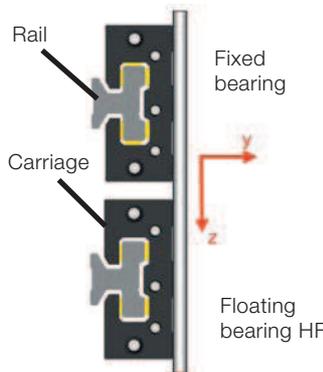
The mounting surfaces for rails and bearings should have a very flat surface (e.g milled surface) in order to enhance performance. Variations in these surfaces may be compensated for by using floating bearings. See the chart below for the maximum allowable float for each DryLin® system.



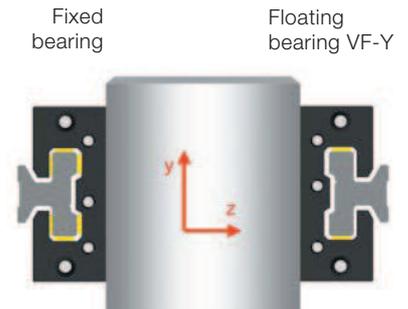
Automatic compensation of parallelism errors



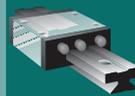
Installation variation horizontal with floating bearing in the Z-direction



Installation variation lateral with floating bearing in the Z-direction



Horizontal mounting version with floating bearing in the Y-direction and lateral mounting carriage



# Cleanroom Suitability and ESD Compability of DryLin®

## Linear Guide Systems by igus® GmbH

All DryLin® guide systems are clearly qualified for clean room applications. The differentiation between the various clean room classes is only dependent on load and speed of the application. The combination of iglide® J and hard anodized aluminum is classified as level 1 in the ESD compatibility according to SEMI E78-0998 (Highest rank).

The following DryLin® guide systems by igus® were examined: N40, W10, T25 and T30. See below for detailed results.

Linear guide system DryLin® TK-10-30-01:  
 “For the linear guide system DryLin® TK-10-30-01 by igus®, it is possible, on the calculations of the likelihood of violation of threshold values of the detection sizes 0.2 µm, 0.3 µm, 0.5 µm, and 5 µm with motion speed of  $v = 0.1$  m/s, to clearly derive suitability for clean rooms classified as ISO Class 3 according to DIN EN ISO 14644-1.”

Linear guide system DryLin® NK-02-40-02:  
 “For the linear guide system DryLin® NK-02-40-02 by igus®, it is possible, on the calculations of the likelihood of violation of threshold values of the detection sizes 0.2 µm, 0.3 µm, 0.5 µm, and 5 µm with motion speed of  $v = 1$  m/s, to clearly derive suitability for clean rooms classified as ISO Class 6 according to DIN EN ISO 14644-1.”



The measurement results of the ESD compatibility according to SEMI E78-0998 show that the linear guide system DryLin® NK-02-40-02 can be classified as “level 1” (Highest rank). See Fraunhofer IPA Report No.: IG 0308-295 73.

Linear guide system DryLin® TK-01-25-02:  
 “For the linear guide system DryLin® TK-01-25-02 by igus®, it is possible, on the calculations of the likelihood of violation of threshold values of the detection sizes 0.2 µm, 0.3 µm, 0.5 µm, and 5 µm with motion speed of  $v = 1$  m/s, to clearly derive suitability for clean rooms classified as ISO Class 5 according to DIN EN ISO 14644-1.”

The measurement results of the ESD compatibility according to SEMI E78-0998 show that the linear guide system DryLin® TK-01-25-02 can be classified as “level 1” (Highest rank).

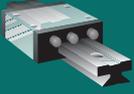
Linear guide system DryLin® WK-10-40-15-01:  
 “For the linear guide system DryLin® WK-10-40-15-01 by igus®, it is possible, on the calculations of the likelihood of violation of threshold values of the detection sizes 0.2 µm, 0.3 µm, 0.5 µm, and 5 µm with motion speed of  $v = 1$  m/s, to clearly derive suitability for clean rooms classified as ISO Class 6 according to DIN EN ISO 14644-1.”

The measurement results of the ESD compatibility according to SEMI E78-0998 show that the linear guide system DryLin® WK-10-40-15-01 can be classified as “level 1” (Highest rank).  
 See Fraunhofer IPA Report No.: IG 0308-295 74.

DryLin® T  
Linear Guide  
System

PDF: [www.igus.com/pdf/DryLin.asp](http://www.igus.com/pdf/DryLin.asp)  
 Specs/CAD/RFQ: [www.igus.com/DryLinN.asp](http://www.igus.com/DryLinN.asp)  
 RoHS info: [www.igus.com/RoHS.asp](http://www.igus.com/RoHS.asp)





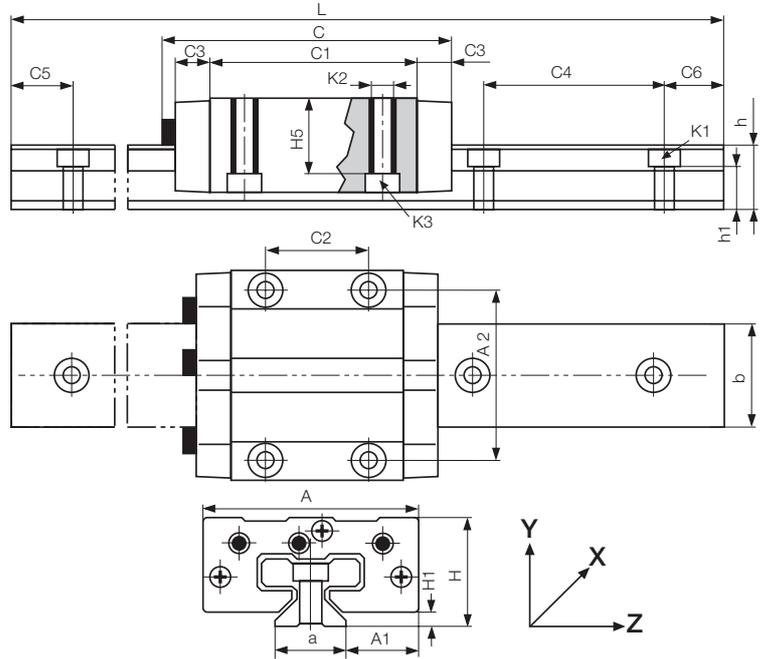
# DryLin® T Linear Guide Systems - Adjustable Clearance

DryLin® T  
Linear Guide System

Telephone 1-888-803-1895  
Fax 1-401-438-7680



- Slide carriage with manual clearance adjustment
- Maintenance-free, dry operation
- Resistant to corrosion
- Hard anodized aluminium rails
- Standard bore pattern symmetrical C5 = C6



## DryLin® T guide rails

Part No.	Weight (kg/m)	L max. (mm)	a -0.2 (mm)	C4 (mm)	C5		C6		h	h1	K1 for Screw DIN 912	b (mm)	ly (mm <sup>2</sup> )	lz (mm <sup>2</sup> )	Wby (mm <sup>2</sup> )	Wbz (mm <sup>2</sup> )
					min. (mm)	max. (mm)	min. (mm)	max. (mm)								
TS-01-15	0.6	4000	15	60	20	49	20	49	15.5	10.0	M 4	22	6440	4290	585	488
TS-01-20	1.0	4000	20	60	20	49	20	49	19.0	12.3	M 5	31	22570	11520	1456	1067
TS-01-25	1.3	4000	23	60	20	49	20	49	21.5	13.8	M 6	34	34700	19300	2041	1608
TS-01-30	1.9	4000	28	80	20	59	20	59	26.0	15.8	M 8	40	70040	40780	3502	2832

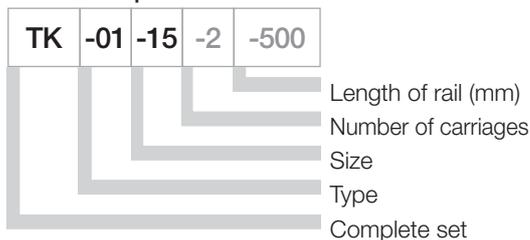
Order example: TS-01-15, 2000 for a guide rail TS-01-15 of 2 m length  
For rails without mounting holes, please use part number suffix "without mounting hole"

## DryLin® T carriages

Part No.	Weight (kg)	H ±0.35 (mm)	A (mm)	C (mm)	A1		C1 (mm)	C2 (mm)	C3 (mm)	H1		H5 (mm)	K2 Thread	Torque Max. (Nm)	K3 for Screw DIN 912
					±0.35 (mm)	(mm)				±0.35 (mm)	(mm)				
TW-01-15	0.11	24	47	74	16.0	38	50	30	9	4.0	16.0	M 5	1.5	M 4	
TW-01-20	0.19	30	63	87	21.5	53	61	40	10	5.0	19.8	M 6	2.5	M 5	
TW-01-25	0.29	36	70	96	23.5	57	68	45	11	5.0	24.8	M 8	6.0	M 6	
TW-01-30	0.50	42	90	109	31.0	72	79	52	12	6.5	27.0	M 10	15.0	M 8	

Order examples: TW-01-20 for a guide carriage  
TW-01-20, LLy for a guide carriage with floating bearing in y-direction  
TW-01-20, LLz for a guide carriage with floating bearing in z-direction

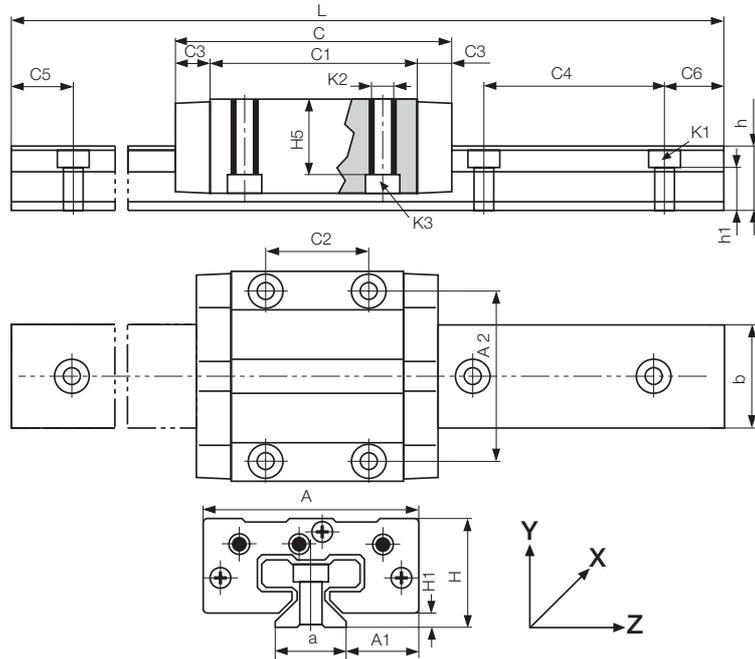
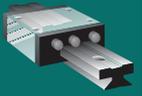
## Structure – part no.



This order example (TK-01-15-2-500) corresponds to a complete DryLin® system of size 15 with 2 carriages and 500 mm rail length. Order TK-01-15-2-500-LLy for a complete system with floating bearing in y-direction.

Internet: <http://www.igus.com>  
E-Mail: [sales@igus.com](mailto:sales@igus.com)  
QuickSpec: [www.igus.com/qs/DryLin.asp](http://www.igus.com/qs/DryLin.asp)

# DryLin® T Linear Guide Systems - Automatic



- Self-adjusting carriage (automatic clearance adjustment)
- Maintenance-free, dry operation
- Resistant to corrosion
- Hard anodized aluminium rails
- Standard bore pattern symmetrical C5 = C6

## DryLin® T guide rails

Part No.	Weight (kg/m)	L max. (mm)	a -0.2 (mm)	C4 (mm)	C5		C6		h (mm)	h1 (mm)	K1 for Screw DIN 912 (mm)	b (mm)	ly (mm²)	lz (mm²)	Wby (mm²)	Wbz (mm²)
					min. (mm)	max. (mm)	min. (mm)	max. (mm)								
TS-01-15	0.6	3960	15	60	20	49.5	20	49.5	15.5	10.0	M 4	22	6440	4290	585	488
TS-01-20	1.0	3960	20	60	20	49.5	20	49.5	19.0	12.3	M 5	31	22570	11520	1456	1067
TS-01-25	1.3	3960	23	60	20	49.5	20	49.5	21.5	13.8	M 6	34	34700	19300	2041	1608
TS-01-30	1.9	3960	28	80	20	59.5	20	59.5	26.0	15.8	M 8	40	70040	40780	3502	2832

Order example: TS-01-15, 2000 for a guide rail TS-01-15 of 2 m length  
 For rails without mounting holes, please use part number suffix "without mounting hole"

## DryLin® T carriages with automatic clearance adjustment

Part No.	Weight (kg)	H ±0.35 (mm)	A (mm)	C (mm)	A1		C1 (mm)	C2 (mm)	C3 (mm)	H1 ±0.35 (mm)	H5 (mm)	K2- Thread (mm)	Torque max. (Nm)	K3 for Screw DIN 912 (mm)
					±0.35 (mm)	(mm)								
TWA-01-15	0.11	24	47	68	16.0	38	50	30	9	4.0	16.0	M 5	1.11	M 4
TWA-01-20	0.19	30	63	81	21.5	53	61	40	10	5.0	19.8	M 6	1.84	M 5
TWA-01-25	0.29	36	70	90	23.5	57	68	45	11	5.0	24.8	M 8	4.43	M 6
TWA-01-30	0.50	42	90	103	31.0	72	79	52	12	6.5	27.0	M 10	11.06	M 8

Order examples: TWA-01-20 for a guide carriage  
 TWA-01-20, LLy for a guide carriage with floating bearing in y-direction  
 TWA-01-20, LLz for a guide carriage with floating bearing in z-direction

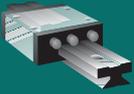


DryLin® T used in packaging machines

DryLin® T  
Linear Guide  
System

PDF: [www.igus.com/pdf/DryLin.asp](http://www.igus.com/pdf/DryLin.asp)  
 Specs/CAD/RFQ: [www.igus.com/DryLinN.asp](http://www.igus.com/DryLinN.asp)  
 RoHS info: [www.igus.com/RoHS.asp](http://www.igus.com/RoHS.asp)





# DryLin® T Linear Guide Systems - Manual Clamping

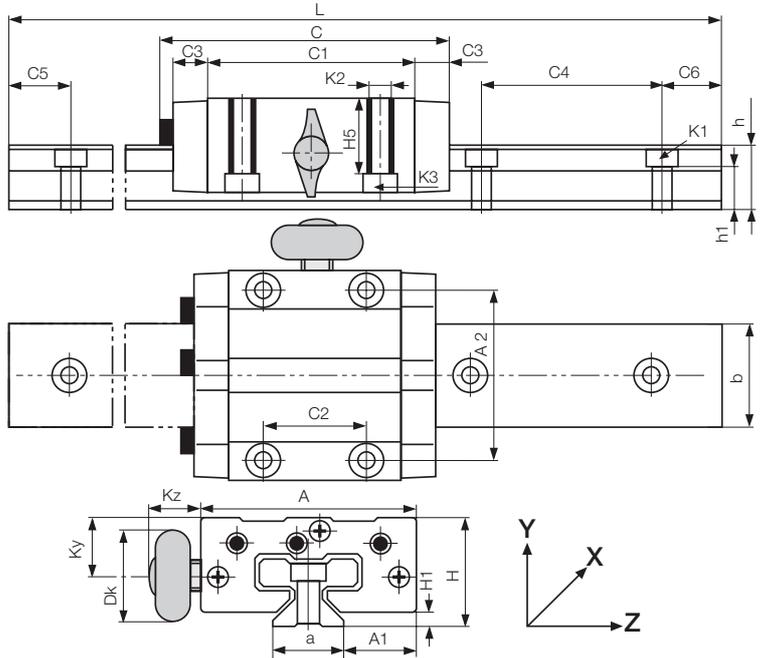
DryLin® T  
Linear Guide System

Telephone 1-888-803-1895  
Fax 1-401-438-7680

Internet: <http://www.igus.com>  
E-Mail: [sales@igus.com](mailto:sales@igus.com)  
QuickSpec: [www.igus.com/qs/DryLin.asp](http://www.igus.com/qs/DryLin.asp)



- With manual clamp for simple locking functions. Plastic may creep over time resulting in decreased clamping forces (up to 70%). Please call igus® for other alternatives for demanding applications
- Slide carriage with manual adjustable clearance
- Maintenance-free, dry operation
- Resistant to corrosion
- Hard anodized aluminium rails
- Standard bore pattern symmetrical C5 = C6



## DryLin® T guide rails

Part No.	Weight (kg/m)	L max. (mm)	a -0.2 (mm)	C4 (mm)	C5 min. (mm)	C5 max. (mm)	C6 min. (mm)	C6 max. (mm)	h (mm)	h1 (mm)	K1 for Screw DIN 912 (mm)	b (mm)	ly (mm²)	lz (mm²)	Wby (mm²)	Wbz (mm²)
TS-01-15	0.6	3960	15	60	20	49.5	20	49.5	15.5	10.0	M 4	22	6440	4290	585	488
TS-01-20	1.0	3960	20	60	20	49.5	20	49.5	19.0	12.3	M 5	31	22570	11520	1456	1067
TS-01-25	1.3	3960	23	60	20	49.5	20	49.5	21.5	13.8	M 6	34	34700	19300	2041	1608
TS-01-30	1.9	3960	28	80	20	59.5	20	59.5	26.0	15.8	M 8	40	70040	40780	3502	2832

Order example: TS-01-15, 2000 for a guide rail TS-01-15 of 2m length

## DryLin® T carriages

Part No.	Weight (kg)	H ±0.35 (mm)	A (mm)	C (mm)	A1 ±0.35 (mm)	A2 (mm)	C1 (mm)	C2 (mm)	C3 (mm)	H1 ±0.35 (mm)	H5 (mm)	K2 Thread	Torque Max. (Nm)	K3 for Screw DIN 912
TW-HKA-01-15	0.11	24	47	74	16.0	38	50	30	9	4.0	16.0	M 5	1.5	M 4
TW-HKA-01-20	0.19	30	63	87	21.5	53	61	40	10	5.0	19.8	M 6	2.5	M 5
TW-HKA-01-25	0.29	36	70	96	23.5	57	68	45	11	5.0	24.8	M 8	6.0	M 6
TW-HKA-01-30	0.50	42	90	109	31.0	72	79	52	12	6.5	27.0	M 10	15.0	M 8

## DryLin® T - Carriages with manual clamping

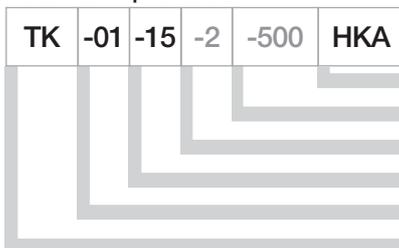
Part No.	Size	Kz	Ky	Dk	Thread of the Clamp
TW-HKA-01-15	15	19.0	11.5	20.0	M6
TW-HKA-01-20	20	18.0	15.0	28.0	M8
TW-HKA-01-25	25	17.0	19.0	28.0	M8
TW-HKA-01-30	30	20.0	21.5	28.0	M8

Order examples: TW-01-20 HKA for a guide carriage with manual clamping; TW-01-20 HKA, Lly for a guide carriage with manual clamping and floating bearing in y-direction

This order example (TK-01-15-2-500 HKA) corresponds to a DryLin® T system of size 15 with 2 carriages, 500 mm rail length and manual clamping.

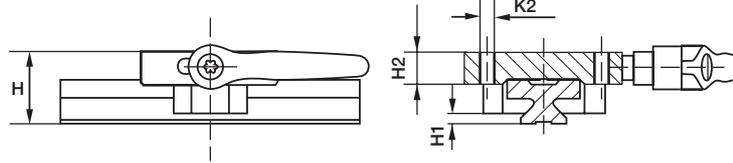
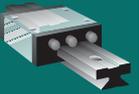
Order TKA-01-15-2-500 HKA-LLY for a complete system with manual clamping and floating bearing in y-direction

Structure – part no.



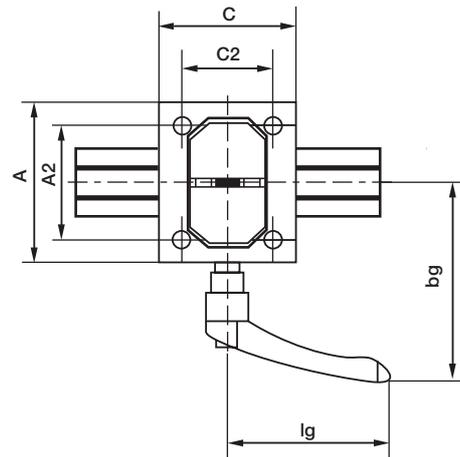
Manual clamping  
Length of rail (mm)  
Number of carriages  
Size  
Type  
Complete set

# DryLin® T Linear Guide Systems Manual Clamp



## DryLin® T hand clamp for the DryLin® T linear plain bearing type series

- Clamping of high loads, holding strength 112 lbf per clamp
- Brass clamp elements
- Location bores as TW-01-25
- Removable handle



## DryLin® T guide rail for TWBM

Part No.	Weight [kg/m]	L max. [mm]	a -0.2 [mm]	C4 [mm]	C5 min. [mm]	C5 max. [mm]	C6 min. [mm]	C6 max. [mm]	h	h1	K1 for Screw DIN 912	b [mm]	ly [mm <sup>2</sup> ]	lz [mm <sup>2</sup> ]	Wby [mm <sup>2</sup> ]	Wbz [mm <sup>2</sup> ]
TS-01-25	1.3	4,000	23	60	20	49	20	49	21.5	13.8	M 6	34	34700	19300	2041	1608

Bestellbeispiel: TS-01-25, 2000 for a guide rail TS-01-25 of 2 m length  
For rails without mounting holes, please use part number suffix "without mounting hole"

## DryLin® T carriages with manual clamping

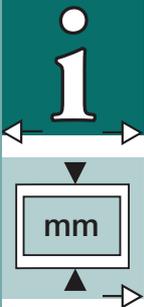
Part No.	A [mm]	A2 [mm]	H [mm]	H1 [mm]	H2 [mm]	K2	C [mm]	C2 [mm]	lg [mm]	bg [mm]
TWBM-01-25	80	57	36	5	16	M8	68	45	80	99

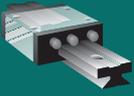


DryLin® TWBM manual clamping, mounted with two DryLin® T carriages

DryLin® T  
Linear Guide  
System

PDF: [www.igus.com/pdf/DryLin.asp](http://www.igus.com/pdf/DryLin.asp)  
Specs/CAD/RFQ: [www.igus.com/DryLinN.asp](http://www.igus.com/DryLinN.asp)  
RoHS info: [www.igus.com/RoHS.asp](http://www.igus.com/RoHS.asp)





# DryLin® T Linear Guide Systems Heavy Duty

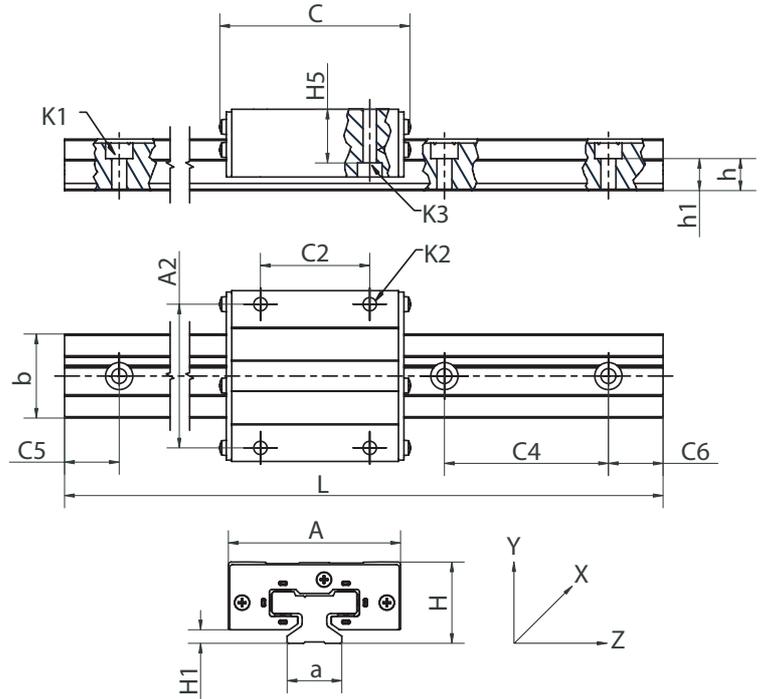
DryLin® T  
Linear Guide System

Telephone 1-888-803-1895  
1-401-438-7680

Fax



- Linear guide carriage for extreme conditions (dirt, glue resins, chippings, mud, etc.)
- iglide® J polymer sliding pads are mechanically fixed by metal end plates
- Dimensions equivalent to the TW-01 design and standard recirculating ball bearings.



## DryLin® T guide rails

Part No.	Weight (kg/m)	L Max. (mm)	a -0.2 (mm)	C4 (mm)	C5		C6		h (mm)	h1 (mm)	K1 for Screw DIN 912	b (mm)	ly (mm²)	lz (mm²)	Wby (mm²)	Wbz (mm²)
					Min.	Max.	Min.	Max.								
TS-01-20	1.0	4000	20	60	20	49	20	49	19.0	12.3	M 5	31	22570	11520	1456	1067
TS-01-25	1.3	4000	23	60	20	49	20	49	21.5	13.8	M 6	34	34700	19300	2041	1608
TS-01-30	1.9	4000	28	80	20	59	20	59	26.0	15.8	M 8	40	70040	40780	3502	2832

Order example: TS-01-20, 2000 for a guide rail TS-01-20 of 2 m length  
For rails without mounting holes, please use part number suffix "without mounting hole"

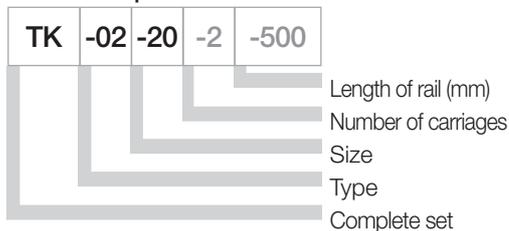
## DryLin® T heavy duty carriages

Part No.	Weight (kg)	H		A (mm)	C (mm)	A2 (mm)	C2 (mm)	H1		K2 (mm)	K3 (mm)
		± 0.35 (mm)	(mm)					± 0.35 (mm)	(mm)		
TW-02-20	0.19	30	19.8	63	70	53	40	5.0	M6	M5	
TW-02-25	0.29	36	24.8	70	77	57	45	5.0	M8	M6	
TW-02-30	0.50	42	27.0	90	92	72	52	6.5	M10	M8	

Floating bearing on request

## DryLin® TK-02 complete system

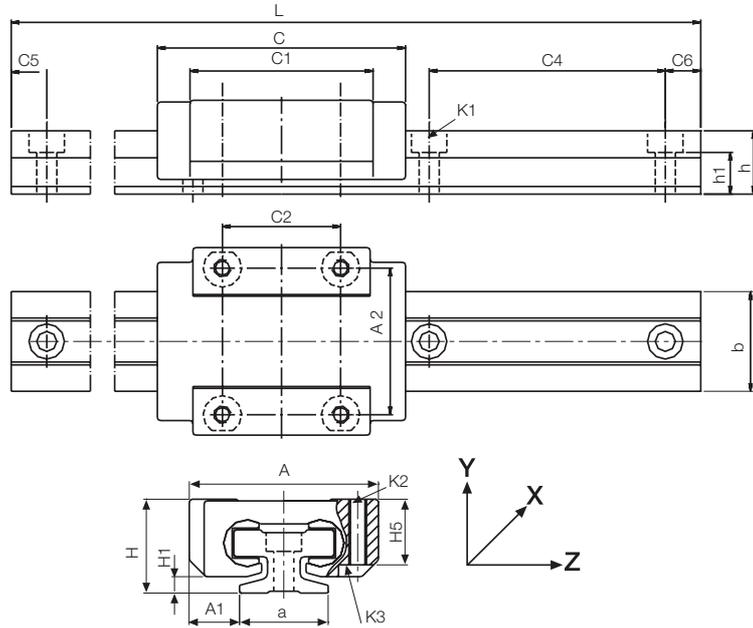
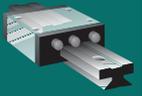
Structure – part no.



This order example (TW-02-20-2-500) corresponds to a complete DryLin® T Heavy Duty system of size 20 with 2 carriages 500 mm rail length.  
Order TW-02-20-2-500-LLY for a complete system with floating bearing in y-direction.

Internet: <http://www.igus.com>  
E-Mail: [sales@igus.com](mailto:sales@igus.com)  
QuickSpec: [www.igus.com/qs/DryLin.asp](http://www.igus.com/qs/DryLin.asp)

# DryLin® T Linear Guide Systems - Miniature



- Maintenance-free, dry operation
- 3 sizes
- Cast zinc chromated carriage
- iglide® J polymer sliding pads
- Hard anodized aluminium rails
- Small mounting height and width
- Resistant to corrosion
- Standard bore pattern symmetrical C5 = C6

## DryLin® T miniature rails

Part No.	Weight (kg/m)	L max. (mm)	a -0.2 (mm)	C4 (mm)	C5		C6		h	h1	K1 for Screw DIN 912	b (mm)	ly (mm²)	lz (mm²)	Wby (mm²)	Wbz (mm²)
					min. (mm)	max. (mm)	min. (mm)	max. (mm)								
TS-04-09	0.11	2000	9	20	5	14.5	5	14.5	6.3	4.6	M 2	9.6	252	169	52	49
TS-04-12	0.19	2000	12	25	5	19.5	5	19.5	8.6	5.9	M 3	13	856	574	132	120
TS-04-15	0.33	3000	15	40	10	29.5	10	29.5	10.8	7.0	M 3	17	2420	1410	285	239

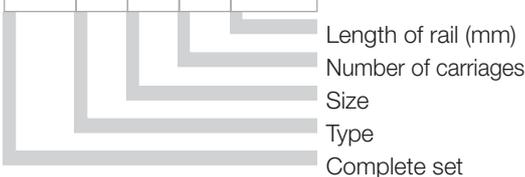
## DryLin® T miniature carriages

Part No.	Weight (g)	H ±0.2 (mm)	A ±0.2 (mm)	C ±0.3 (mm)	A1 ±0.35 (mm)	A2 (mm)	C1 (mm)	C2 (mm)	H1 ±0.35 (mm)	H5 (mm)	K2 Thread	Torque Max. (Nm)	K3 for Screw DIN 912
TW-04-09	17	10	20	29	5.5	15	18	13	1.7	7.2	M 2	25	(M 2)
TW-04-12	34	13	27	34	7.5	20	22	15	2.2	9.5	M 3	50	M2 (M 3)
TW-04-15	61	16	32	42	8.5	25	31	20	2.8	11	M 3	50	M2 (M 3)

Available from stock

### Structure – part no.

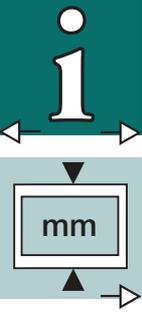
TK	-04	-15	-2	-500
----	-----	-----	----	------

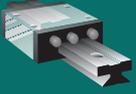


This order example (TK-04-15-2-500) corresponds to a complete DryLin® T miniature system of size 15 with 2 carriages 500 mm rail length. Order TK-04-15-2-500-LLY for a complete system with floating bearing in y-direction.

DryLin® T  
Linear Guide  
System

PDF: [www.igus.com/pdf/DryLin.asp](http://www.igus.com/pdf/DryLin.asp)  
Specs/CAD/RFQ: [www.igus.com/DryLinN.asp](http://www.igus.com/DryLinN.asp)  
RoHS info: [www.igus.com/RoHS.asp](http://www.igus.com/RoHS.asp)



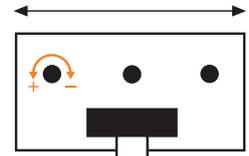


# DryLin® T Linear Guide Systems - Adjusting and Installation

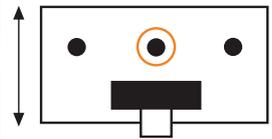
## Adjusting the clearance: DryLin® T

DryLin® T is delivered ready for installation. Clearance of the carriage is adjusted at the factory. The preadjustment is determined by the acting forces on each individual system. If you have special requirements, please indicate in your order whether particularly limited or extended bearing clearance is required. If necessary, clearance of the DryLin® T linear guide system can be readjusted. This should always take place when there is no load on the carriage.

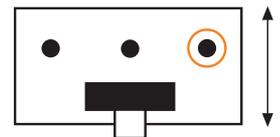
- 1 After removing the protective cover, loosen the locknuts – Width across flats:
  - SW 5 for TW-01-15 and TW-01-20
  - SW 7 for TW-01-25 and TW-01-30
- 2 Adjust the bearing clearance for the 3 guide points with an Allen key – Allen key size:
  - 1.5 mm for TW-01-15 and TW-01-20
  - 2.0 mm for TW-01-25 and TW-01-30
- 3 Check the clearance of the carriage after adjusting the 3 levels. If it is sufficient, tighten the locknuts and put on the cover.
- 4 There is a danger that excessive reduction of the clearances can seize the sliding pads and that the clearance cannot be reset simply by loosening the adjustment screws. The sliding pads are then released by pressing the reset button on the opposite side. Press hard against the readjusting spring. You must have already loosened the respective adjustment screws. Use the correct size pin for this purpose:
  - 2.5 mm for TW-01-20 and TW-01-15
  - 3.0 mm for TW-01-25 and TW-01-30



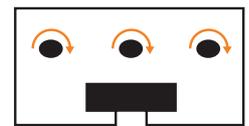
lateral guide:  
- less clearance  
+ more clearance



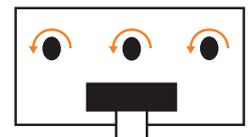
vertical guide left



vertical guide right



locked



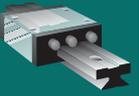
unlocked

## Adjusting the clearance: DryLin® T Automatic

The DryLin® T Automatic series offers you an automatic adjustment of the clearance. A readjustment can take place automatically in steps of 0.1 mm. Springs tighten the regulating wedge immediately as soon as the clearance is bigger than 0.1 mm and the system is unloaded.

- 1 The system will be delivered with 3 keys which are already fitted. They are necessary for mounting the carriage onto the rail. In case these keys are removed they need to be replugged into the openings and turned clockwise 90°.
- 2 When the carriage is on the rail, remove the keys by turning them anticlockwise 90° and pull out. The clearance will then be adjusted automatically.
- 3 Check the clearance of the carriage. Fine adjusting can be done at this point.
- 4 You can remove the carriage at any time. In order to do so, simply plug the keys back into the carriage (see step 1).

# DryLin® T Linear Guide Systems System Design



## Example of DryLin® T Calculation

For the exact calculation of the Linear Guide System it is essential to find out whether the position of the forces is within the allowable limits, and if the gliding element where the highest forces occur is not overloaded. The calculation of the necessary driving force and the maximum speed allowed is important. Each mounting version requires a different formula for calculation. Factors concerning shocks and acceleration forces are not included in the calculation, therefore the maximum load and allowable load must be monitored.

### Variables in the Calculation:

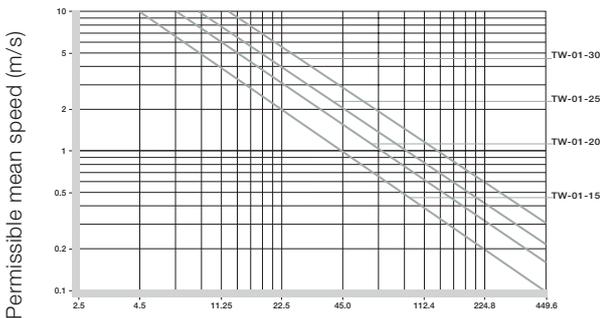
<b>Fa</b>	: Drive Force (lbs)
<b>Fs</b>	: Applied Mass Force (lbs)
<b>Fy, Fz</b>	: Bearing Load (lbs) in y or z direction (mm)
<b>sx, sy, sz</b>	: Distance of the mass force in y or z direction (mm)
<b>ay, az</b>	: Distance of the drive force in y or z direction (mm)
<b>wx</b>	: Distance between carriages on a rail (mm)
<b>LX</b>	: Constant from table (mm)
<b>Zm</b>	: Constant from table (mm)
<b>Y0</b>	: Constant from table (mm)
<b>b</b>	: Distance between guide rails (mm)
<b>μ</b>	: Coefficient of Friction, μ = 0 for static Loads μ = 0.2 for dynamic loads
<b>ZW</b>	: number of carriages per rail

### Coefficients:

	1 Rail 1 Carriage	1 Rail 2 Carriages	2 Rails 3-4 Carriages
<b>K<sub>1</sub></b>	$(ay+Y0)/Lx$	$(ay+Y0)/Wx$	$(ay+Y0)/Wx$
<b>K<sub>2</sub></b>	$(sy+Y0)/Lx$	$(sy+Y0)/Wx$	$(sy+Y0)/Wx$
<b>K<sub>3</sub></b>	$az/Lx$	$az/Wx$	$az/Wx$
<b>K<sub>4</sub></b>	$sx/Lx$	$sx/Wx$	$sx/Wx$
<b>K<sub>5</sub></b>	$sz/Lx$	$sz/Wx$	$sz/Wx$
<b>K<sub>6</sub></b>	$(sy+Y0)/Zm$	$(sy+Y0)/Zm$	$(sy+Y0)/b$
<b>K<sub>7</sub></b>	$sz/Zm$	$sz/Zm$	$(sz/b)-0.5$

### The Constant Values:

Part #	LX (mm)	ZM (mm)	Y0 (mm)
TW-01-15	29	16	11.5
TW-01-20	35	23	15.0
TW-01-25	41	25	19.0
TW-01-30	49	29	21.5



Part No.	F <sub>ymax</sub> , F <sub>zmax</sub> lbs	F <sub>ymax</sub> , F <sub>zmax</sub> (N)
TW-01-15	450	2000
TW-01-20	830	3700
TW-01-25	1125	5000
TW-01-30	1575	7000

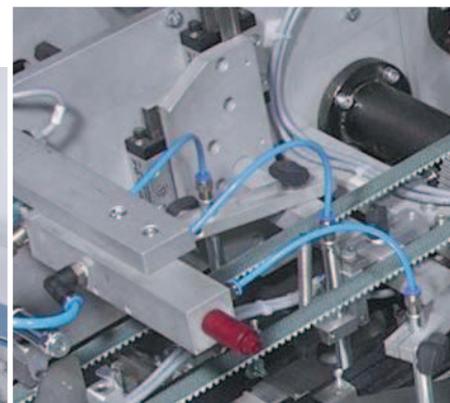


Online Lifetime  
Calculation  
[www.igus.com](http://www.igus.com)

### Maximum permissible load

Centric bearing load (N)

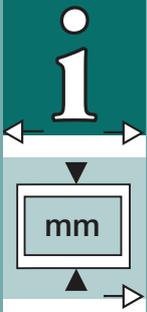
Diagram for determining the maximum permissible speed for the calculated bearing load

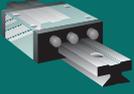


DryLin® T linear guide systems are used in these enveloping machines to guide a suction opener for envelopes. The guide system must have low clearance, be maintenance-free and not require any lubrication.

DryLin® T  
Linear Guide  
System

PDF: [www.igus.com/pdf/DryLin.asp](http://www.igus.com/pdf/DryLin.asp)  
Specs/CAD/RFQ: [www.igus.com/DryLinN.asp](http://www.igus.com/DryLinN.asp)  
RoHS info: [www.igus.com/RoHS.asp](http://www.igus.com/RoHS.asp)





# DryLin® T Linear Guide Systems - Mounting Version - Horizontal

## Recommended Procedure:

### 1st Step

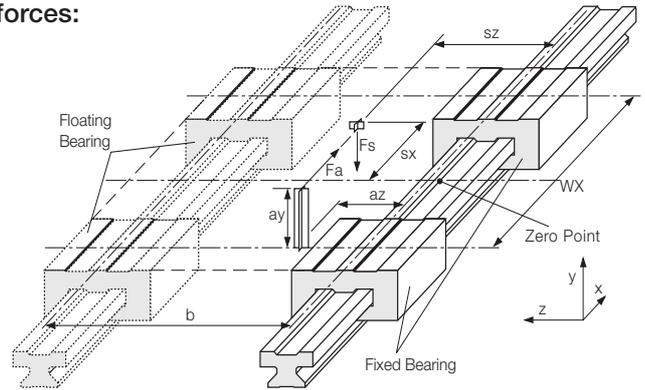
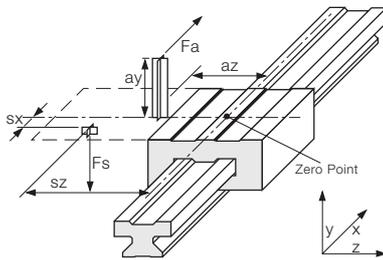
Select the mounting version:

- horizontal
  - 1 rail and 1 carriage
  - 1 rail and 2 carriages
  - 2 rails and 4 carriages

### 2nd Step

Check to see whether the maximum distances of the applied forces are within the permissible values (see Maximum permissible distances.)

#### Maximum permissible distances between acting forces:



#### Variation: 1 Rail, 1 Carriage

$sy + sz$	<	$2 Lx - Y0$
$ay + az$	<	$2 Lx - Y0$
$sy$	<	$5 Zm$
$sz$	<	$5 Zm$

#### Variation: 1 Rail, 2 Carriages

#### Variation: 2 Rails, 4 Carriages

$sy + sz$	<	$2 wx - Y0$
$ay + az$	<	$2 wx - Y0$

### 3rd Step:

Calculate the necessary drive force

**3.1 Center of gravity in x and z direction inside the carriage(s)**

$$Fa1 = \frac{\mu}{1 - 2\mu K_3} \cdot Fs$$

**3.2 Center of gravity in z direction outside of the carriage(s)**

$$Fa2 = \frac{2\mu K_7}{1 - 2\mu K_3} \cdot Fs$$

**3.3 Center of gravity in x direction outside of the carriage(s)**

$$Fa3 = \frac{2\mu K_4}{1 - 2\mu K_3 - 2\mu K_1} \cdot Fs$$

If the position of the center of gravity is not specified:  $Fa = \text{MAX} (Fa1, Fa2, Fa3)$

### 4th Step:

Calculate the maximum bearing load

**4.1 Maximum bearing load in the y direction**

$$F_{y\max} = \frac{2Fs}{Zw} \left( \frac{2K_4}{Zw} + 0,5 \right) \cdot \left( K_7 + 0,5 \right) + \frac{2Fa K_1}{Zw^2}$$

**4.2 Maximum bearing load in the z direction**

$$F_{z\max} = \frac{4Fa K_3}{Zw^2}$$

### 5th Step:

Check calculated load for both y and z with table on page 19.9 - Maximum permissible load for Fymax & Fzmax. This table illustrates the maximum permissible load on a single gliding element from the DryLin® T carriage. Evaluating the maximum load on a single gliding element establishes a safety factor for the linear system.

► Page 23.15

### 6th Step:

Determine the maximum permissible speed for the calculated load from Step No. 4

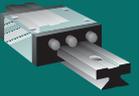
► Page 23.15

DryLin® T  
Linear Guide System

Telephone 1-888-803-1895  
Fax 1-401-438-7680

Internet: <http://www.igus.com>  
E-Mail: [sales@igus.com](mailto:sales@igus.com)  
QuickSpec: [www.igus.com/qs/DryLin.asp](http://www.igus.com/qs/DryLin.asp)

# DryLin® T Linear Guide Systems - Mounting Version - Lateral



## Recommended Procedure:

### 1st Step

Select the mounting version:

- **side-mounting**
  - 1 rail and 1 carriage
  - 1 rail and 2 carriages
  - 2 rails and 4 carriages

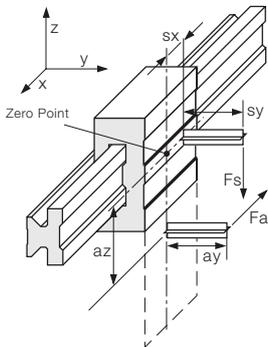


Online Lifetime Calculation  
www.igus.com

### 2nd Step

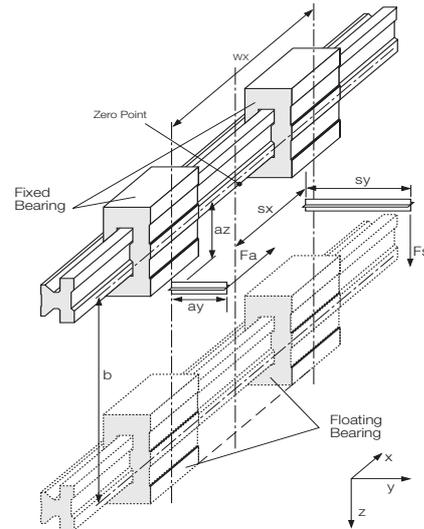
Check to see whether the maximum distances of the applied forces are within the permissible values (see Maximum permissible distances.)

### Maximum permissible distances between acting forces:



Variation: 1 Rail, 1 Carriage

$sy + sz$	$<$	$2 Lx - Y0$
$ay + az$	$<$	$2 Lx - Y0$
$sy$	$<$	$5 Zm$
$sz$	$<$	$5 Zm$



Variation: 1 Rail, 2 Carriages

Variation: 2 Rails, 4 Carriages

$sy + sz$	$<$	$2 wx - Y0$
$ay + az$	$<$	$2 wx - Y0$

### 3rd Step:

Calculate the necessary drive force

First, two calculations must be made:

$$Fa1 = \frac{(1 + 2K_6)\mu}{1 - 2\mu K_1} \cdot Fs \qquad Fa2 = \frac{(2K_4 + 2K_6)\mu}{1 - 2\mu K_1 - 2\mu K_3} \cdot Fs$$

The drive force  $Fa$  corresponds to the calculated maximum value  $Fa = \text{MAX}(Fa1, Fa2)$

### 4th Step:

Calculate the maximum bearing load

#### 4.1 Maximum bearing load in the y direction

$$F_{y\text{max}} = \frac{Fs K_6}{Zw} + \frac{2Fa K_1}{Zw^2}$$

#### 4.2 Maximum bearing load in the z direction

$$F_{z\text{max}} = \frac{2Fs}{Zw} \left( \frac{2K_4}{Zw} + 0.5 \right) + \frac{4Fa K_3}{Zw^2}$$

### 5th Step:

Check calculated load for both y and z with table on page 19.9 - Maximum permissible load for  $F_{y\text{max}}$  &  $F_{z\text{max}}$ . This table illustrates the maximum permissible load on a single gliding element from the DryLin® T carriage. Evaluating the maximum load on a single gliding element establishes a safety factor for the linear system.

►Page 23.15

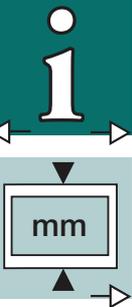
### 6th Step:

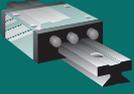
Determine the maximum permissible speed for the calculated load from Step No. 4

►Page 23.15

DryLin® T  
Linear Guide  
System

PDF: [www.igus.com/pdf/DryLin.asp](http://www.igus.com/pdf/DryLin.asp)  
Specs/CAD/RFQ: [www.igus.com/DryLinN.asp](http://www.igus.com/DryLinN.asp)  
RoHS info: [www.igus.com/RoHS.asp](http://www.igus.com/RoHS.asp)





# DryLin® T Linear Guide Systems - Mounting Version - Vertical

## Recommended Procedure:

### 1st Step

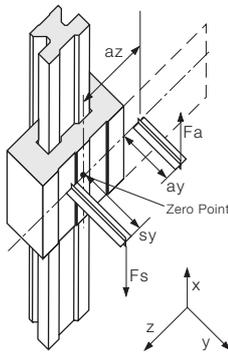
Select the mounting version:

- vertical
  - 1 rail and 1 carriage
  - 1 rail and 2 carriages
  - 2 rails and 4 carriages

### 2nd Step

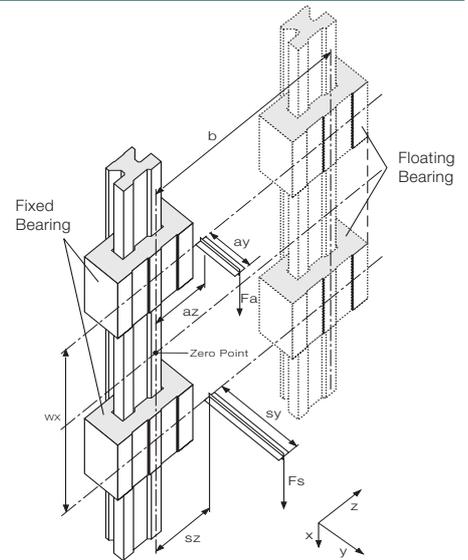
Check to see whether the maximum distances of the applied forces are within the permissible values (see Maximum permissible distances.)

### Maximum permissible distances between acting forces:



Variation: 1 Rail, 1 Carriage

$sy + sz$	$<$	$2 Lx - Y0$
$ay + az$	$<$	$2 Lx - Y0$
$sy$	$<$	$5 Zm$
$sz$	$<$	$5 Zm$



Variation: 1 Rail, 2 Carriages  
Variation: 2 Rails, 4 Carriages

$sy + sz$	$<$	$2 wx - Y0$
$ay + az$	$<$	$2 wx - Y0$

### 3rd Step:

Calculate the necessary drive force

First, four calculations must be made:

$$Fa1 = \frac{2\mu (sz + sy + Y0) - wx}{2\mu (az + ay + Y0) - wx} \cdot Fs$$

$$Fa3 = \frac{2\mu (sz - sy - Y0) - wx}{2\mu (az - ay - Y0) - wx} \cdot Fs$$

$$Fa2 = \frac{2\mu (-sz + sy + Y0) - wx}{2\mu (-az + ay + Y0) - wx} \cdot Fs$$

$$Fa4 = \frac{2\mu (sz + sy + Y0) + wx}{2\mu (az + ay + Y0) + wx} \cdot Fs$$

The drive force  $Fa$  corresponds to the calculated maximum value  $Fa = \text{MAX} (Fa1, Fa2, Fa3, Fa4)$

### 4th Step:

Calculate the maximum bearing load

#### 4.1 Maximum bearing load in the y direction

$$F_{y\max} = \left| Fa \frac{ay + Y0}{wx} - Fs K_2 \right| \cdot \frac{2}{Zw^2}$$

#### 4.2 Maximum bearing load in the z direction

$$F_{z\max} = \left| Fa \frac{az}{wx} - Fs K_5 \right| \cdot \frac{4}{Zw^2}$$

### 5th Step:

Check calculated load for both y and z with table on page 19.9 - Maximum permissible load for  $F_{y\max}$  &  $F_{z\max}$ . This table illustrates the maximum permissible load on a single gliding element from the DryLin® T carriage. Evaluating the maximum load on a single gliding element establishes a safety factor for the linear system.

► Page 23.15

### 6th Step:

Determine the maximum permissible speed for the calculated load from Step No. 4

► Page 23.15

DryLin® T  
Linear Guide System

Telephone 1-888-803-1895  
Fax 1-401-438-7680

Internet: <http://www.igus.com>  
E-Mail: [sales@igus.com](mailto:sales@igus.com)  
QuickSpec: [www.igus.com/qs/DryLin.asp](http://www.igus.com/qs/DryLin.asp)

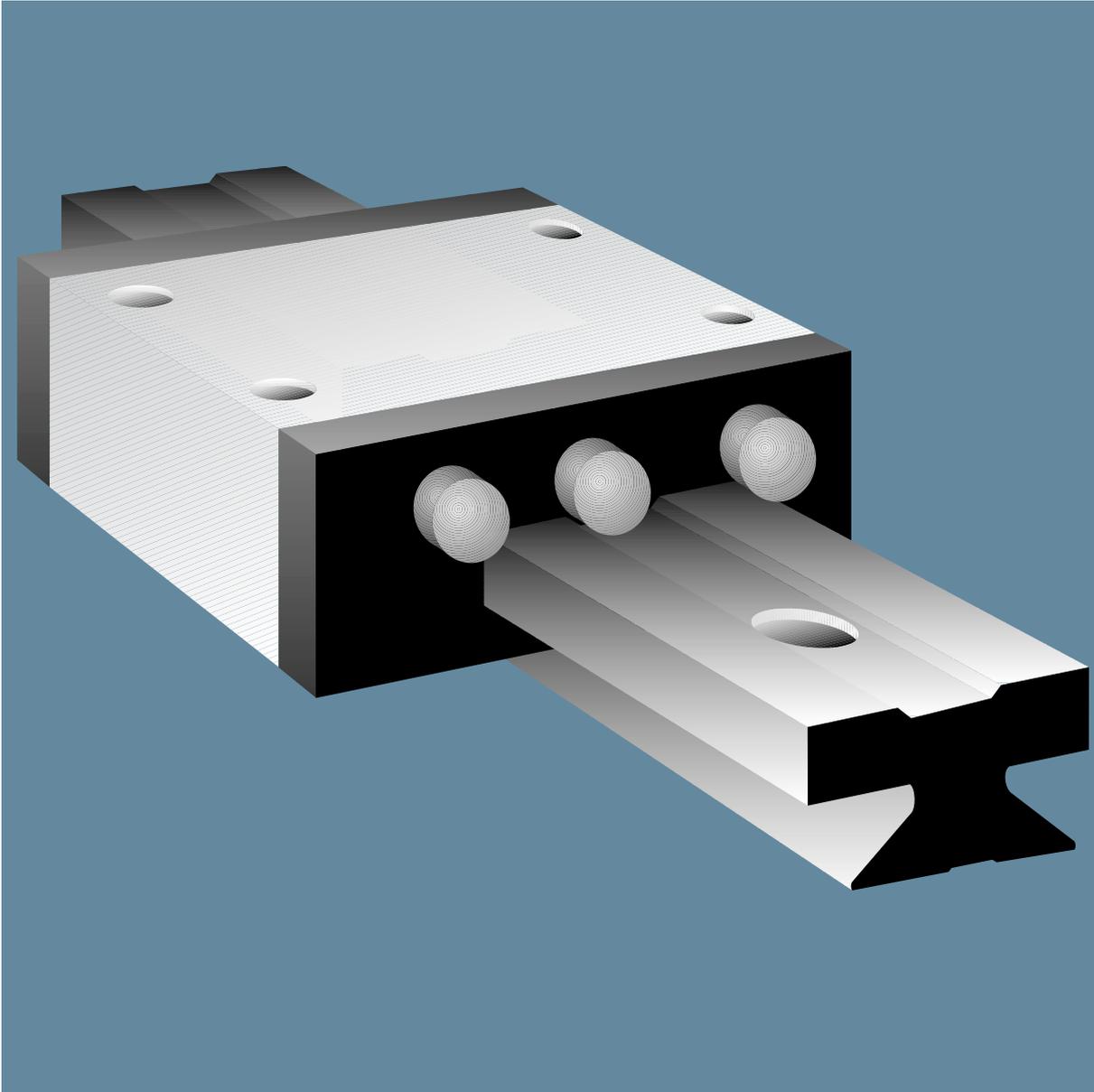
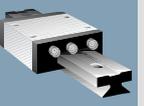


**PROYECTO DE GRADO - BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**ANEXO B.**

**Información Técnica de los carros comerciales adquiridos por la  
Industria Militar (INDUMIL)**



DryLin® T

Phone +49 - 22 03 - 96 49-145  
 Fax +49 - 22 03 - 96 49-334

# DryLin® T Linear Guide System – Maintenance-Free, Adjustable and Quiet



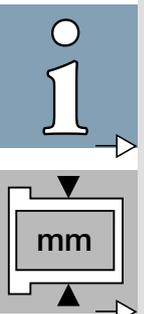
Corrosion resistant

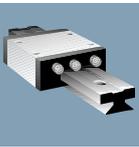
Wear resistant

Low coefficient of friction

Extremely quiet operation

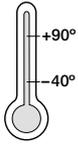
No lubrication necessary





# DryLin® T – Linear Guide System

DryLin® T linear guide systems were originally developed for applications in both automation and materials handling. The goal was to create a high performance, maintenance-free linear guide for use in the most diverse, even extreme environments.



DryLin® T

## Technical Data

<b>Sliding elements:</b>	Maintenance-free
<b>Material:</b>	iglidur® J*
<b>Max. surface speed:</b>	15 m/s
<b>Temperature range:</b>	-40 °C to +90 °C

\* Other materials upon request

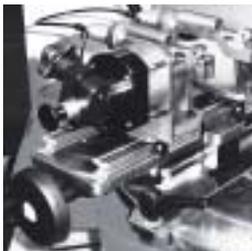


Phone +49 - 22 03 - 96 49-145  
Fax +49 - 22 03 - 96 49-334

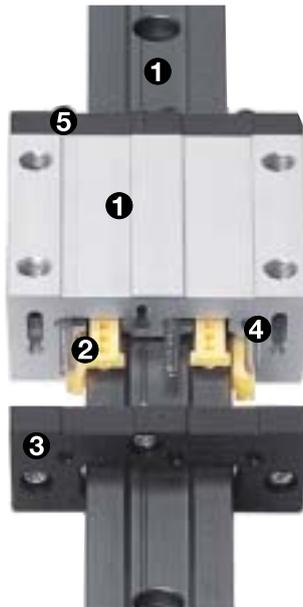


DryLin® linear guide system in a treatment machine

igus® GmbH  
51147 Cologne



Valve machining produces an extreme environment



- ❶ Profile rails and base structures of the carriages manufactured from aluminium Al Mg Si 0.5  
The rail is hard anodized, the aluminium housing of the carriage is clear anodized
- ❷ 6 sliding iglidur® J/J200 elements act as guide bearings, which are set in pairs opposite each other and act as three guide bearings altogether
- ❸ Each of the three guide bearings can be adjusted manually or automatically
- ❹ All steel parts are galvanized or of stainless steel
- ❺ The end plate is solid plastic

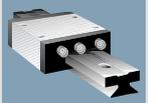


DryLin® T linear guide system in pneumatic doors of tool changers

## Technical Data

<b>Guide rails</b>	
Material	Aluminium, extruded section
Substance	Al Mg Si 0,5
Coating	Hard anodized aluminium, 50 µm
Hardness	500 HV
<b>Sliding carriage</b>	
Base structure	Aluminium, extruded section
Material	Al Mg Si 0,5
Coating	Anodized aluminium
Sliding elements	Maintenance-free plain bearing iglidur® J
Bolts, springs	Stainless steel, galvanized steel
Cover	Plastic
Max. surface speed	15 m/s
Temperature range	-40 °C to +90 °C

Internet [www.igus.de](http://www.igus.de)  
E-mail [info@igus.de](mailto:info@igus.de)



## Special properties

- With a low rate of inertia, high accelerations and short term extreme speeds up to 30 m/s are possible
- DryLin®T linear guide systems run dry. Dirt cannot settle in lubricants
- Recommended for use in food, medical, and clean room technologies, since no lubricants are present
- DryLin® T linear guide systems are also suited for underwater use due to corrosion resistance
- High pressure washdown does not damage the system
- Vibration dampening and extremely quiet operation
- The aluminium rail provides good thermal dissipation. The aluminium only retains heat at continuously high speeds
- The combination of aluminium and iglidur® J results in a low initial breakaway force
- DryLin® T is dimensionally interchangeable with the standard ball bearing systems



DryLin® T in demanding use in the packaging industry

Type	C <sub>0Y</sub> [kN]	C <sub>0(-Y)</sub> [kN]	C <sub>0Z</sub> [kN]	M <sub>0X</sub> [Nm]	M <sub>0Y</sub> [Nm]	M <sub>0Z</sub> [Nm]
04-09	0,48	0,48	0,24	3,4	1,8	1,8
04-12	0,96	0,96	0,48	9,2	4,4	4,4
04-15	1,4	1,4	0,7	17	8	8
01-15	4	4	2	32	25	25
01-20	7,4	7,4	3,7	85	45	45
01-25	10	10	5	125	65	65
01-30	14	14	7	200	100	100

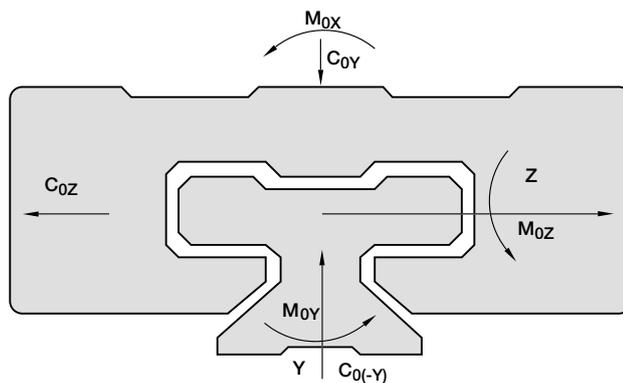
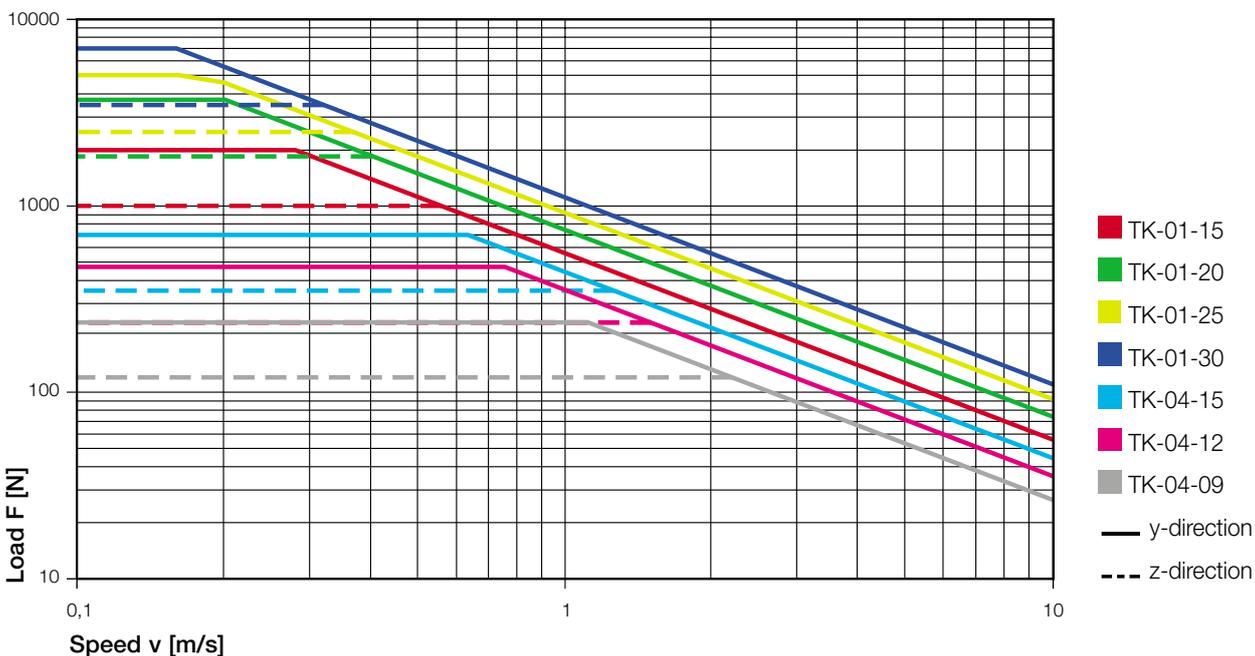
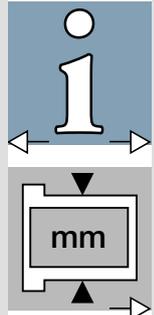


Table 3.2: DryLin® T-01 – Permissible static load capacity

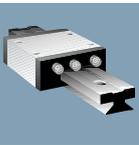
Graph 3.3: Designation of load directions



Graph 3.2: DryLin® T – Permissible dynamic load



- TK-01-15
- TK-01-20
- TK-01-25
- TK-01-30
- TK-04-15
- TK-04-12
- TK-04-09
- y-direction
- - - z-direction



# DryLin® T – Guide Rails

## DryLin® T – Variations

The DryLin® T system can be delivered with extended manual clearance adjustment, automatic version or in the miniature-profile design.

## DryLin® T – Adjustable clearance

DryLin® T is delivered preset. The user can adjust the clearance manually. Therefore, it is possible to compensate for height differences in the position of the mating surfaces.



## DryLin® T – Automatic

After mounting, DryLin® T Automatic carriages are self-adjusting. In operation, the clearance of this type of carriage can be automatically reduced again, when the applied load is relieved.



## DryLin® T – Manual clamping

The DryLin® T series with manual clamping was developed for simple functions. A clamped polymer has a tendency to creep which causes a decrease in clamping force over time (up to 70%). Therefore, applications for DryLin® T with a clamp are restricted. Please contact our technical experts if you need other alternatives for clamping DryLin® linear systems.



## DryLin® T – Heavy Duty

The Heavy Duty series is used with most extreme conditions like dirt, sticking arrears, splinters, mud etc. The Polymer sliding elements of iglidur® J are fixed by the metal end caps and cannot be lost. This system is compatible with many standard ball bearing systems and is available in the following sizes: TW-01-20, TW-01-25, and TW-01-30.



## DryLin® T – Miniature

The clearance of DryLin® T miniature systems is not adjustable. The sliding elements are mounted with positive locking (form-fitted) into the chromated zinc slide carriages. This simple, effective design makes the rails robust and at the same time cost-effective.



DryLin® T

Phone +49 - 22 03 - 96 49-145  
Fax +49 - 22 03 - 96 49-334

igus® GmbH  
51147 Cologne

Internet [www.igus.de](http://www.igus.de)  
E-mail [info@igus.de](mailto:info@igus.de)

# DryLin® T – Adjusting and Installation



## Installation notes

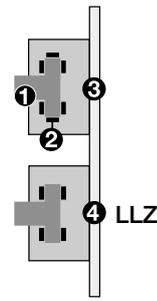
When designing systems with 2 parallel rails, one side must be used with floating bearings. For each mounting version, there is a recommended fixed floating bearing solution. This installation method prevents binding or a locking of the guide when there are parallelism errors between the rails.

The floating bearing is created by the removal of the static sliding elements. The maximum compensation of parallelism errors between the mounted rails is 0.5 mm. In the installation, care must be taken that the floating bearing has equal play in both directions. You can see our recommended design of the fixed floating bearing system in the adjacent drawings.

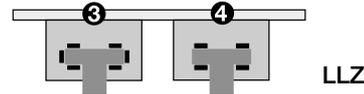
The mounting surfaces for the rails and guide carriages should have a very flat surface (e.g. machined face), in order to prevent binding in the system. Variations in the mating surfaces can also be compensated up to a certain amount (0.5 mm) by a larger adjusted clearance. The clearance adjustment is only effective without load.

Please contact our technical experts if you have any questions on the engineering design and/or installation.

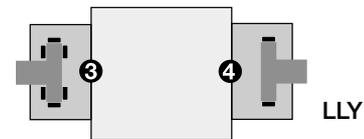
- ① Rail
- ② Sliding elements
- ③ Fixed bearing
- ④ Floating bearing LLZ or LLY



Lateral/vertical installation with floating bearing in the z-direction



Horizontal installation with floating bearing in the z-direction



Horizontal mounting version with floating bearing in the y-direction and lateral mounting carriage

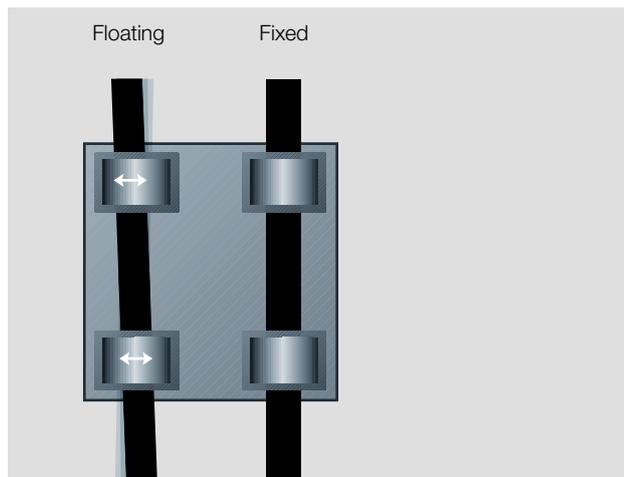
## Floating bearings for linear slide guides

In the case of a system with two parallel guides, one side needs to be configured with floating bearings.

A suitable solution comprising fixed & floating bearings is available for every installation position, whether horizontal, vertical or lateral. This type of assembly prevents jamming and blockage on the guides resulting from discrepancies in parallelism. Floating bearings are realized through a controlled extension of play in the direction of the expected parallelism error. This creates an additional degree of freedom on one side.

During assembly, it must be ensured that the floating bearings exhibit a similar degree of play in both directions. The systems of fixed & floating bearings we recommend are represented in various related chapters.

The contact surfaces on the guides and carriages should be sufficient-ly even (for instance, milled down) to prevent strains from occurring in the system.



Automatic compensation of parallelism errors

## Eccentric Forces

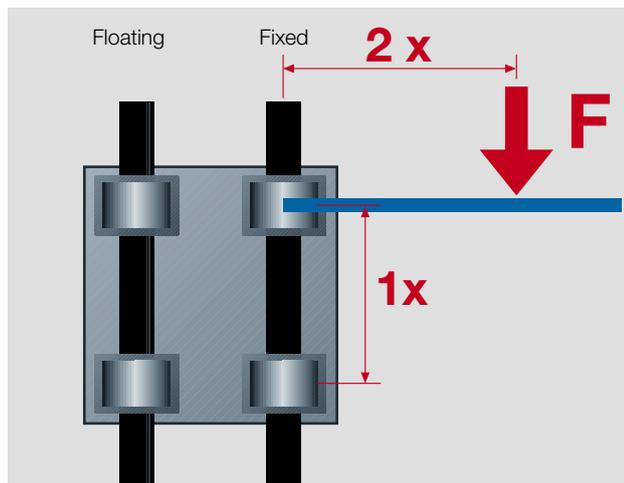
**To ensure successful use of maintenance-free DryLin® linear bearings, it is necessary to follow certain recommendations:**

If the distance between the driving force point and the fixed bearings is more than twice the bearing spacing (2:1 rule), a static friction value of 0.25 can theoretically result in jamming on the guides. This principle applies regardless of the value of the load or drive force.

The friction product is always related to the fixed bearings. The greater the distance between the drive and guide bearings, the higher the degree of wear and required drive force.

Failure to observe the 2:1 rule during a use of linear slide bearings can result in uneven motion or even system blockage. Such situations can often be remedied with relatively simple modifications.

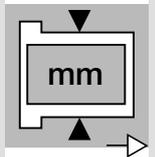
If you have any questions on design and/or assembly, please contact our application engineers.



The 2:1 Rule

DryLin® T

Phone +49 - 22 03 - 96 49-145  
Fax +49 - 22 03 - 96 49-334



# DryLin® T – Adjusting and Installation



## Adjusting the clearance: DryLin® T

DryLin® T is delivered ready for installation. Clearance of the carriage is adjusted at the factory. The preadjustment is determined by the acting forces on each individual system. If you have special requirements, please indicate in your order whether particularly limited or extended bearing clearance is required. If necessary, clearance of the DryLin® T linear guide system can be readjusted. This should always take place when there is no load on the carriage.

**1** After removing the protective cover, loosen the locknuts – Width across flats:

- SW 5 for TW-01-15 and TW-01-20
- SW 7 for TW-01-25 and TW-01-30

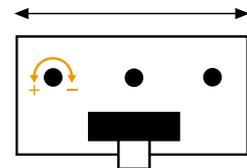
**2** Adjust the bearing clearance for the 3 guide points with an Allen key – Allen key size:

- 1.5 mm for TW-01-15 and TW-01-20
- 2.0 mm for TW-01-25 and TW-01-30

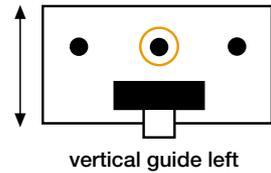
**3** Check the clearance of the carriage after adjusting the 3 levels. If it is sufficient, tighten the locknuts and put on the cover.

**4** There is a danger that excessive reduction of the clearances can seize the gliding elements and that the clearance cannot be reset simply by loosening the adjustment screws. The gliding elements are then released by pressing the reset button on the opposite side. Press hard against the readjusting spring. You must have already loosened the respective adjustment screws. Use the correct size pin for this purpose:

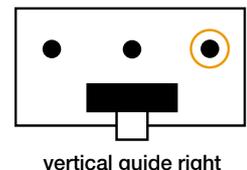
- 2.5 mm for TW-01-20 and TW-01-15
- 3.0 mm for TW-01-25
- 3.0 mm for TW-01-30



**lateral guide:**  
 - less clearance  
 + more clearance



vertical guide left



vertical guide right



## Adjusting the clearance: DryLin® T Automatic

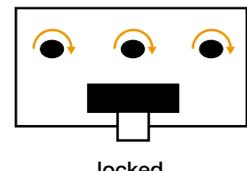
The DryLin® T Automatic series offers you an automatic adjustment of the clearance. A readjustment can take place automatically in steps of 0.1 mm. Springs tighten the regulating wedge immediately as soon as the clearance is bigger than 0.1 mm and the system is unloaded.

**1** The system will be delivered with 3 spanners which are already plugged in. They are necessary for mounting the carriage onto the rail. In case these spanners are removed they need to be replugged into the openings and turned right by 90°.

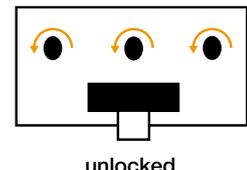
**2** When the carriage is on the rail, loosen the spanners by turning them left 90° and remove them. The clearance will be adjusted automatically.

**3** Check the clearance of the carriage. A fine adjusting can be done at this point.

**4** You can remove the carriage at any time. In order to do so, simply plug the spanners back into the openings (see step 1).



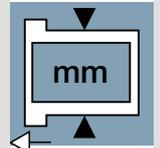
locked

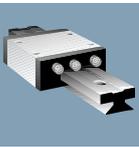


unlocked

DryLin® T

Phone +49 - 22 03 - 96 49-145  
 Fax +49 - 22 03 - 96 49-334





# DryLin® T – System Design

For the exact calculation of the DryLin® T Linear Guide System it is essential to find out whether the position of the forces is within the allowable limits, and if the gliding element where the highest forces occur is not overloaded. The calculation of the necessary driving force and the maximum speed allowed is important. Each mounting version requires a different formula for calculation. Factors concerning shocks and acceleration forces are not included in the calculation, therefore the maximum load and allowable load must be monitored.

## Recommended procedure:

### 1st step:

Select the mounting version

- **horizontal**
  - 1 rail and 1 carriage ▶ Page 61.14
  - 1 rail and 2 carriages ▶ Page 61.14
  - 2 rails and 4 carriages ▶ Page 61.14
- **lateral**
  - 1 rail and 1 carriage ▶ Page 61.15
  - 1 rail and 2 carriages ▶ Page 61.15
  - 2 rails and 4 carriages ▶ Page 61.15
- **vertical**
  - 1 rail and 1 carriage ▶ Page 61.16
  - 1 rail and 2 carriages ▶ Page 61.16
  - 2 rails and 4 carriages ▶ Page 61.16

### 2nd step:

Check to see whether the offset distances of the applied forces are within the permissible values  
▶ Pages 61.14 to 61.16

### 3rd step:

Calculate the necessary drive force  
▶ Page 61.14 to 61.16

### 4th step:

Calculate the maximum bearing load in y- and z-directions  
▶ Page 61.14 to 61.16

### 5th step:

Check calculated load for both y and z with the table on page 37.11 - Maximum permissible load for  $F_{y\max}$  &  $F_{z\max}$   
▶ Page 61.13, table 61.2

### 6th step:

Check calculated mean speed for the load from step 5 with the graph on page 37.11  
▶ Page 61.13, Graph. 61.4

## Variables in the calculations:

- Fa** : Drive Force [N]
- Fs** : Applied Mass [N]
- Fy, Fz** : Bearing Load [N]  
in y- or z-direction [mm]
- sx, sy, sz** : Distance of the mass force in x-, y- or z-direction [mm]
- ay, az** : Distance of the mass force in y- or z-direction [mm]
- wx** : Distance between carriages on a rail [mm]
- LX** : Constant from table below [mm]
- Zm** : Constant from table below [mm]
- Y0** : Constant from table below [mm]
- b** : Distance between guide rails [mm]
- μ** : Coefficient of friction,  
 $\mu = 0$  for static loads,  
 $\mu = 0.2$  for dynamic loads
- ZW** : Number of carriages per rail

## The constant values:

Part No.	Lx [mm]	Zm [mm]	Y0 [mm]
TW-01-15	29	16	11,5
TW-01-20	35	23	15,0
TW-01-25	41	25	19,0
TW-01-30	49	29	21,5

## Coefficients:

	1 rail, 1 carriage	1 rail, 2 carriages	2 rails, 3-4 carriages
<b>K<sub>1</sub></b>	$ (ay+Y_0)/Lx $	$ (ay+Y_0)/Wx $	$ (ay+Y_0)/Wx $
<b>K<sub>2</sub></b>	$(sy+Y_0)/Lx$	$(sy+Y_0)/Wx$	$(sy+Y_0)/Wx$
<b>K<sub>3</sub></b>	$laz/Lx$	$laz/Wx$	$laz/Wx$
<b>K<sub>4</sub></b>	$lsx/Lx$	$lsx/Wx$	$lsx/Wx$
<b>K<sub>5</sub></b>	$sz/Lx$	$sz/Wx$	$sz/Wx$
<b>K<sub>6</sub></b>	$ (sy+Y_0)/Zm $	$ (sy+Y_0)/Zm $	$ (sy+Y_0)/b $
<b>K<sub>7</sub></b>	$lsz/Zm$	$lsz/Zm$	$ (sz/b)-0,5 $

DryLin® T

Phone +49 - 22 03 - 96 49-145  
Fax +49 - 22 03 - 96 49-334

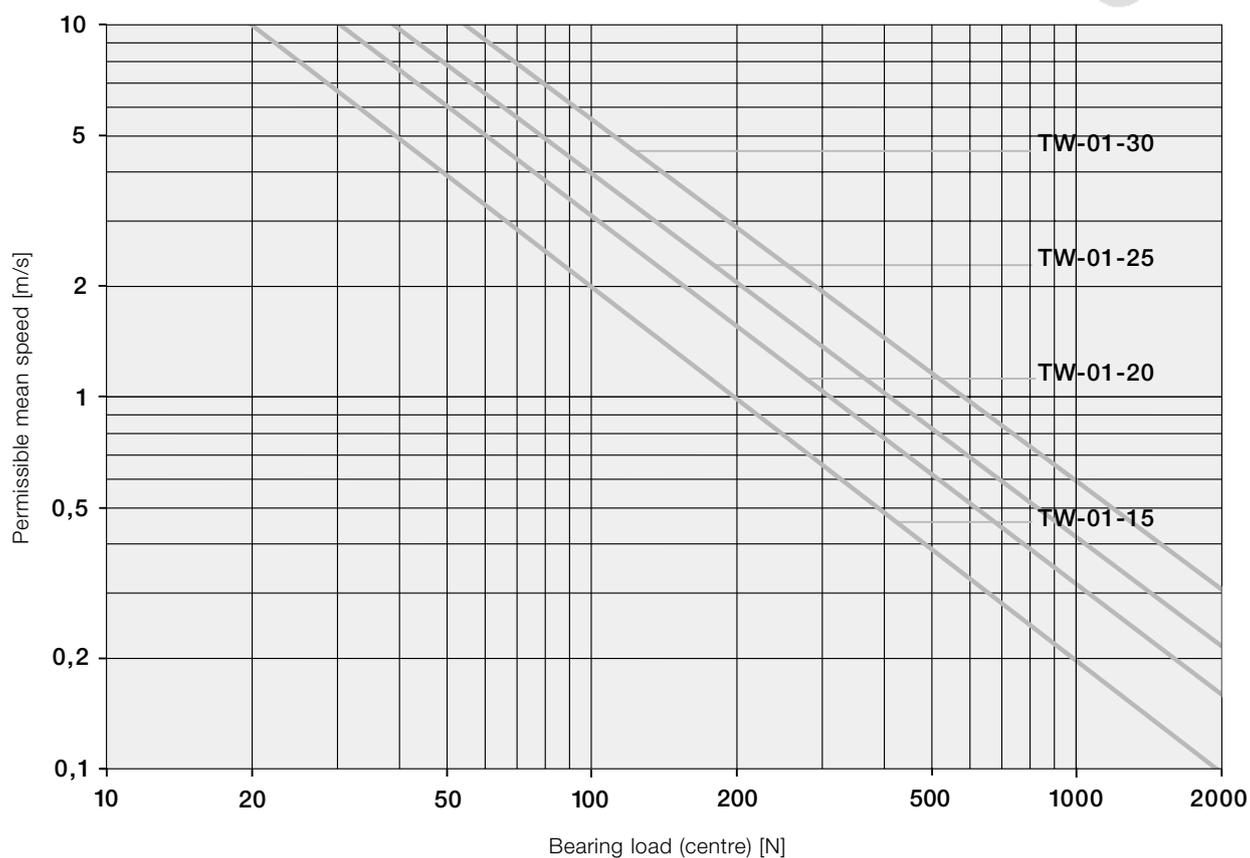
igus® GmbH  
51147 Cologne

Internet [www.igus.de](http://www.igus.de)  
E-mail [info@igus.de](mailto:info@igus.de)



DryLin® T

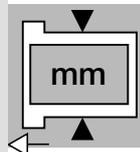
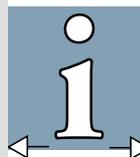
Phone +49 - 22 03 - 96 49-145  
 Fax +49 - 22 03 - 96 49-334

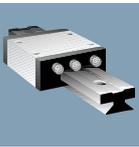


Graph 61.4: Diagram for determining the maximum permissible speed for the calculated bearing load

Part No.	F <sub>y</sub> max, F <sub>z</sub> max [N]
TW-01-15	2000
TW-01-20	3700
TW-01-25	5000
TW-01-30	7000

Table 61.2: Maximum permissible load





# DryLin® T – Mounting Version Horizontal

Maximum permissible distances between applied forces:

Variation: 1 rail, 1 carriage		
$s_y + s_z$	<	$2 L_x - Y_0$
$a_y + a_z$	<	$2 L_x - Y_0$
$s_y$	<	$5 Z_m$
$s_z$	<	$5 Z_m$

## 2nd step:

Check to see whether the maximum distances of the applied forces are within the permissible values. (See maximum permissible distances)

## 3rd step:

Calculate the necessary drive force

- 3.1 Centre of gravity in **x- and z-direction** inside the carriage(s)

$$F_{a1} = \frac{\mu}{1 - 2\mu K_3} \cdot F_s$$

- 3.2 Centre of gravity in **z-direction** outside of the carriage(s)

$$F_{a2} = \frac{2\mu K_7}{1 - 2\mu K_3} \cdot F_s$$

- 3.3 Centre of gravity in **x-direction** outside of the carriage(s)

$$F_{a3} = \frac{2\mu K_4}{1 - 2\mu K_3 - 2\mu K_1} \cdot F_s$$

If the position of the centre of gravity is not specified:

$$F_a = \text{MAX} (F_{a1}, F_{a2}, F_{a3})$$

## 4th step:

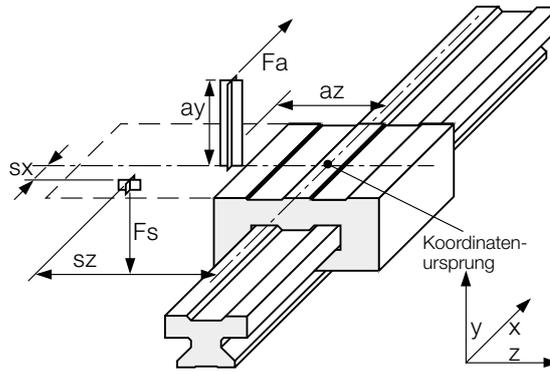
Calculate the maximum bearing load

- 4.1 Maximum bearing load in **y-direction**

$$F_{y\text{max}} = \frac{2F_s}{Z_w} \left( \frac{2K_4}{Z_w} + 0,5 \right) \cdot \left( K_7 + 0,5 \right) + \frac{2F_a K_1}{Z_w^2}$$

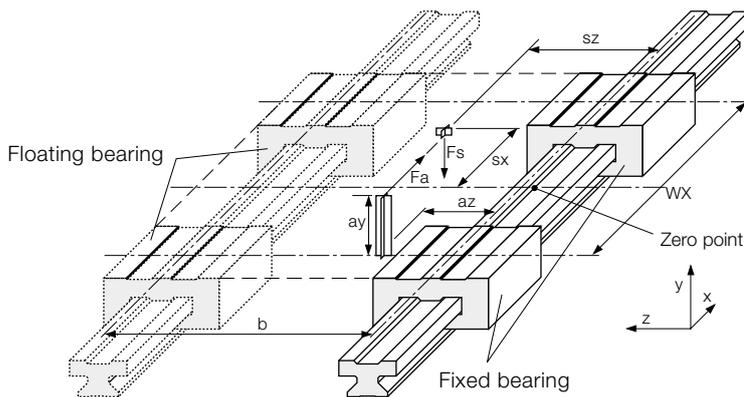
- 4.2 Maximum bearing load in **z-direction**

$$F_{z\text{max}} = \frac{4F_a K_3}{Z_w^2}$$



Maximum permissible distances between applied forces:

Variation: 1 rail, 2 carriages		
Variation: 2 rails, 4 carriages		
$s_y + s_z$	<	$2 w_x - Y_0$
$a_y + a_z$	<	$2 w_x - Y_0$



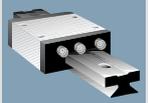
DryLin® T

Phone +49 - 22 03 - 96 49-145  
Fax +49 - 22 03 - 96 49-334

igus® GmbH  
51147 Cologne

Internet [www.igus.de](http://www.igus.de)  
E-mail [info@igus.de](mailto:info@igus.de)

# DryLin® T – Mounting Version Lateral



## 2nd step:

Check to see whether the maximum distances of the applied forces are within the permissible values. (See maximum permissible distances)

## 3rd step:

Calculate the necessary drive force

First two calculations must be made:

$$Fa1 = \frac{(1 + 2K_6)\mu}{1 - 2\mu K_1} \cdot Fs$$

$$Fa2 = \frac{(2K_4 + 2K_6)\mu}{1 - 2\mu K_1 - 2\mu K_3} \cdot Fs$$

The drive force  $Fa$  corresponds to the calculated maximum value

$$Fa = \text{MAX}(Fa1, Fa2)$$

## 4th step:

Calculate the maximum bearing load

### 4.1 Maximum bearing load in **y-direction**

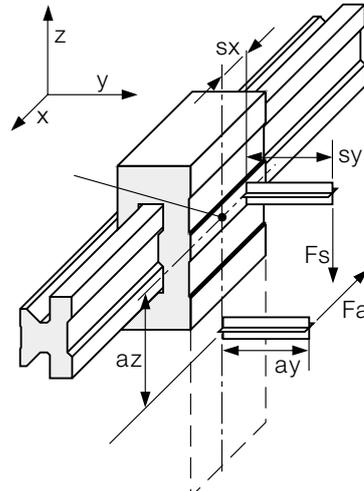
$$F_{y\max} = \frac{Fs K_6}{Zw} + \frac{2Fa K_1}{Zw^2}$$

### 4.2 Maximum bearing load in **z-direction**

$$F_{z\max} = \frac{2Fs}{Zw} \left( \frac{2K_4}{Zw} + 0,5 \right) + \frac{4Fa K_3}{Zw^2}$$

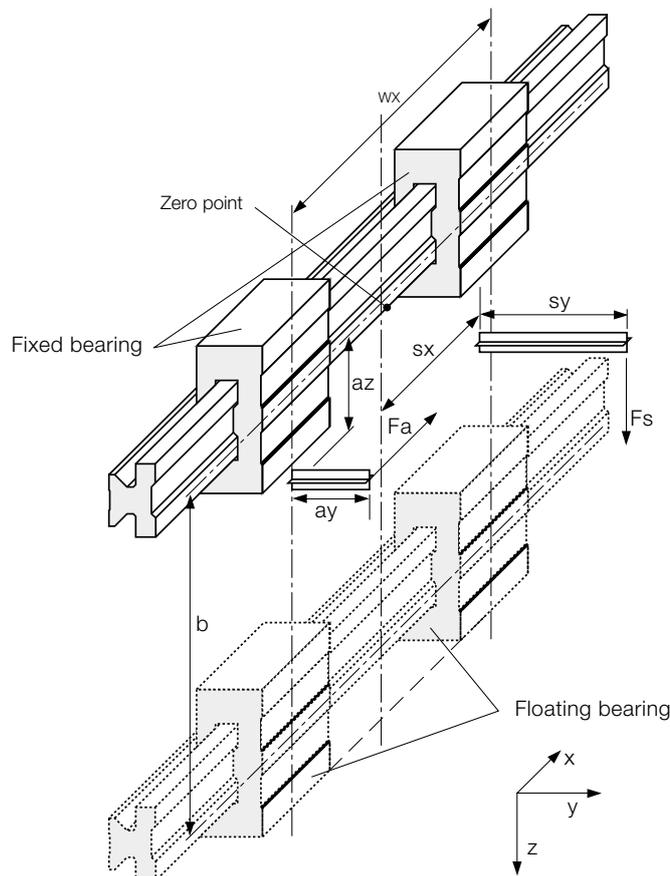
## Maximum permissible distances between applied forces:

Variation: 1 rail, 1 carriage		
$sy + sz$	$<$	$2 Lx - Y_0$
$ay + az$	$<$	$2 Lx - Y_0$
$sy$	$<$	$5 Zm$
$sz$	$<$	$5 Zm$



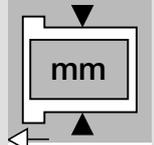
## Maximum permissible distances between applied forces:

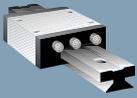
Variation: 1 rail, 2 carriages		
Variation: 2 rail, 4 carriages		
$sy + sz$	$<$	$2 wx - Y_0$
$ay + az$	$<$	$2 wx - Y_0$



DryLin® T

Phone +49 - 22 03 - 96 49-145  
Fax +49 - 22 03 - 96 49-334





# DryLin® T – Mountig Version – Vertical

Maximum permissible distances between applied forces:

Variation: 1 rail, 1 carriage		
$s_y + s_z$	<	$2 L_x - Y_0$
$a_y + a_z$	<	$2 L_x - Y_0$
$s_y$	<	$5 Z_m$
$s_z$	<	$5 Z_m$

## 2nd step:

Check to see whether the maximum distances of the applied forces are within the permissible values. (See maximum permissible distances)

## 3rd step:

Calculate the necessary drive force

First, four calculations must be made:

$$F_{a1} = \frac{2\mu (s_z + s_y + Y_0) - w_x}{2\mu (a_z + a_y + Y_0) - w_x} \cdot F_s$$

$$F_{a2} = \frac{2\mu (-s_z + s_y + Y_0) - w_x}{2\mu (-a_z + a_y + Y_0) - w_x} \cdot F_s$$

$$F_{a3} = \frac{2\mu (s_z - s_y - Y_0) - w_x}{2\mu (a_z - a_y - Y_0) - w_x} \cdot F_s$$

$$F_{a4} = \frac{2\mu (s_z + s_y + Y_0) + w_x}{2\mu (a_z + a_y + Y_0) + w_x} \cdot F_s$$

The drive force  $F_a$  corresponds to the calculated maximum value

$$F_a = \text{MAX} (F_{a1}, F_{a2}, F_{a3}, F_{a4})$$

## 4th step:

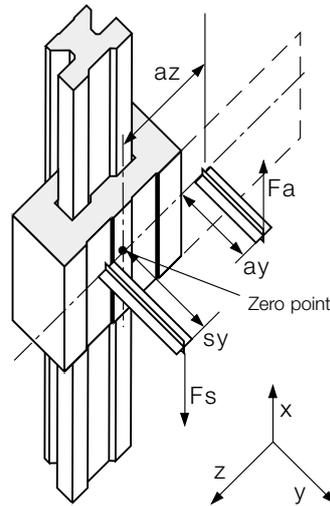
Calculate the maximum bearing load

### 4.1 Maximum bearing load in y-direction

$$F_{y\text{max}} = \left| F_a \frac{a_y + Y_0}{w_x} - F_s K_2 \right| \cdot \frac{2}{Z_w^2}$$

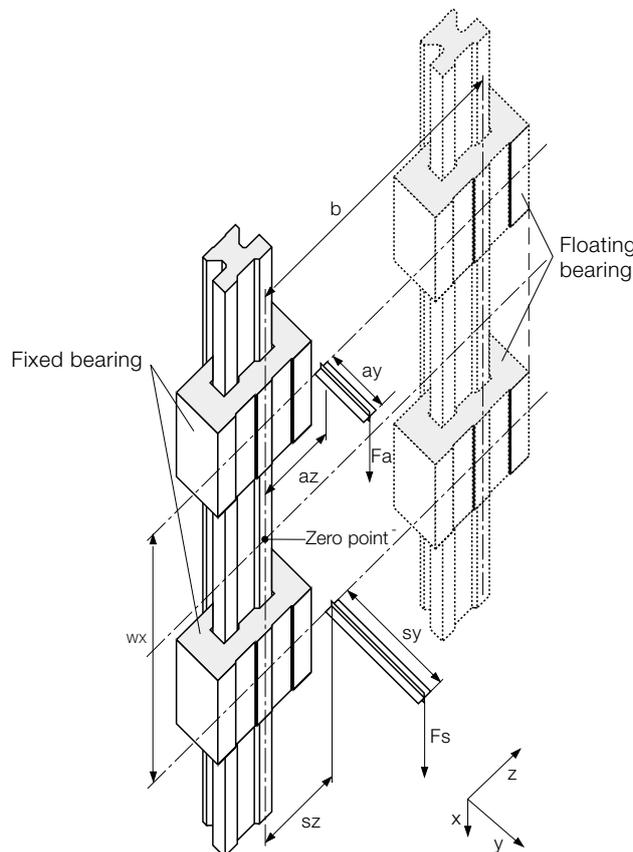
### 4.2 Maximum bearing load in z-direction

$$F_{z\text{max}} = \left| F_a \frac{a_z}{w_x} - F_s K_5 \right| \cdot \frac{4}{Z_w^2}$$



Maximum permissible offset distances between applied forces:

Variation: 1 rail, 2 carriages		
Variation: 2 rails, 4 carriages		
$s_y + s_z$	<	$2 w_x - Y_0$
$a_y + a_z$	<	$2 w_x - Y_0$

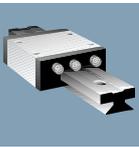


DryLin® T

Phone +49 - 22 03 - 96 49-145  
 Fax +49 - 22 03 - 96 49-334

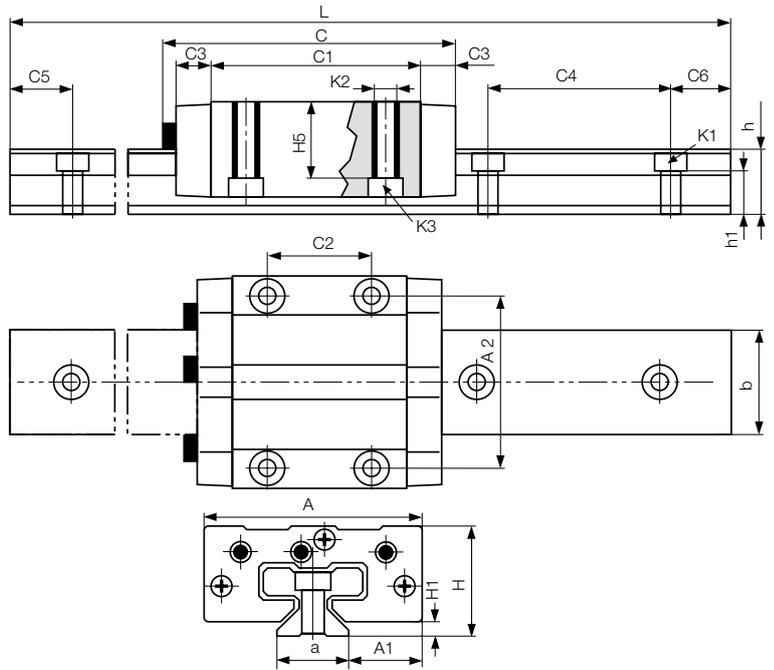
igus® GmbH  
 51147 Cologne

Internet [www.igus.de](http://www.igus.de)  
 E-mail [info@igus.de](mailto:info@igus.de)



# DryLin® T – Adjustable clearance – TK-01...

DryLin® T



- Slide carriage with manual adjustable clearance
- Maintenance-free, dry operation
- Resistant to corrosion
- Hard anodized aluminium rails
- Standard bore pattern symmetrical C5 = C6

Phone +49 - 22 03 - 96 49-145  
 Fax +49 - 22 03 - 96 49-334

iglus® GmbH  
 51147 Cologne

## DryLin® T Guide Rails

Part No.	Weight [kg/m]	L [mm]	a [mm]	C4		C5		C6		h [mm]	h1 [mm]	K1 for Screw DIN 912 [mm]	b [mm]	ly [mm <sup>2</sup> ]	lz [mm <sup>2</sup> ]	Wby [mm <sup>3</sup> ]	Wbz [mm <sup>3</sup> ]
				Max.	Min.	Max.	Min.	Max.									
TS-01-15	0,6	3960	15	60	20	49	20	49	15,5	10,0	M 4	22	6440	4290	585	488	
TS-01-20	1,0	3960	20	60	20	49	20	49	19,0	12,3	M 5	31	22570	11520	1456	1067	
TS-01-25	1,3	3960	23	60	20	49	20	49	21,5	13,8	M 6	34	34700	19300	2041	1608	
TS-01-30	1,9	3960	28	80	20	59	20	59	26,0	15,8	M 8	40	70040	40780	3502	2832	

Order example: TS-01-15, 2000 for a guide rail TS-01-15 of 2 m length  
 For rails without mounting holes, please use bearing suffix "without mounting hole"

## DryLin® T Guide Carriages

Part No.	Weight [kg]	H [mm]	A [mm]	C [mm]	A1		C1 [mm]	C2 [mm]	C3 [mm]	H1 [mm]	H5 [mm]	K2 Thread	Torque Max. [Nm]	K3 for Screw DIN 912
					±0,35	±0,35								
TW-01-15	0,11	24	47	74	16,0	38	50	30	9	4,0	16,0	M 5	1,5	M 4
TW-01-20	0,19	30	63	87	21,5	53	61	40	10	5,0	19,8	M 6	2,5	M 5
TW-01-25	0,29	36	70	96	23,5	57	68	45	11	5,0	24,8	M 8	6,0	M 6
TW-01-30	0,50	42	90	109	31,0	72	79	52	12	6,5	27,0	M 10	15,0	M 8

Order examples: TW-01-20 for a guide carriage  
 TW-01-20, LLy for a guide carriage with floating bearing in y-direction  
 TW-01-20, LLz for a guide carriage with floating bearing in z-direction

## DryLin® TK Complete System



Structure – part no.

TK	-01	-15	-2	,500
----	-----	-----	----	------



This order example (TK-01-15-2, 500) corresponds to a complete DryLin® system of size 15 with 2 carriages and 500 mm rail length.  
 Order TK-01-15-2, 500, LLy for a complete system with floating bearing in y-direction.

Internet [www.iglus.de](http://www.iglus.de)  
 E-mail [info@iglus.de](mailto:info@iglus.de)



**PROYECTO DE GRADO - BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**ANEXO C.**

**Información Técnica de los bujes adquiridos por la  
Industria Militar (INDUMIL)**

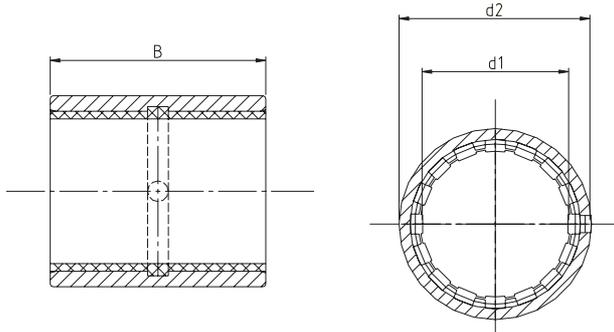


# DryLin® R Thin Walled, Linear Bearing RJUM-02, mm



### Special Properties

- Closed, anodized aluminum adapter
- Dimensions equivalent to the standard for recirculating ball bearings
- Equipped with JUM-02 liner made of iglide® J
- Secured by pressfit in a recommended housing bore
- Recommended housing bore H7



## RJUM-02, Standard Clearance Dimensions (mm)

Part No.	Nominal Size	Housing Bore i.d. h7	Tolerance** Bearing i.d.		pmax. Dynamic Load P=725 psi	pmax. Static Load P=5075 psi	Weight (g)	d1	d2 k7	B h10
			Min.	Max.						
RJZM-02-08*	8	15	0.032	- 0.070	215	1510	6	8	15	24
RJUM-02-10	10	17	0.030	- 0.088	146	1022	8	10	17	26
RJUM-02-12	12	19	0.030	- 0.088	188	1321	10	12	19	28
RJUM-02-16	16	24	0.030	- 0.088	269	1888	17	16	24	30
RJUM-02-20	20	28	0.030	- 0.091	337	2360	18	20	28	30
RJUM-02-25	25	35	0.030	- 0.091	562	3934	42	25	35	40
RJUM-02-30	30	40	0.040	- 0.110	843	5901	56	30	40	50
RJUM-02-40	40	52	0.040	- 0.115	1348	9441	113	40	52	60
RJUM-02-50	50	60	0.050	- 0.130	1967	13769	147	50	60	70

## RJUM-22, Low Clearance Dimensions (mm)

Part No.	Nominal Size	Housing Bore i.d.	Tolerance** Bearing i.d.		pmax. Dynamic Load P=725 psi	pmax. Static Load P=5075 psi	Weight (g)	d1	d2 k7	B h10
			Min.	Max.						
RJZM-02-08*	8	15	0.016	- 0.0350	215	1510	6	8	15	24
RJUM-22-10	10	17	0.015	- 0.0440	146	1022	8	10	17	26
RJUM-22-12	12	19	0.015	- 0.0440	188	1321	10	12	19	28
RJUM-22-16	16	24	0.015	- 0.0440	269	1888	17	16	24	30
RJUM-22-20	20	28	0.015	- 0.0455	337	2360	18	20	28	30
RJUM-22-25	25	35	0.015	- 0.0455	562	3934	42	25	35	40
RJUM-22-30	30	40	0.020	- 0.0550	843	5901	56	30	40	50
RJUM-22-40	40	52	0.020	- 0.0575	1348	9441	113	40	52	60
RJUM-22-50	50	60	0.025	- 0.0650	1967	13769	147	50	60	70

MM

DryLin® R

Telephone 1-888-803-1895  
Fax 1-401-438-7680

Internet: <http://www.igus.com>  
E-Mail: [sales@igus.com](mailto:sales@igus.com)  
QuickSpec: [www.igus.com/qs/DryLin.asp](http://www.igus.com/qs/DryLin.asp)



**PROYECTO DE GRADO - BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**ANEXO D.**

**Información Técnica del PLC adquirido por la  
Industria Militar (INDUMIL)**

# Serie CP1H

El PLC todo en uno



» E/S analógica incorporada

» E/S de impulsos de 4 ejes

» Comunicaciones flexibles

Advanced Industrial Automation

**OMRON**

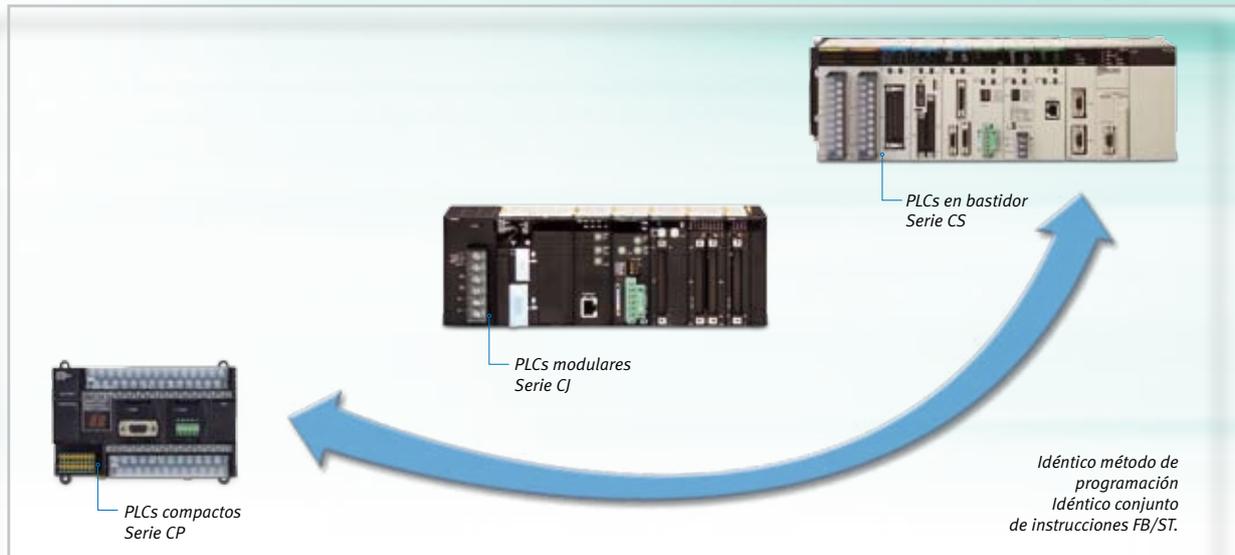
# El PLC todo en uno

*Combinando la potencia de procesamiento y la capacidad de gestión de datos de la serie CJ1M y la funcionalidad de E/S digitales de la serie CPM2A en un diseño de PLC compacto, la serie de CP1H marca nuevos estándares.*

Con 4 entradas de encoder de alta velocidad hasta 1 MHz (monofásico) y 4 salidas de impulsos hasta 1 MHz (controlador de línea), las CPUs CP1H resultan ideales para el posicionamiento y control de velocidad. Sus 4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas opcionales además de control PID avanzado con auto-tuning también las convierten en ideales para aplicaciones de control continuo.



# Gama de PLCs de Omron



Control a pequeña escala

Control a gran escala

Además, ampliables con unidades de E/S CPM1A (hasta 320 puntos de E/S) y hasta dos unidades de E/S especiales CJ1 o unidades de bus de CPU, las CPUs CP1H ofrecen una amplia gama de interfaces de comunicaciones y unidades de E/S avanzadas.

Equipadas con una interfaz USB de serie para la programación y la monitorización, las nuevas CPUs permiten la conexión de un máximo de dos puertos serie para la comunicación con terminales programables o de campo. Y, evidentemente, proporcionan enrutamiento de comunicaciones 'Smart Platform' sobre varias capas de red.

Con CX-One se pueden crear programas que permitan al usuario crear, configurar y programar redes, PLCs, terminales programables, sistemas de control de movimiento, controladores, controladores de temperatura y sensores.

La CPU de la serie CP1H tiene la misma arquitectura que los PLCs de las series CS/CJ, lo que significa que los programas son compatibles para asignaciones de memoria e instrucciones y también admiten bloques de función y texto estructurado.

La serie de CPU CP1H tiene la misma arquitectura que la serie de PLC CS/CJ, lo que significa que los programas son compatibles para asignaciones de memoria e instrucciones y también admiten bloques de función y texto estructurado.

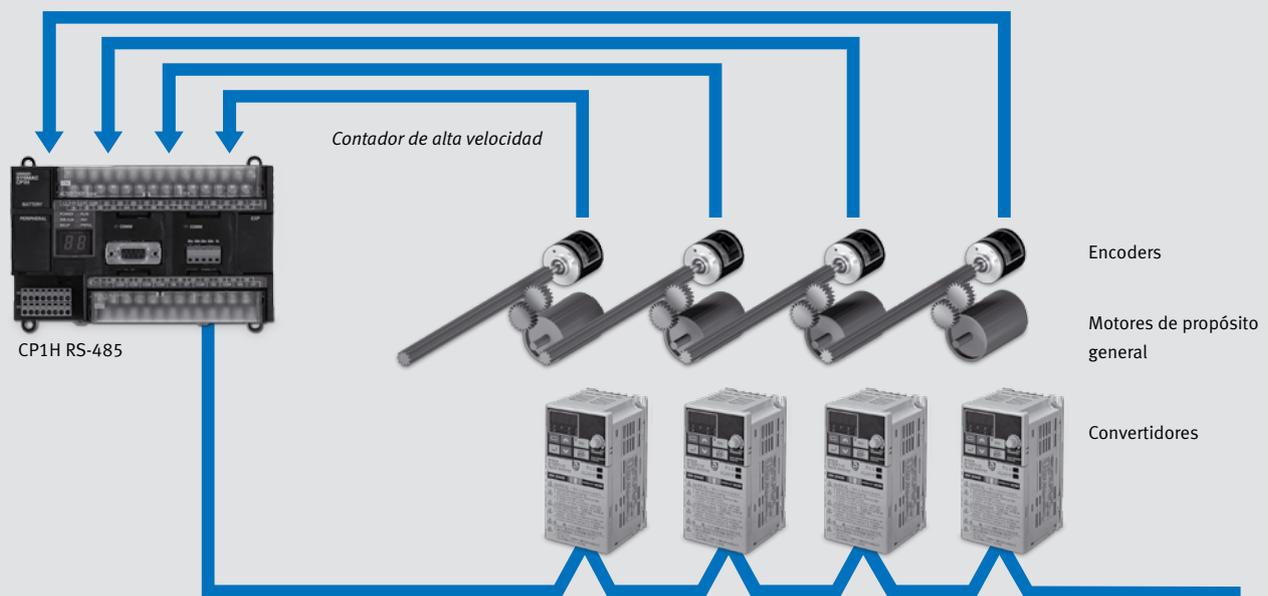
## Características principales

- 4 entradas de encoder de alta velocidad y 4 salidas de impulsos rápidas
- Alimentación de c.a. o c.c., 24 entradas digitales y 16 salidas digitales (transistor o relé)
- Conjunto de instrucciones y velocidad de ejecución compatibles con CJ1M.
- Ampliable con E/S inteligentes y unidades de comunicaciones de CJ1.
- E/S analógicas incorporadas (opcionales), puertos serie RS232C y RS-422A/485 (tarjetas opcionales conectables)

# Entrada de contador/encoder de alta velocidad

## Función de contador de cuatro ejes (monofásico o fase diferencial)

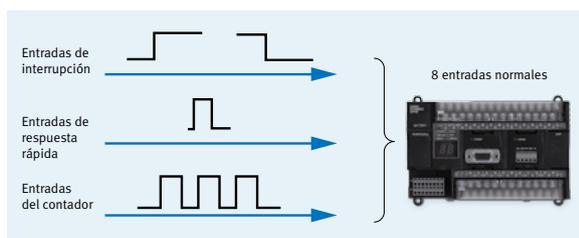
CPUs CP1H-X(A): Cuatro ejes, monofásico a 100 kHz o fase diferencial a 50 kHz  
 CPUs CP1H-Y: Dos ejes, monofásico a 1 MHz o fases diferenciales a 500 kHz más dos ejes, monofásico a 100 kHz o fase diferencial a 50 kHz



## Ocho entradas de interrupción

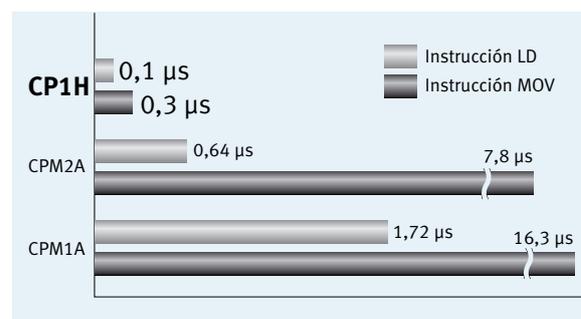
Ocho entradas que se pueden utilizar como:

- entradas captadoras de impulsos de 50  $\mu$ s
- entradas de interrupción
- entradas de contador de alta velocidad ( $\leq$  5 kHz)

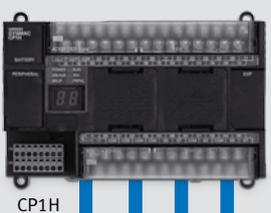


## Velocidad de ejecución de programa

Una E/S rápida requiere una respuesta rápida y el núcleo de CJ1M proporciona una velocidad de ejecución de programa excepcional.



# 4 salidas de impulsos para un posicionamiento preciso

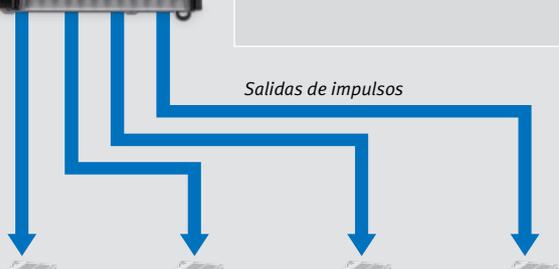


CP1H

**Función de salida de impulsos para cuatro ejes máximo**

CPUs CP1H-X(A): Dos ejes a 100 kHz y dos ejes a 30 kHz  
 CPUs CP1H-Y: Dos ejes a 1 MHz y dos ejes a 30 kHz

*Salidas de impulsos*

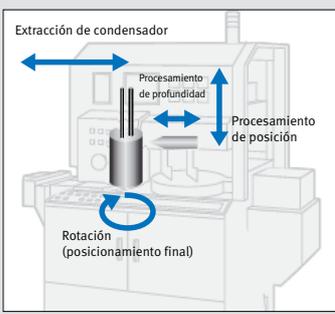




Servocontroladores

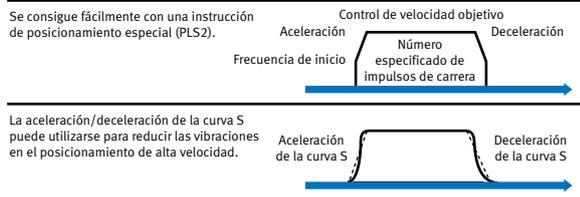
Servomotores

Ejemplo: control de cuatro ejes en equipos de fabricación de componentes electrónicos

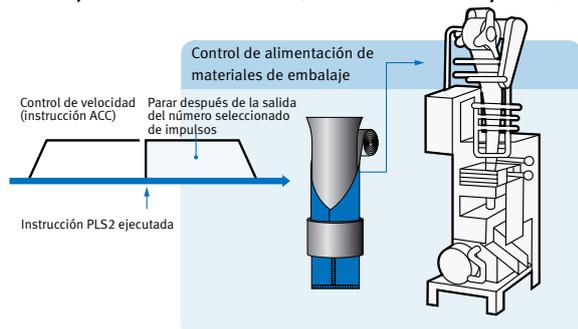


## Ingeniería sencilla con funciones estándar

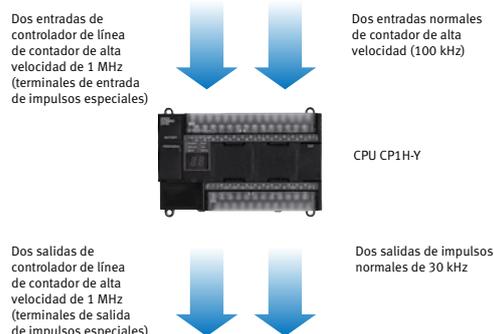
- Función de búsqueda de origen de instrucción única
- Posicionamiento con aceleración y deceleración trapezoidal (instrucción PLS2)



## Interrupción de alimentación (instrucciones ACC y PLS2)



## Salida de impulsos de alta velocidad de 1 MHz (CPUs CP1H-Y: próximo lanzamiento)



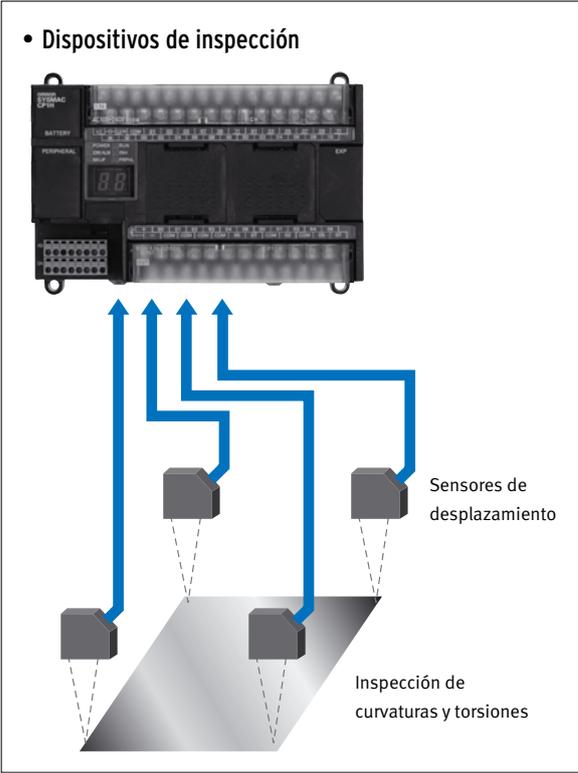
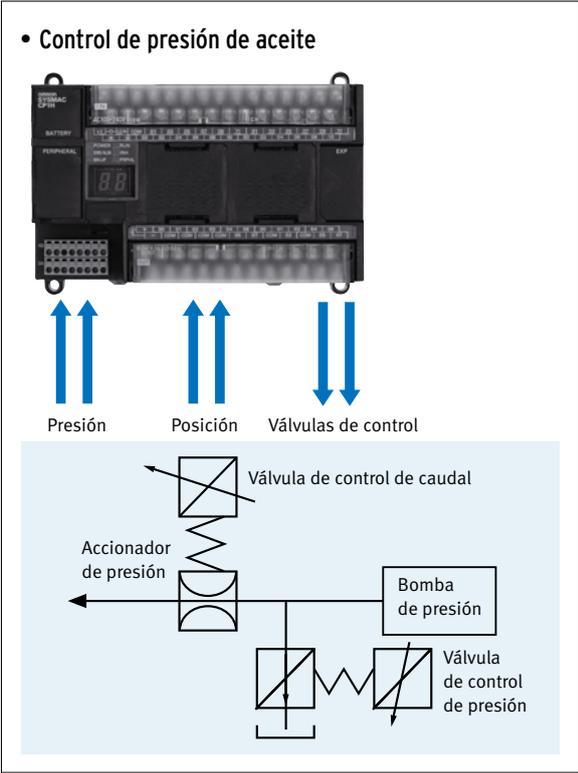
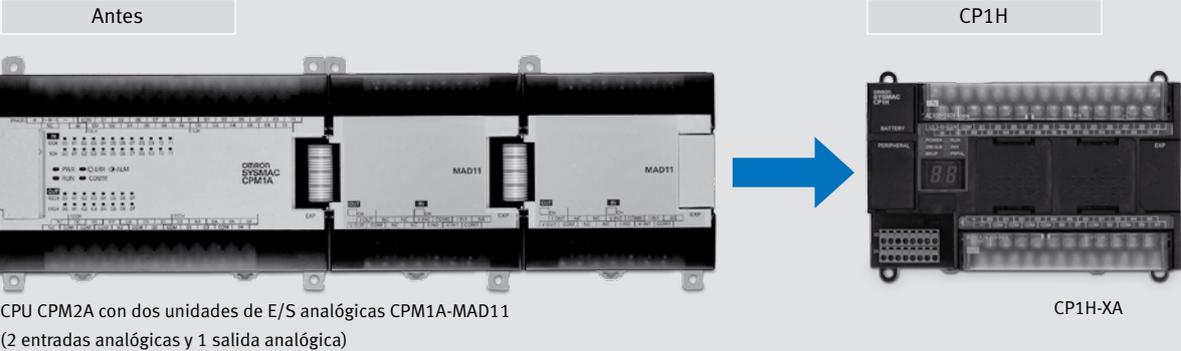
## Las CPUs CP1H-Y CPU ofrecen E/S de controlador de línea de 1 MHz incorporadas.

- Salidas de controlador de línea: dos para derecha e izquierda.
- Entradas de controlador de línea: dos para cada fase A, B y Z. Las CPUs CP1H-Y CPU también disponen de 20 puntos de E/S normales (12 entradas y 8 salidas) y pueden proporcionar entradas de contador de alta velocidad de 100 kHz para dos ejes y salidas de impulsos de 30 kHz para dos ejes.

# E/S analógicas

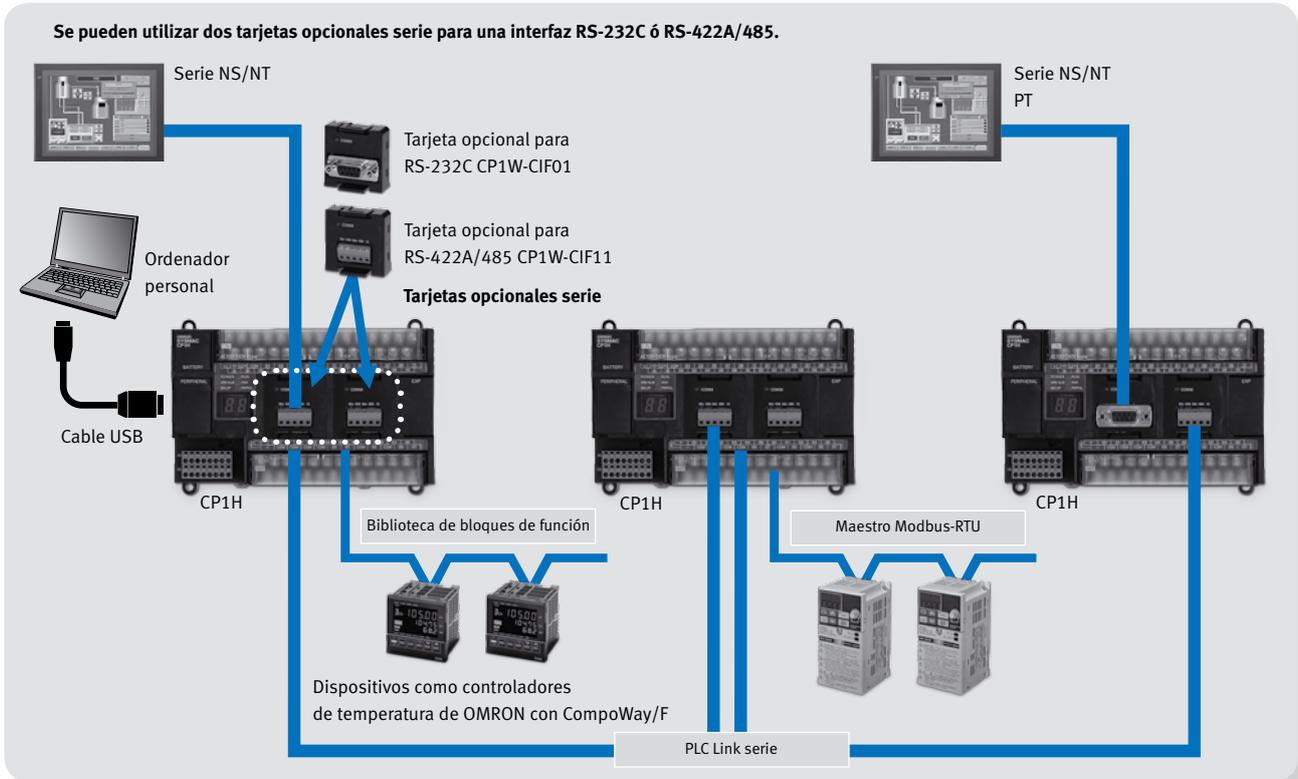
## Control analógico sin utilizar unidades expansoras

Las CPUs CP1H-XA tienen incorporadas cuatro entradas analógicas y dos salidas analógicas.



# Comunicaciones serie

Se pueden montar dos tarjetas opcionales para las comunicaciones RS-232C ó RS-422A/485, lo que facilita la conexión simultánea a un terminal programable y otros dispositivos como convertidores de frecuencia, controladores de temperatura, sensores inteligentes o PLC Link serie. El puerto USB estándar se utiliza para la conexión a un ordenador personal.



## Maestro Modbus-RTU

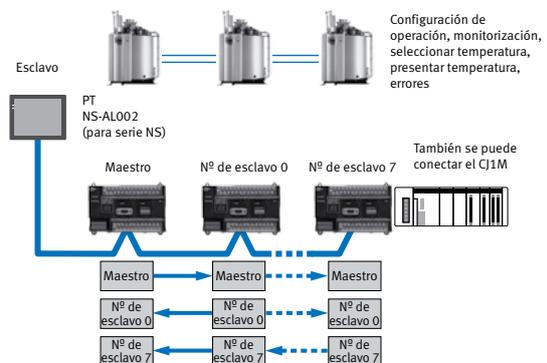
El maestro Modbus-RTU facilita el control de esclavos Modbus (como convertidores). Las comunicaciones serie se pueden ejecutar independientemente del programa con sólo configurar un comando Modbus en un área de memoria fija y activando los interruptores de software.

• Comando	Puerto 1: D32200 ~ D32249	Dirección de esclavo (00 a F7 hexadecimal)	Código de función	Número de bytes	Datos (94 bytes máx.)	
	Puerto 2: D32300 ~ D32349					
• Respuesta	Puerto 1: D32250 ~ D32299	Dirección del esclavo	Código de función	Código de error	Número de bytes	Datos (93 bytes máx.)
	Puerto 2: D32350 ~ D32399					



## PLC Link serie

Se puede intercambiar un máximo de 10 canales/ unidades de datos entre nueve CPUs CP1H (o CJ1M).



Los Terminales Programables de la serie NS/NT también se pueden incorporar como esclavos (conexiones NT Link 1:N) para intercambiar datos mediante NT Link sólo con el maestro CP1H. Cada uno se trata como un nodo de esclavo.

# Reducir tiempo de desarrollo con herramientas eficaces

- **Conexión USB Plug-and-play**

Sólo hay que instalar CX-Programmer (versión 6.1 o posterior) y conectar el cable USB al CP1H. El controlador se instalará automáticamente.



- **Un puerto USB incorporado (USB 1.1, tipo B) permite la conexión de un ordenador personal utilizando un cable USB estándar.**

Se pueden utilizar cables USB macho de tipo A y B.



Nota: las consolas de programación (por ejemplo, CQM1H-PRO01 y C200H-PRO27) no se pueden utilizar con el CP1H.

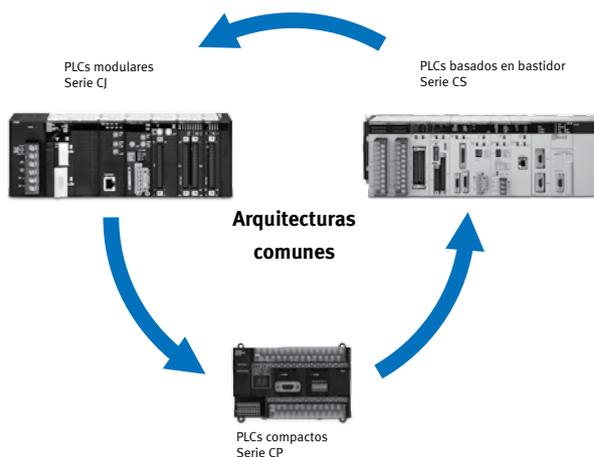
## Gran cantidad de instrucciones

- **Instrucción PID con auto-tuning**

Las constantes PID pueden ajustarse automáticamente para la instrucción PID. El método de ciclo límite se utiliza para el ajuste, lo que permite que se realice rápidamente.

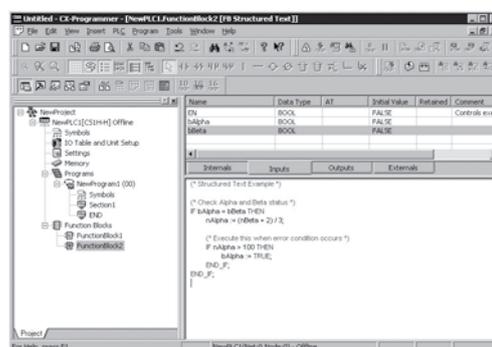
- **Instrucciones decimales de punto flotante, instrucciones trigonométricas, etc.**

Al igual que los PLC de la serie CS/CJ, el CP1H tiene aproximadamente 400 instrucciones para la programación de diagramas de contacto.



## El lenguaje de texto estructurado facilita aún más las operaciones aritméticas

Además de la programación de diagramas de contacto, pueden utilizar bloques funcionales con lenguaje de texto estructurado, conforme a IEC-61131-3. Con el texto estructurado también es posible el procesamiento aritmético, incluido el procesamiento de valores absolutos, raíces cuadradas, logaritmos y funciones trigonométricas (SIN, COS y TAN). Un programa que resultaría difícil escribir en programación de diagramas de contacto, resulta fácil con texto estructurado.

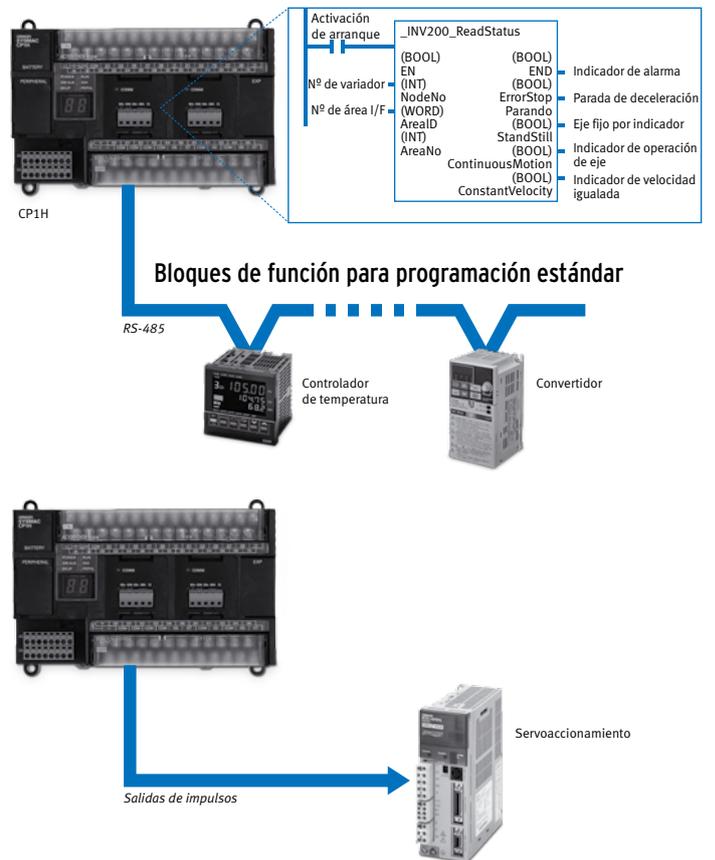


## La biblioteca de bloques de función proporciona programas de comunicaciones

Las bibliotecas de bloques de función de OMRON reducen considerablemente la cantidad de programación necesaria para establecer comunicación con los dispositivos de campo. Sólo hay que arrastrar y colocar un bloque de función probado previamente en el programa y establecer los parámetros. Estará en funcionamiento en sólo un minuto.

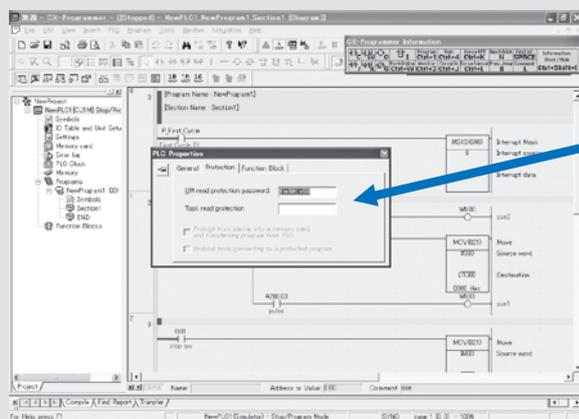
- **Biblioteca de bloques de función para salidas de impulsos.**

Se suministran bloques de función para las salidas de impulsos, lo que facilita la creación de programas de posicionamiento además de bloques de función de comunicaciones. Estos bloques de función reducirán el tiempo necesario para el desarrollo de programas para aplicaciones como, por ejemplo, el servosistema Smartstep de OMRON.



## Seguridad

### Protección con contraseña de ocho caracteres



Los programas se pueden proteger mediante la configuración de una contraseña desde CX-Programmer (con el PLC online).

Configuración de contraseña: Máximo de 8 caracteres alfanuméricos (A-Z, a-z, 0-9)

# One software, one connection, one minute



CX-One es un entorno de programación y configuración único que permite al usuario crear, configurar y programar redes, PLCs, terminales programables, sistemas Motion Control, controladores de temperatura y sensores. El resultado de un único software es la reducción de la complejidad de la configuración y la posibilidad de programar o configurar los sistemas de automatización sin necesidad de conocimientos expertos de los equipos.

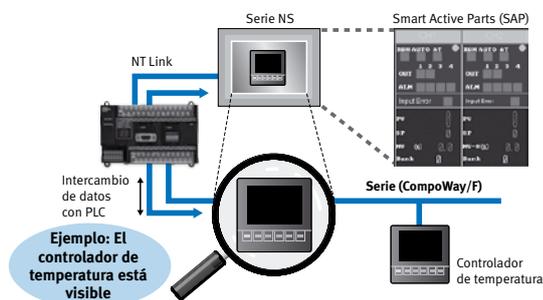
## • CX-Integrator

Los ajustes y las configuraciones de los dispositivos se pueden efectuar desde cualquier PLC de la red.



## • CX-Designer

CX-Designer se puede iniciar desde CX-Integrator. A CX-Designer se le pasan valores como la información de PLC y unidad, por lo que se puede empezar a desarrollar pantallas inmediatamente después de iniciarse CX-Designer.



### 1 Software de red

CX-Integrator (versión 1.10)  
CX-Protocol (versión 1.70)

### 2 Software de PLC

CX-Programmer (versión 6.10)  
CX-Simulator (versión 1.60)  
SwitchBox (versión 1.70)

### 3 Software de HMI

CX-Designer (versión 1.00)

### 4 Software de control de movimiento

CX-Motion (versión 2.20)  
CX-Motion-NCF (versión 1.30)  
CX-Motion-MCH (versión 1.00)  
CX-Position (versión 2.10)  
CX-Drive (versión 1.10)

### 5 Software de control de procesos mediante PLC

CX-Process Tool (versión 5.00)  
NS-series Face Plate Auto-Builder (versión 2.01)

### 6 Software de componentes

CX-Thermo (versión 2.01)

## • CX-Simulator

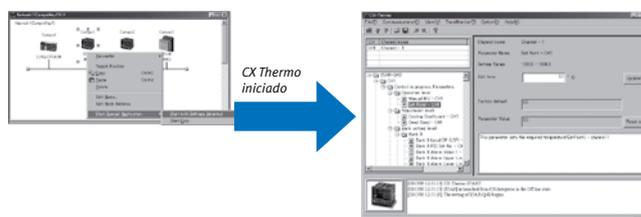
Las operaciones online de CPU, como la monitorización de programas, manipulación de memoria de E/S, monitorización de PV, bits de memoria de set/reset forzado, monitorización de diferencias, seguimiento de datos y edición online, se pueden ejecutar sin el PLC real.



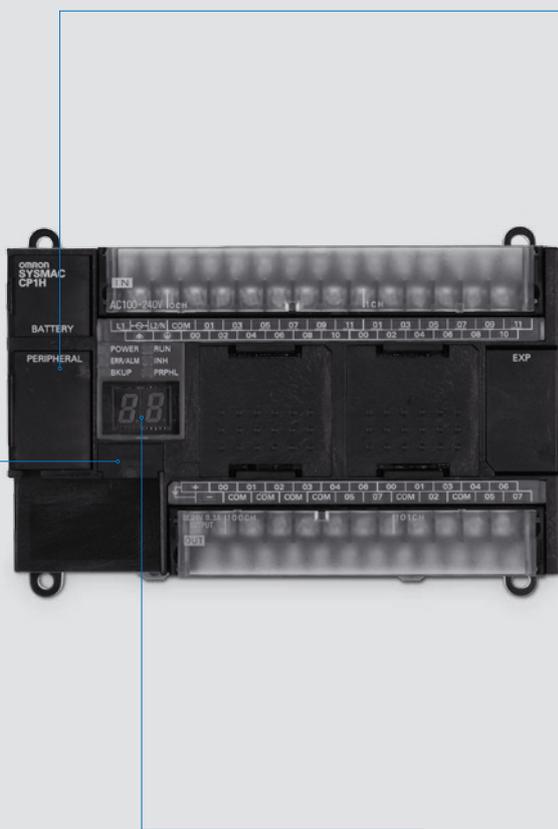
## • CX-Thermo

El software de programación para controladores de temperatura (CX-Thermo) se puede iniciar desde la red (CompoWay/F) de comunicaciones serie de CX-Integrator.

Los parámetros se pueden crear, editar y transferir al ordenador. El tiempo necesario para realizar los ajustes se puede reducir al configurar los mismos parámetros en varios dispositivos.



# Las útiles funciones incorporadas facilitan el mantenimiento



## 1 Entradas analógicas simplificadas

Se proporcionan un ajuste de control analógico y una entrada analógica.

### Ajuste analógico

El ajuste de control analógico tiene una resolución de 256 pasos. Al cambiar el valor, éste se muestra (en formato hexadecimal) durante tres segundos en el display de 7 segmentos.



### Entrada analógica

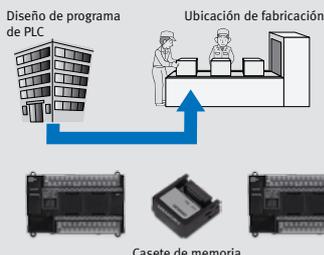
Esta entrada tiene una resolución de 256 pasos y se utiliza para una entrada analógica configurada de 0 a 10 V. Cada CPU CP1H tiene incorporado uno de estos conectores (la E/S analógica incorporada para las CPUs CP1H-XA es independiente). Se puede conectar un dispositivo, como un potenciómetro, para permitir la operación manual directa y el control desde un panel de control. La longitud máxima del cable es de 3 metros. La CPU incluye un cable de conexión (1 m).

## 2 Casete de memoria

- Los datos, como programas y valores de memoria iniciales, se pueden almacenar en un casete de memoria (opcional) y copiarse a otros sistemas.
- El casete de memoria también se puede utilizar al instalar nuevas versiones de los programas de aplicación.



Casete de memoria CP1W-ME05M



## 3 Display de estado de 7 segmentos

- El display de 7 segmentos proporciona dos dígitos de visualización.
- Además de mostrar los códigos de los errores que detecta el PLC, los códigos se pueden mostrar en el display desde el programa de diagrama de relés.
- El display de 7 segmentos también resulta útil para el mantenimiento, al permitir que los problemas que se producen durante la operación del sistema se intercepten sin software de programación.



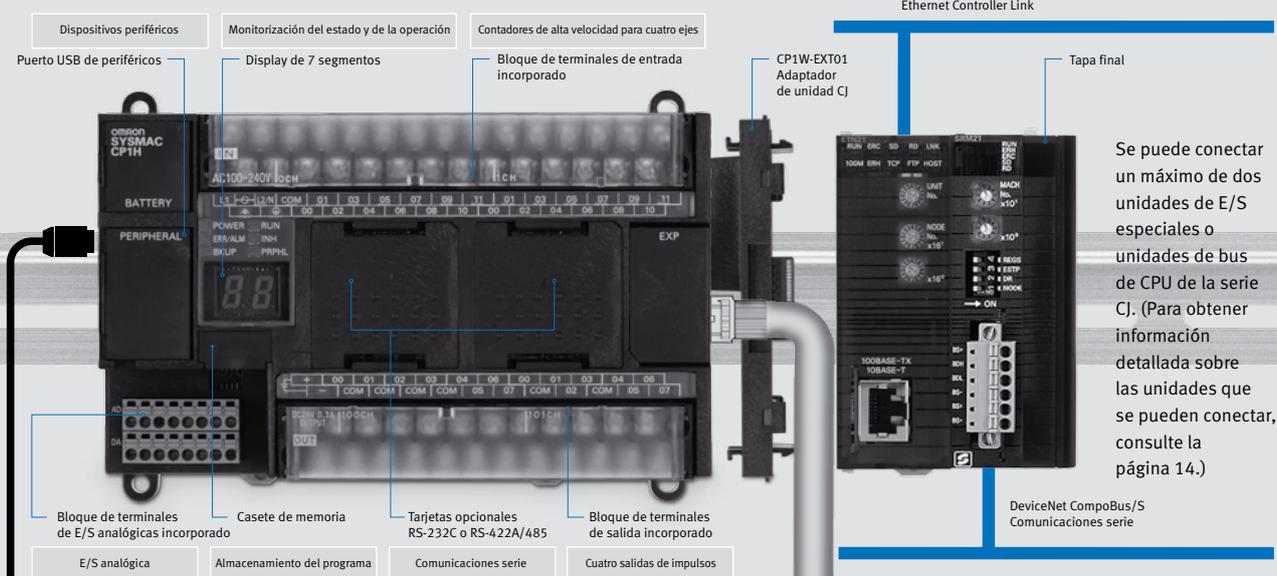
## 4 Funcionamiento sin baterías

- Los valores del área DM (32 Kcanales) se guardan en la memoria flash incorporada de la CPU como valores iniciales y se pueden leer al arrancar.
- El funcionamiento sin baterías también es posible al guardar los datos de producción y los parámetros de máquina en el área DM, desconectar la alimentación y, a continuación, volver a utilizar los mismos datos para el siguiente ciclo de producción.

# Unidades expansoras de E/S

Ampliación según se necesite

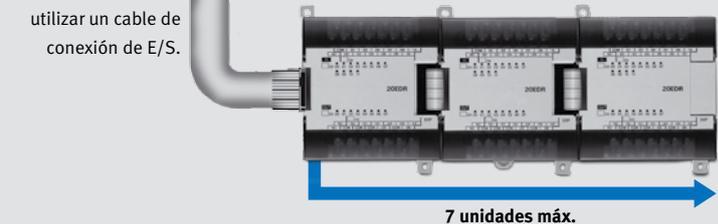
Se pueden conectar unidades de E/S especiales y unidades de bus de CPU de la serie CJ



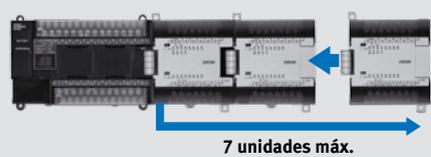
- E/S analógica (Sólo CPUs CP1H-XA)
- CP1W-ME05M Casete de memoria
- Se pueden utilizar las siguientes interfaces serie opcionales para dos puertos
  - CP1W-CIF01 RS-232C Tarjeta opcional
  - CP1W-CIF11 RS-422A/485 Tarjeta opcional

Emplee un cable de conexión de E/S CP1W-CN811 cuando utilice unidades expansoras CJ1 y CPM1A al mismo tiempo.

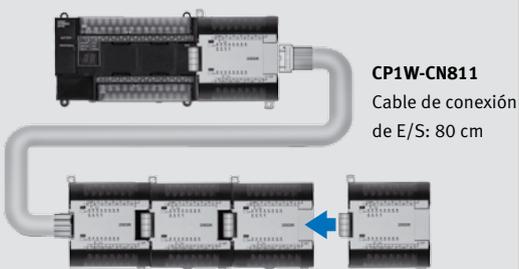
Sólo se puede utilizar un cable de conexión de E/S.



Se pueden obtener hasta 320 puntos de E/S mediante la conexión de siete unidades expansoras de E/S.

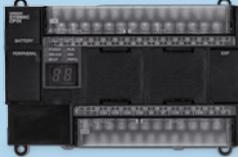


Se puede conectar un máximo de siete unidades expansoras de E/S CPM1A. Consulte en la página 15 las restricciones de unidades.



Las unidades expansoras de E/S también se pueden cablear debajo utilizando el cable de conexión de E/S CP1W-CN811.

# Descripción general de la CPU

CP1H-XA40D□-□ E/S analógica incorporada	CP1H-X40D□-□ Modelo básico	CP1H-Y20D□-□ Posicionamiento de alta velocidad (próximo lanzamiento)
 <p><b>CP1H-XA40DR-A</b> Fuente de alimentación de c.a., 24 entradas de c.c., 16 salidas relé, 4 entradas analógicas, 2 salidas analógicas</p>  <p><b>CP1H-XA40DT-D</b> Fuente de alimentación de c.c., 24 entradas de c.c., 16 salidas transistor (NPN), 4 entradas analógicas, 2 salidas analógicas</p> <p><b>CP1H-XA40DT1-D</b> Fuente de alimentación de c.c., 24 entradas de c.c., 16 salidas transistor (PNP), 4 entradas analógicas, 2 salidas analógicas</p>	 <p><b>CP1H-X40DR-A</b> Fuente de alimentación de c.a., 24 entradas de c.c., 16 salidas relé</p>  <p><b>CP1H-X40DT-D</b> Fuente de alimentación de c.c., 24 entradas de c.c., 16 salidas transistor (NPN)</p> <p><b>CP1H-X40DT1-D</b> Fuente de alimentación de c.c., 24 entradas de c.c., 16 salidas transistor (PNP)</p>	 <p><b>CP1H-Y20DT-D</b> Fuente de alimentación de c.c., 12 entradas de c.c., 8 salidas transistor (NPN)</p> <p>Se proporcionan de forma independiente dos entradas de controlador de línea de 1 MHz (fases A, B y Z) y dos salidas de controlador de línea de 1 MHz (derecha e izquierda).</p>

	CPUs CP1H-XA	CPUs CP1H-X	CPU CP1H-Y
Capacidad de E/S	24 entradas, 16 salidas		12 entradas, 8 salidas Entradas de controlador de línea: fases A, B y Z para 2 ejes Salidas de controlador de línea: derecha e izquierda para 2 ejes
Contador de alta velocidad	100 kHz (monofásico), 50 kHz (fase diferencial), 4 ejes		1 MHz (monofásico), 500 kHz (fase diferencial) para 2 ejes (entrada de controlador de línea), 100 kHz (monofásico), 50 kHz (fase diferencial) para 2 ejes (4 ejes en total)
Función de salida de impulsos (sólo modelos con salidas transistor)	100 kHz para 2 ejes y 30 kHz para 2 ejes (4 ejes en total)		1 MHz para 2 ejes (salida de controlador de línea), 30 kHz para 2 ejes (4 ejes en total)
Comunicaciones serie	Puerto USB (puerto de periféricos) y 2 puertos serie opcionales (tarjetas opcionales RS-232C ó RS-422A/485)		
E/S analógica	4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas	-	-
Entradas de interrupción y entradas de respuesta rápida (anchura de 50 ms mín.)	8 entradas		6 entradas
Capacidad del programa de usuario	20 Kpasos		
Capacidad de DM	32 Kcanales		
Número máximo de unidades expansoras de E/S CPM1A	7 (consulte en la página 16 las restricciones de unidades)		
Número máximo de unidades de la serie C	2 (sólo unidades de E/S especiales y unidades de bus de CPU de la serie C). Consulte la página 14 para obtener información sobre las unidades que se pueden utilizar.		

## • Opciones

 <p>CP1W-ME05M Casete de memoria</p>	 <p>CP1W-CIF01 Tarjeta opcional RS-232C</p>	 <p>CP1W-CIF11 RS-422A/485 Tarjeta opcional</p>
---	--	--

# Unidades expansoras de la serie CP

## • Unidades expansoras de E/S

### CPM1A-8ED

Puntos de entrada:  
8 entradas de c.c.



### CPM1A-8ER

Puntos de salida:  
8 salidas relé

### CPM1A-8ET

Puntos de salida: 8 salidas transistor (NPN)

### CPM1A-8ET1

Puntos de salida: 8 salidas transistor (PNP)

### CPM1A-20EDR1

Puntos de entrada:  
12 entradas de c.c.



Puntos de salida:  
8 salidas de relé

### CPM1A-20EDT

Puntos de entrada: 12 entradas de c.c.

Puntos de salida: 8 salidas transistor (NPN)

### CPM1A-20EDT1

Puntos de entrada: 12 entradas de c.c.

Puntos de salida: 8 salidas transistor (PNP)

### CPM1A-40EDR

Puntos de entrada:  
24 entradas de c.c.



Puntos de salida:  
16 salidas de relé

### CPM1A-40EDT

Puntos de entrada: 24 entradas de c.c.

Puntos de salida: 16 salidas transistor (NPN)

### CPM1A-40EDT1

Puntos de entrada: 24 entradas de c.c.

Puntos de salida: 16 salidas transistor (PNP)

## • Unidades analógicas



### Unidad de entrada analógica

#### CPM1A-AD041

Entradas analógicas: 4  
(resolución: 6.000)



### Unidad de salida analógica

#### CPM1A-DA041

Salidas analógicas: 4  
(resolución: 6.000)



### Unidad de E/S analógicas

#### CPM1A-MAD11

Entradas analógicas: 2 (resolución: 6,000)  
Salidas analógicas: 1 (resolución: 6,000)



### Unidad de E/S analógicas

#### CPM1A-MAD01

Entradas analógicas: 2 (resolución: 256)  
Salidas analógicas: 1 (resolución: 256)

## • Sensores de temperatura

### CPM1A-TS001

Entradas de termopar: 2

### CPM1A-TS002

Entradas de termopar: 4

### CPM1A-TS101

Entradas de termorresistencia de platino: 2

### CPM1A-TS102

Entradas de termorresistencia de platino: 4

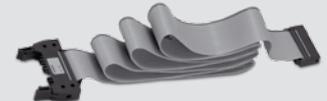
### CPM1A-TS101-DA

Entradas de termorresistencia de platino: 2

Salida analógica: 1  
(resolución: 256)



## • Cable de conexión de E/S



CP1W-CN811  
80 cm

## • Unidad I/O Link - CompoBus/S

### CPM1A-SRT21

Puntos de entrada: 8  
Puntos de salida: 8



## • Unidad I/O Link DeviceNet

### CPM1A-DRT21

Puntos de entrada: 32  
Puntos de salida: 32



## • Unidad I/O Link PROFIBUS-DP

### CPM1A-PRT21

Puntos de entrada: 16  
Puntos de salida: 16



## • Unidades de E/S especiales y unidades de bus de CPU de la serie CJ

Se pueden conectar dos unidades de E/S especiales o unidades de bus de CPU de la serie CJ mediante un adaptador de unidad CJ.

### Adaptador de unidad CJ

#### CP1W-EXT01



### Unidades de E/S especiales de la serie CJ

Unidad de entrada analógica

#### CJ1W-AD□□□□-V1

Unidad de salida analógica

#### CJ1W-DA□□□□

Unidad de E/S analógicas

#### CJ1W-MAD42

Unidad de entrada de proceso

#### CJ1W-PTS□□□

#### CJ1W-PDC15

Unidad de control de temperatura

#### CJ1W-TC□□□□

Unidad maestra CompoBus/S

#### CJ1W-SRM21

Unidad esclava PROFIBUS-DP

#### CJ1W-PRT21



### Unidades de bus de CPU de la serie CJ

Unidad Ethernet

#### CJ1W-ETN21

Unidad Controller Link

#### CJ1W-CLK21-V1

Unidad de comunicaciones serie

#### CJ1W-SCU□□□-V1

Unidad DeviceNet

#### CJ1W-DRM21

Unidad maestra PROFIBUS-DP

#### CJ1W-PRM21

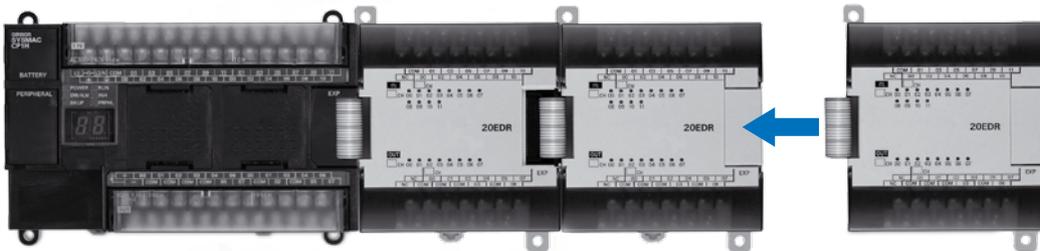
Unidad CAN

#### CJ1W-CORT21



# Configuración máxima

Se puede conectar un máximo de siete unidades expansoras de E/S CPM1A.



## • Grupo A

Tipo de unidad		Modelo
Unidades expansoras de E/S	40 puntos de E/S	CPM1A-40EDR CPM1A-40EDT CPM1A-40EDT1
	20 puntos de E/S	CPM1A-20EDR1 CPM1A-20EDT CPM1A-20EDT1
	8 entradas	CPM1A-8ED
	8 salidas	CPM1A-8ER CPM1A-8ET CPM1A-8ET1
	Unidad analógica	2 entradas analógicas, 1 salida analógica
Sensores de temperatura	2 entradas de termopar	CPM1A-TS001
	2 entradas de termorresistencia de platino	CPM1A-TS101
	2 entradas de termorresistencia de platino, 1 salida analógica	CPM1A-TS101-DA
Unidad I/O Link CompoBus/S	8 entradas, 8 salidas	CPM1A-SRT21
Unidad I/O Link DeviceNet	32 entradas, 32 salidas	CPM1A-DRT21
Unidad I/O Link PROFIBUS-DP	16 entradas, 16 salidas	CPM1A-PRT21

## • Grupo B Unidades que cada una cuenta como dos

Tipo de unidad		Modelo
Unidades analógicas	4 entradas analógicas	CPM1A-AD041
	4 salidas analógicas	CPM1A-DA041
Sensores de temperatura	4 entradas de termopar	CPM1A-TS002
	4 entradas de termorresistencia de platino	CPM1A-TS102

## • Unidades de E/S especiales y unidades de bus de CPU de la serie CJ

Se puede conectar un máximo de dos unidades de E/S especiales o unidades de bus de CPU de la serie CJ mediante un adaptador de unidad CJ CP1W-EXT01.

Unidades de E/S especiales de la serie CJ				Unidades de bus de CPU de la serie CJ	
Nombre de unidad	Modelo	Nombre de unidad	Modelo	Nombre de unidad	Modelo
Unidades de entrada analógica	CJ1W-AD081-V1	Unidades de entrada de proceso	CJ1W-PDC15	Unidades de Comunicaciones Serie	CJ1W-SCU41-V1
	CJ1W-AD041-V1	Unidades de control de temperatura	CJ1W-TC001		CJ1W-SCU21-V1
Unidades de salida analógica	CJ1W-DA08V		CJ1W-TC002	Unidad Ethernet	CJ1W-ETN21
	CJ1W-DA08C		CJ1W-TC003	Unidad DeviceNet	CJ1W-DRM21
	CJ1W-DA041		CJ1W-TC004	Unidad Controller Link	CJ1W-CLK21-V1
	CJ1W-DA021		CJ1W-TC101	Unidad maestra PROFIBUS-DP	CJ1W-PRM21
Unidad de E/S analógicas	CJ1W-MAD42		CJ1W-TC102	Unidad CAN	CJ1W-CORT21
Unidades de entrada de proceso	CJ1W-PTS51		CJ1W-TC103		
	CJ1W-PTS52		CJ1W-TC104		
	CJ1W-PTS15	Unidad maestra CompoBus/S	CJ1W-SRM21		
	CJ1W-PTS16	Unidad esclava PROFIBUS-DP	CJ1W-PRT21		

# Especificaciones

## • Especificación de la CPU

Elemento	Modelos de fuente de alimentación de c.a.: CP1H-□□□-A	Modelos de fuente de alimentación de c.c.: CP1H-□□□-D
Alimentación	100 a 240 Vc.a. a 50/60 Hz	24 Vc.c.
Rango de tensión de funcionamiento	85 a 264 Vc.a.	20,4 a 26,4 Vc.c. (21,6 a 26,4 Vc.c. con cuatro o más unidades expansoras)
Consumo	100 VA máximo	50 W máx.
Corriente de irrupción	Entradas de 100 a 120 Vc.a.: 20 A máx. 8 ms máx./entradas de 200 a 240 Vc.a.: 40 A máx. 8 ms máx.	30 A máx. 20 ms máx.
Fuente de alimentación externa	300 mA para 24 Vc.c.	Ninguna
Resistencia de aislamiento	20 MΩ mín. (a 500 Vc.c.) entre terminales de c.a. externa y de tierra (GR)	20 MΩ mín. (a 500 Vc.c.) entre terminales de c.c. externa y de tierra (GR)
Rígidez dieléctrica	2.300 Vc.a. 50/60 Hz durante 1 minuto entre los terminales de c.a. externos y de tierra (GR); corriente de fuga: 5 mA máx.	1.000 Vc.a. 50/60 Hz durante 1 minuto entre los terminales de c.c. externos y de tierra (GR); corriente de fuga: 5 mA máx.
Inmunidad al ruido	Conforme con IEC61000-4-4. 2 kV (línea de alimentación)	
Resistencia a vibraciones	10 a 57 Hz, 0,075 mm de amplitud, 57 a 150 Hz; aceleración: 9,8 m/s <sup>2</sup> durante 80 minutos en cada una de las direcciones X, Y y Z (tiempo de barrido: 8 minutos x 10 barridos = tiempo total 80 minutos)	
Resistencia a golpes	147 m/s <sup>2</sup> , tres veces en cada una de las direcciones X, Y y Z	
Temperatura ambiente de servicio	0 a 55°C	
Humedad ambiente	10% a 90% (sin condensación)	
Entorno de operación ambiental	Sin gas corrosivo	
Temperatura ambiente de almacenamiento	-20 a 75 °C (sin incluir la batería)	
Tiempo de retención de la alimentación	10 ms mín.	2 ms mín.
Dimensiones	150 x 90 x 85 mm (An. x Al. x F.)	
Peso	740 g máx. s	590 g máx.

Elemento	CPUs XA: CP1H-XA□□□-□	CPUs X: CP1H-X□□□-□	CPUs Y: CP1H-Y□□□-□
Método de control	Método de programa almacenado		
Método de control de E/S	Barrido cíclico y actualización inmediata		
Lenguaje de programación	Diagrama de relés		
Bloques de función	Número máximo de definiciones de bloques de función: 128 Número máximo de instancias: 256 Lenguajes que se pueden utilizar en definiciones de bloques de funciones: diagramas de relés, texto estructurado		
Longitud de instrucción	1 a 7 pasos por instrucción		
Instrucciones	Aprox. 400 (códigos de función: 3 dígitos)		
Tiempo de ejecución de instrucciones	Instrucciones básicas: 0,10 µs mín. Instrucciones especiales: 0,15 µs mín.		
Capacidad del programa	0,7 ms		
Número de tareas	20 Kpasos		
Número máximo de subrutinas	288 (32 tareas cíclicas y 256 tareas de interrupción) Tareas de interrupción programadas: 1 (tarea de interrupción nº 2, fija) Tareas de interrupción de entrada: 8 (tarea de interrupción nº 140 a 148, fijas), 6 para CPUs Y Tareas de interrupción de contador de alta velocidad: 256 (tarea de interrupción nº 0 a 255)		
Número máximo de saltos	256		
Número máximo de saltos	256		
Áreas de E/S	Bits de entrada	1.600 bits (100 canales): CIO 0.00 a CIO 99.15 (Las 24 entradas incorporadas están asignadas en CIO 0.00 a CIO 0.11 y CIO 1.00 a CIO 1.11.)	
	Bits de salida	1.600 bits (100 canales): CIO 100.00 a CIO 199.15 (Las 16 salidas incorporadas están asignadas en CIO 100.00 a CIO 100.07 y CIO 101.00 a CIO 101.07.)	
	Entradas analógicas incorporadas	CIO 200 a CIO 203	
	Salidas analógicas incorporadas	CIO 210 a CIO 211	
Área de PLC Link serie	1.440 bits (90 canales): CIO 3100.00 a CIO 3189.15 (CIO 3100 a CIO 3189)		
Bits de trabajo	8.192 bits (512 canales): W000.00 a W511.15 (W0 a W511) 37.504 bits (2.344 canales): CIO 3800.00 a CIO 6143.15 (CIO 3800 a CIO 6143)		
Área TR	16 bits: TR0 a TR15		
Área de retención	8.192 bits (512 canales): H0.00 a H511.15 (H0 a H511)		
Área AR	Sólo lectura (prohibida la escritura): 7168 bits (448 canales): A0.00 a A447.15 (A0 a A447) Lectura/escritura: 8192 bits (512 canales): A448.00 a A959.15 (A448 a A959)		
Temporizadores	4.096 bits: T0 a T4095		
Contadores	4.096 bits: C0 a C4095		
Área DM (ver nota)	32 Kcanales: D0 a D32767		
Área de registro de datos	16 registros (16 bits): DR0 a DR15		
Área de registros de índice	6 registros (16 bits): IR0 a IR15		
Área de indicador de tarea	32 indicadores (32 bits): TK0000 a TK0031		
Memoria de seguimiento	4.000 canales (500 muestras para datos de seguimiento, máximo de 31 bits y 6 canales)		
Casete de memoria	Se puede montar un casete de memoria especial (CP1W-ME05M). Nota: Se puede utilizar para copias de seguridad de programas y reinicio automático.		
Función de reloj	Compatible. Precisión (desviación mensual): -3,5 mín. a -0,5 mín. (temperatura ambiente: 55°C), -1,5 mín. a +1,5 mín. (temperatura ambiente: 25°C), -3 mín. a +1 mín. (temperatura ambiente: 0°C)		
Funciones de comunicaciones	Un puerto de periféricos incorporado (USB1.1): sólo para conexión de software de programación. Se puede montar un máximo de dos tarjetas opcionales de comunicaciones serie.		
Copia de seguridad de memoria	Memoria flash: los programas de usuario, parámetros (como la configuración del PLC), datos de comentarios y toda el área DM se pueden guardar en la memoria flash como valores iniciales. Batería de reserva: El área DM de lectura/escritura, el área DM y los valores de contador (indicadores, PV) se mantienen gracias a una batería de reserva.		
Vida útil de la batería	5 años a 25°C. (Utilice baterías de repuesto fabricadas hace menos de 2 años.)		
Terminales de entrada incorporados	40 (24 entradas, 16 salidas)	20 (12 entradas, 8 salidas) Entradas de controlador de línea: Dos ejes para las fases A, B y Z. Salidas de controlador de línea: dos ejes para derecha e izquierda.	
Número de unidades expansoras (E/S) conectables	Unidades expansoras de E/S CPM1A: 7 máx.; unidades de E/S especiales o unidades de bus de CPU de la serie C: 2 máx.		
Número máximo de puntos de E/S	320 (40 incorporada + 40 por unidad expansora (E/S) x 7 unidades)		300 (20 incorporadas + 40 por unidad expansora (E/S) x 7 unidades)
Entradas de interrupción	8 entradas (compartidas por las entradas de interrupción externa [modo contador] y las entradas de respuesta rápida.)		6 entradas (compartidas por las entradas de interrupción externa [modo contador] y las entradas de respuesta rápida.)
Modo de contador de entradas de interrupción	8 entradas (frecuencia de respuesta: 5 kHz máx. para todas las entradas de interrupción), 16 bits		6 entradas (frecuencia de respuesta: 5 kHz máx. para todas las entradas de interrupción), 16 bits
Entradas de respuesta rápida/interrupción	8 puntos (ancho de impulso de entrada mín.: 50 µs máx.)		6 puntos (ancho de impulso de entrada mín.: 50 µs máx.)
Interrupciones programadas	1		

Elemento	CPUs XA: CP1H-XA□□□□□□	CPUs X: CP1H-X□□□□□□	CPUs Y: CP1H-Y□□□□□□
Contadores de alta velocidad	4 entradas: Fase diferencial (4x), 50 kHz o Monofásico (impulso más dirección, adelante/atrás, incremento), Rango de valores: 32 bits, modo lineal o circular Interrupciones: comparación del valor objetivo o comparación del rango		2 entradas: fase diferencial (4x), 500 kHz o monofásico, 1 MHz y 2 entradas: Fase diferencial (4x), 50 kHz o monofásico (impulso más dirección, adelante/atrás, incremento), 100 kHz Rango de valores: 32 bits, modo lineal o circular Interrupciones: comparación del valor objetivo o comparación del rango
Salidas de impulsos (sólo modelos con salidas transistor)	Aceleración y deceleración trapezoidal o curva S (relación: 50% fijo) 2 salidas, 1 Hz a 100 kHz (CCW/CW o impulso más dirección) 2 salidas, 1 Hz a 30 kHz (CCW/CW o impulso más dirección) Salidas PWM: relación: 0,0% a 100,0% (unidad: 0,1%) 2 salidas, 0,1 a 1 kHz (precisión: ±5% a 1 kHz)		Aceleración y deceleración trapezoidal o curva S (relación: 50% fijo) 2 salidas, 1 Hz a 1 MHz (CCW/CW o impulso más dirección) 2 salidas, 1 Hz a 30 kHz (CCW/CW o impulso más dirección) Salidas PWM: relación: 0,0% a 100,0% (unidad: 0,1%) 2 salidas, 0,1 a 1 kHz (precisión: ±5% a 1 kHz)
Terminales de E/S analógicas incorporados	4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas (Consulte las especificaciones detalladas en documento aparte.)	Ninguno	
Control analógico	1 (rango de selección: 0 a 255)		
Entrada analógica externa	1 entrada (resolución: 1/256, rango de entrada: 0 a 10 V)		

## • Especificaciones de las comunicaciones serie

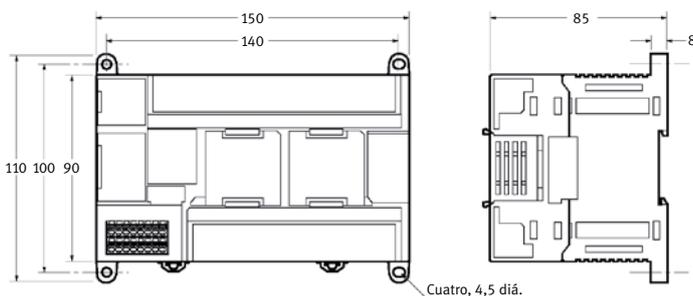
Elemento	Función	Interfaz
Puerto USB de periféricos	Para conexión de dispositivo periférico.	Conforme con USB 1.1, conector de tipo B
Puerto serie 1	Host Link, sin protocolo, NT Link (1: N), PLC Link serie (ver nota), Puerta de enlace serie (maestro CompoWay/F, maestro Modbus-RTU), Función de maestro sencillo Modbus-RTU	La tarjeta opcional RS-232C CP1W-CIF01  o la tarjeta opcional RS-422A/485 CP1W-CIF11 
Puerto serie 2	Host Link, sin protocolo, NT Link (1: N), PLC Link serie (ver nota), Puerta de enlace serie (maestro CompoWay/F, maestro Modbus-RTU), Función de maestro sencillo Modbus-RTU	se pueden utilizar en cualquier puerto.

Nota: se puede utilizar PLC Link serie con cualquier puerto serie 1 ó 2.

## • Especificaciones de E/S analógicas (sólo CPUs CP1H-XA)

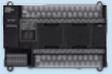
Elemento	E/S de tensión	E/S de corriente
Sección de entrada analógica	Número de entradas analógicas	4
	Rango de señal de entrada	0 a 5 V, 1 a 5 V, 0 a 10 V ó -10 a 10 V
	Entrada nominal máx.	±15 V
	Impedancia de entrada externa	1 MΩ mín.
	Resolución	1/6.000 ó 1/12.000 (escala total)
	Precisión total	25°C: ±0,3% escala total/0 a 55°C: ±0,6% escala total
	Datos de conversión A/D	Escala total para -10 a 10 V: F448 (E890) a 0BB8 (1770) hexadecimal Escala total para otros rangos: 0000 a 1770 (2EE0) hexadecimal
	Cálculo de media	Compatible (se selecciona para entradas individuales en la configuración del PLC)
Detección de circuito abierto	Compatible (valor durante desconexión: 8000 hexadecimal)	
Sección de salida analógica	Número de salidas	2 salidas
	Rango de señal de salida	0 a 5 V, 1 a 5 V, 0 a 10 V ó -10 a 10 V
	Resistencia de carga en salida externa admisible	1 kΩ mín.
	Impedancia de salida externa	0,5 máx.
	Resolución	1/6.000 ó 1/12.000 (escala total)
	Precisión total	25°C: ±0,4% escala total/0 a 55°C: ±0,8% escala total
Datos de conversión D/A	Escala total para -10 a 10 V: F448 (E890) a 0BB8 (1770) hexadecimal Escala total para otros rangos: 0000 a 1770 (2EE0) hexadecimal	
Tiempo de conversión	1 ms/punto	
Método de aislamiento	Aislamiento de fotoacoplador entre los terminales de E/S analógicas y los circuitos internos. Sin aislamiento entre señales de E/S analógicas.	

## • Dimensiones de las CPUs CP1H



# Tabla de selección

## • CPUs

CPU	Especificaciones				Modelo	Normas
	Alimentación	Método de salida	Entradas	Salidas		
CPUs CP1H-X Capacidad de memoria: 20 Kpasos Contadores de alta velocidad: 100 kHz, 4 ejes Salidas de impulsos: 100 kHz, 2 ejes 30 kHz, 2 ejes 	c.a.	Relé	24	16	CP1H-XA0DR-A	CE, N
	c.c.	Transistor (NPN)			CP1H-XA0DT-D	CE, N
		Transistor (PNP)			CP1H-XA0DT1-D	CE, N
CPUs CP1H-XA Capacidad de memoria: 20 Kpasos Contadores de alta velocidad: 100 kHz, 4 ejes Salidas de impulsos: 100 Hz, 2 ejes 30 kHz, 2 ejes Entradas analógicas: 4 Salidas analógicas: 2 	c.a.	Relé	24	16	CP1H-XA40DR-A	CE, N
	c.c.	Transistor (NPN)			CP1H-XA40DT-D	CE, N
		Transistor (PNP)			CP1H-XA40DT1-D	CE, N
CPUs CP1H-Y Capacidad de memoria: 20 Kpasos Contadores de alta velocidad: 1 MHz, 2 ejes 100 kHz, 2 ejes Salidas de impulsos: 1 MHz, 2 ejes 30 kHz, 2 ejes 	c.c.	Transistor (NPN)	12 + entrada de controlador de línea, 2 ejes	8 + entrada de controlador de línea, 2 ejes	CP1H-Y20DT-D (próximo lanzamiento)	-

## • Opciones (para CPUs)

Nombre	Especificaciones	Modelo	Normas
Tarjeta opcional RS-232C	Para puerto opcional de CPU.	CP1W-CIF01	CE, N
Tarjeta opcional RS-422A/485	Para puerto opcional de CPU.	CP1W-CIF11	CE, N
Casete de memoria	Se puede utilizar para copia de seguridad de programas o reinicio automático.	CP1W-ME05M	CE, N

## • Productos de mantenimiento

Nombre	Especificaciones	Modelo	Normas
Juego de baterías	Para las CPUs C1H (utilice sólo baterías fabricadas hace menos de 2 años)	C1W-BAT01	CE
Carril DIN  Tope final	Longitud: 0,5 cm; altura: 7,3 mm	PPF-50N	
	Longitud: 1 cm; altura: 7,3 mm	PPF-100N	
	Longitud: 1 cm; altura: 16 mm	PPF-100N2	
	Las CPUs y las unidades de interfaz de E/S incluyen de serie 2 topes como accesorios para fijar las unidades al carril DIN.	PPF-M	

## • Cable de conexión de E/S

Nombre	Especificaciones	Modelo	Normas
Cable de conexión de E/S	80 cm (para unidades expansoras CPM1A)	CP1W-CN811	CE, N

## • Dispositivos de programación

Nombre	Especificaciones	Modelo	Normas	
CX-One Paquete de herramientas integradas FA	CX-One es un paquete que integra el software de programación para los PLCs y componentes de OMRON. CX-One se ejecuta en los sistemas operativos siguientes. Sistema operativo: Windows 98SE, Me, NT 4.0 (Service Pack 6a), 2000 (Service Pack 3 o posterior) o XP CX-One incluye CX-Programmer versión 6.□ y CX-Simulator versión 1.□. Para obtener detalles, consulte el catálogo CX-One (nº cat. R134). Para puerto opcional de CPU. Se puede utilizar para copia de seguridad de programas o reinicio automático.	Una licencia	CXONE-AL01C-E	-
		Tres licencias	CXONE-AL03C-E	-
		Diez licencias	CXONE-AL10C-E	-
Cable de conexión de ordenador para CP1W-CIF01 RS-232C Tarjeta opcional (ver nota)  Cable de conversión USB-serie (Ver nota.)	Sub D de 9 pines (longitud: 2,0 m) Sub D de 9 pines (longitud: 5,0 m) Sub D de 9 pines (longitud: 2,0 m) Sub D de 9 pines (longitud: 5,0 m) Cable de conversión USB-RS-232C (longitud: 0,5 m) y PC cumple con la especificación 1.1 de USB En el ordenador personal: USB (conector macho) En el PLC: RS-232C (Sub D, 9 pines, macho) Controlador: Compatible con Windows 98, Me, 2000 y XP	Para conectores antiestáticos	XW2Z-2005-CV	-
			XW2Z-5005-CV	-
			XW2Z-2005-V	-
			XW2Z-5005-V	-
			CS1W-CIF31	-

Nota: No se puede utilizar con un puerto USB de periféricos. Para la conexión con un ordenador personal a través de un puerto USB de periféricos, utilice un cable USB de tipo comercial (tipo A a B, macho).

## • Documentación técnica

Nombre	Normas
Manual de operación de la CPU CP1H	W450-E1
Manual de programación de la CPU CP1H	W451-E1

## • Unidades expansoras

Nombre	Método de salida	Entradas	Salidas	Modelo	Normas
Unidades expansoras de E/S	Relé	24	16	CPM1A-40EDR	CE, N
	Transistor (NPN)			CPM1A-40EDT	CE, N
	Salida transistor (PNP)			CPM1A-40EDT1	CE, N
	Relé	12	8	CPM1A-20EDR1	U, C, CE
	Transistor (NPN)			CPM1A-20EDT	U, C, N, CE
	Salida transistor (PNP)			CPM1A-20EDT1	U, C, N, CE
	-	8	-	CPM1A-8ED	U, C, N, CE
	Relé	-	8	CPM1A-8ER	U, C, N, CE
	Transistor (NPN)	-	8	CPM1A-8ET	U, C, N, CE
Salida transistor (PNP)	-	8	CPM1A-8ET1	U, C, N, CE	
Unidad de entrada analógica	Analógica (resolución: 1/6000)	4	-	CPM1A-AD041	U, C, N, CE
Unidad de salida analógica	Analógica (resolución: 1/6000)	-	4	CPM1A-DA041	UC1, CE
Unidades de E/S analógicas	Analógica (resolución: 1/256)	2	1	CPM1A-MAD01	UC1, CE
	Analógica (resolución: 1/6000)	2	1	CPM1A-MAD11	U, C, N, CE
Unidad I/O Link DeviceNet	-	32 (bits I/O link)	32 (bits I/O link)	CPM1A-DRT21	U, C, CE
Unidad I/O Link CompoBus/S	-	8 (bits I/O Link)	8 (bits I/O Link)	CPM1A-SRT21	U, C, N, CE
Unidad I/O Link PROFIBUS-DP	-	16 (bits I/O Link)	16 (bits I/O Link)	CPM1A-PRT21	CE
Sensores de temperatura	2 entradas de termopar			CPM1A-TS001	U, C, N, CE
	4 entradas de termopar			CPM1A-TS002	U, C, N, CE
	2 entradas de termorresistencia de platino			CPM1A-TS101	U, C, N, CE
	4 entradas de termorresistencia de platino			CPM1A-TS102	U, C, N, CE
	2 entradas de termorresistencia de platino, 1 salida analógica (resolución: 256)			CPM1A-TS101-DA	U, C, L, CE

## • Unidades de E/S especiales y unidades de bus de CPU de la serie CJ

Categoría	Nombre	Especificaciones	Modelo	Normas	
Opciones de CPU CP1H	Adaptador de unidad CJ	Adaptador para conectar unidades de E/S especiales y unidades de bus de CPU de la serie CJ (incluye tapa final de la serie CJ)	CP1W-EXT01	UC1, CE, N, L	
Unidades de E/S especiales de la serie CJ	Unidades de entrada analógica	8 entradas (1 a 5 V, 0 a 5 V, 0 a 10 V, -10 a 10 V, 4 a 20 mA) Resolución: 1/8.000; velocidad de conversión: 250 µs/entrada máx. (se puede configurar en resolución de 1/4.000 y 1 ms/entrada)	CJ1W-AD081-V1	UC1, CE, N	
		4 entradas (1 a 5 V, 0 a 5 V, 0 a 10 V, -10 a 10 V, 4 a 20 mA) Resolución: 1/8.000; velocidad de conversión: 250 µs/entrada máx. (se puede configurar en resolución de 1/4.000 y 1 ms/entrada)	CJ1W-AD041-V1		
	Unidades de salida analógica	8 salidas (1 a 5 V, 0 a 5 V, 0 a 10 V, -10 a 10 V) Resolución: 1/4.000; velocidad de conversión: 1 ms/salida máx. (se puede configurar en 1/8000, 250 µs/salida)	CJ1W-DA08V		
		8 salidas (4 a 20 mA) Resolución: 1/4.000; velocidad de conversión: 1 ms/salida máx. (se puede configurar en 1/8.000, 250 µs/salida)	CJ1W-DA08C		
	Unidades de E/S analógicas	4 salidas (1 a 5 V, 0 a 5 V, 0 a 10 V, -10 a 10 V, 4 a 20 mA) Resolución: 1/4.000; velocidad de conversión: 1 ms/punto máx.	CJ1W-DA041		UC1, CE, N, L
		2 salidas (1 a 5 V, 0 a 5 V, 0 a 10 V, -10 a 10 V, 4 a 20 mA) Resolución: 1/4.000; velocidad de conversión: 1 ms/salida máx.	CJ1W-DA021		
	Unidad de E/S analógicas	4 entradas, 2 salidas (1 a 5 V, 0 a 5 V, 0 a 10 V, -10 a 10 V, 4 a 20 mA) Resolución: 1/4000; velocidad de conversión: 1 ms/punto máx. (se puede configurar en 1/8.000, 250 µs/punto)	CJ1W-MAD42		
		Unidades de entrada de proceso	4 entradas, B, J, K, L, R, S, T; velocidad de conversión: 250 ms/4 entradas	CJ1W-PTS51	UC1, CE
	4 entradas, Pt100 Ω (JIS, IEC), JPt100 Ω, velocidad de conversión: 250 ms/4 entradas		CJ1W-PTS52		
	2 entradas, B, E, J, K, L, N, R, S, T, U, W, ReS-26, PL ±100 mV. Resolución: 1/64.000; velocidad de conversión: 10 ms/2 entradas		CJ1W-PTS15		
	2 entradas, Pt100, JPt100, Pt50, Ni508.4; Resolución: 1/64.000; velocidad de conversión: 10 ms/2 entradas		CJ1W-PTS16		
	Unidades de control de temperatura	2 entradas, 0 a 1,25 V, -1,25 a 1,25 V, 0 a 5 V, 1 a 5 V, -5 a 5 V, 0 a 10 V, -10 a 10V, ±10-V rango seleccionable, 0 a 20 mA, 4 a 20 mA	CJ1W-PDC15		
4 lazos, entrada de termopar, salida NPN		CJ1W-TC001	UC1, CE, N, L		
4 lazos, entrada de termopar, salida PNP		CJ1W-TC002			
2 lazos, entrada de termopar, salida NPN, función de detección de rotura de calentador		CJ1W-TC003			
2 lazos, entrada de termopar, salida PNP, función de detección de rotura de calentador		CJ1W-TC004			
4 lazos, entrada de termo-resistencia de platino, salida NPN		CJ1W-TC101			
4 lazos, entrada de termo-resistencia de platino, salida PNP		CJ1W-TC102			
22 lazos, entrada de termómetro de resistencia de platino, salida NPN, función de detección de rotura de calentador		CJ1W-TC103			
2 lazos, entrada de termómetro de resistencia de platino, salida PNP, función de detección de rotura de calentador	CJ1W-TC104				
Unidad maestra CompoBus/S	E/S remotas de CompoBus/S, 256 puntos máx.	CJ1W-SRM21			
Unidad esclava PROFIBUS-DP	Intercambia un máximo de 180 canales en cualquier área de memoria con una unidad maestra PROFIBUS-DP	CJ1W-PRT21	UC, CE		
Unidades de bus de CPU de la serie CJ	Unidades Controller Link	Con cable (cable de par trenzado protegido)	CJ1W-CLK21-V1	UC1, CE, N, L	
	Unidades de Comunicaciones Serie	1 puerto RS-232C y 1 puerto RS-422A/485	CJ1W-SCU41-V1		
		2 puertos RS-232C	CJ1W-SCU21-V1		
	Unidad Ethernet	100Base-TX	CJ1W-ETN21		
	Unidad DeviceNet	Funciona como maestro y/o esclavo; permite controlar un máximo de 32.000 puntos por unidad maestra.	CJ1W-DRM21		
	Unidad maestra PROFIBUS-DP	Controla un máximo de 7000 canales de datos de E/S remotas a través de PROFIBUS-DP	CJ1W-PRM21		UC, CE
Unidad CAN	Puede enviar y/o recibir cualquier mensaje CAN	CJ1W-CORT21	CE		



**PROYECTO DE GRADO - BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**ANEXO E.**

**Información Técnica de los encoders adquiridos por la  
Industria Militar (INDUMIL)**

# E6B2-C

## General-purpose Encoder with External Diameter of 40 mm

- Incremental model
- External diameter of 40 mm.
- Resolution of up to 2,000 ppr.



 Be sure to read *Safety Precautions* on page 4.

## Ordering Information

**Encoders** [Refer to *Dimensions* on page 4.]

Power supply voltage	Output configuration	Resolution (pulses/rotation)	Model
5 to 24 VDC	NPN open-collector output	10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 300, 360, 400, 500, 600	<b>E6B2-CWZ6C (resolution) 0.5M</b> Example: E6B2-CWZ6C 10P/R 0.5M
		720, 800, 1,000, 1,024	
		1,200, 1,500, 1,800, 2,000	
12 to 24 VDC	PNP open-collector output	100, 200, 360, 500, 600	<b>E6B2-CWZ5B (resolution) 0.5M</b> Example: E6B2-CWZ5B 100P/R 0.5M
		1,000	
		2,000	
5 to 12 VDC	Voltage output	10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 300, 360, 400, 500, 600	<b>E6B2-CWZ3E (resolution) 0.5M</b> Example: E6B2-CWZ3E 10P/R 0.5M
		1,000	
		1,200, 1,500, 1,800, 2,000	
5 VDC	Line-driver output	10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 300, 360, 400, 500, 600	<b>E6B2-CWZ1X (resolution) 0.5M</b> Example: E6B2-CWZ1X 10P/R 0.5M
		1,000, 1,024	
		1,200, 1,500, 1,800, 2,000	

**Accessories (Order Separately)** [Refer to *Dimensions* on *Rotary Encoder Accessories*.]

Name	Model	Remarks
Couplings	<b>E69-C06B</b>	Provided with the product.
	<b>E69-C68B</b>	Different end diameter
	<b>E69-C610B</b>	Different end diameter
	<b>E69-C06M</b>	Metal construction
Flanges	<b>E69-FBA</b>	---
	<b>E69-FBA02</b>	E69-2 Servo Mounting Bracket provided.
Servo Mounting Bracket	<b>E69-2</b>	---

Refer to *Accessories* for details.

## Ratings and Specifications

Item	Model	E6B2-CWZ6C	E6B2-CWZ5B	E6B2-CWZ3E	E6B2-CWZ1X
<b>Power supply voltage</b>		5 VDC -5% to 24 VDC +15%, ripple (p-p): 5% max.	12 VDC -10% to 24 VDC +15%, ripple (p-p): 5% max.	5 VDC -5% to 12 VDC +10%, ripple (p-p): 5% max.	5 VDC ±5%, ripple (p-p): 5% max.
<b>Current consumption *1</b>		80 mA max.	100 mA max.		160 mA max.
<b>Resolution (pulses/rotation)</b>		10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 300, 360, 400, 500, 600, 720, 800, 1,000, 1,024, 1,200, 1,500, 1,800, 2,000	100, 200, 360, 500, 600, 1,000, 2,000	10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 300, 360, 400, 500, 600, 1,000, 1,200, 1,500, 1,800, 2,000	10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 300, 360, 400, 500, 600, 1,000, 1,024, 1,200, 1,500, 1,800, 2,000
<b>Output phases</b>		Phases A, B, and Z			Phases A, $\bar{A}$ , B, $\bar{B}$ , Z, and $\bar{Z}$
<b>Phase difference between outputs</b>		90°±45° between A and B (1/4 T ± 1/8 T)			
<b>Output configuration</b>		NPN open-collector output	PNP open-collector output	Voltage output (NPN output)	Line driver output *2
<b>Output capacity</b>		Applied voltage: 30 VDC max. Sink current: 35 mA max. Residual voltage: 0.4 V max. (at sink current of 35 mA)	Applied voltage: 30 VDC max. Source current: 35 mA max. Residual voltage: 0.4 V max. (at source current of 35 mA)	Output resistance: 2 kΩ Sink current: 20 mA max. Residual voltage: 0.4 V max. (at sink current of 20 mA)	AM26LS31 equivalent Output current High level: $I_o = -20$ mA Low level: $I_s = 20$ mA Output voltage: $V_o = 2.5$ V min. $V_s = 0.5$ V max.
<b>Maximum response frequency *3</b>		100 kHz	50 kHz	100 kHz	
<b>Rise and fall times of output</b>		1 μs max. (Control output voltage: 5 V, Load resistance: 1 kΩ, Cable length: 2 m max.)	1 μs max. (Cable length: 2 m max., Sink current: 10 mA)		0.1 μs max. (Cable length: 2 m max., $I_o = -20$ mA, $I_s = 20$ mA)
<b>Starting torque</b>		0.98 mN·m max.			
<b>Moment of inertia</b>		1×10 <sup>-6</sup> kg·m <sup>2</sup> max.; 3 × 10 <sup>-7</sup> kg·m <sup>2</sup> max. at 600 P/R max.			
<b>Shaft loading</b>	<b>Radial</b>	30 N			
	<b>Thrust</b>	20 N			
<b>Maximum permissible speed</b>		6,000 r/min			
<b>Protection circuits</b>		Power supply reverse polarity protection, Load short-circuit protection			---
<b>Ambient temperature range</b>		Operating: -10 to 70°C (with no icing), Storage: -25 to 85°C (with no icing)			
<b>Ambient humidity range</b>		Operating/Storage: 35% to 85% (with no condensation)			
<b>Insulation resistance</b>		20 MΩ min. (at 500 VDC) between current-carrying parts and case			
<b>Dielectric strength</b>		500 VAC, 50/60 Hz for 1 min between current-carrying parts and case			
<b>Vibration resistance</b>		Destruction: 10 to 500 Hz, 150 m/s <sup>2</sup> or 2-mm double amplitude for 11 min 3 times each in X, Y, and Z directions			
<b>Shock resistance</b>		Destruction: 1,000m/s <sup>2</sup> 3 times each in X, Y, and Z directions			
<b>Degree of protection</b>		IEC 60529 IP50			
<b>Connection method</b>		Pre-wired Models (Standard cable length: 500 mm)			
<b>Materials</b>		Case: ABS, Main unit: Aluminum, Shaft: SUS420J2			
<b>Weight (packed state)</b>		Approx. 100 g			
<b>Accessories</b>		Coupling, Hexagonal wrench, Instruction manual			

\*1. An inrush current of approximately 9 A will flow for approximately 0.3 ms when the power is turned ON.

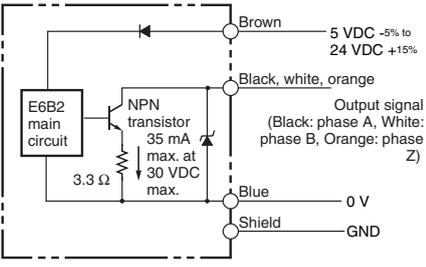
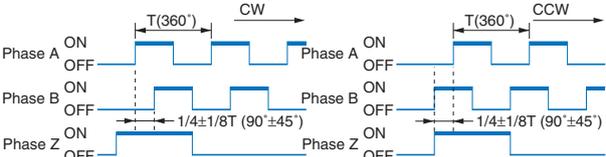
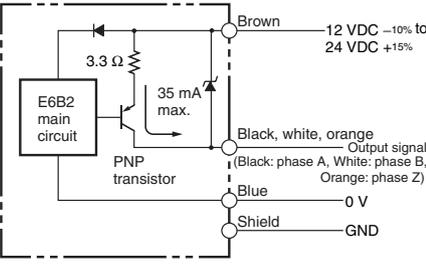
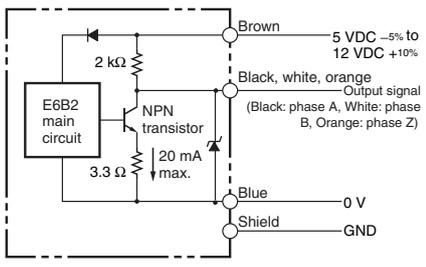
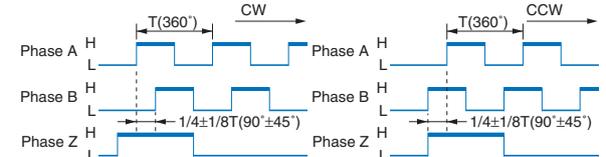
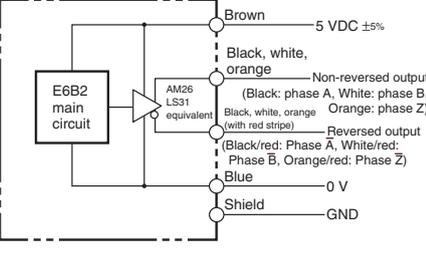
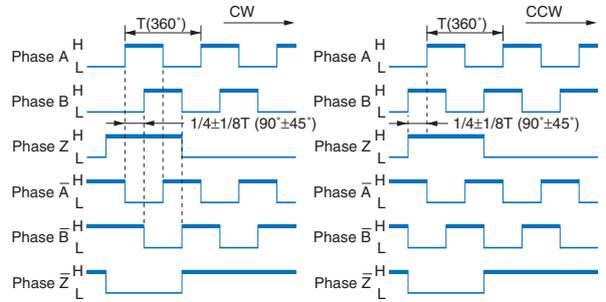
\*2. The line driver output is a data transmission circuit compatible with RS-422A and long-distance transmission is possible with a twisted-pair cable. The quality is equivalent to AM26LS31.

\*3. The maximum electrical response speed is determined by the resolution and maximum response frequency as follows:

$$\text{Maximum electrical response speed (rpm)} = \frac{\text{Maximum response frequency}}{\text{Resolution}} \times 60$$

This means that the E6B2-C Rotary Encoder will not operate electrically if its speed exceeds the maximum electrical response speed.

## I/O Circuit Diagrams

Model/Output Circuits	Output mode	Connection																		
<p><b>E6B2-CWZ6C</b></p>  <p>5 VDC <math>-5\%</math> to <math>24</math> VDC <math>+15\%</math></p> <p>Black, white, orange Output signal (Black: phase A, White: phase B, Orange: phase Z)</p> <p>Blue 0 V</p> <p>Shield GND</p>	<p><b>E6B2-CWZ6C NPN Open-collector Output Model</b> <b>E6B2-CWZ5B PNP Open-collector Output Model</b></p> <p>Direction of rotation: CW (as viewed from end of shaft)      Direction of rotation: CCW (as viewed from end of shaft)</p>  <p>Phase A ON OFF      Phase A ON OFF Phase B OFF ON      Phase B OFF ON Phase Z ON OFF      Phase Z ON OFF</p> <p>Note: Phase A is <math>1/4 T \pm 1/8 T</math> faster than phase B. The ONs in the above timing chart mean that the output transistor is ON and the OFFs mean that the output transistor is OFF.</p> <p>Note: Phase A is <math>1/4 T \pm 1/8 T</math> slower than phase B.</p>																			
<p><b>E6B2-CWZ5B</b></p>  <p>12 VDC <math>-10\%</math> to <math>24</math> VDC <math>+15\%</math></p> <p>Black, white, orange Output signal (Black: phase A, White: phase B, Orange: phase Z)</p> <p>Blue 0 V</p> <p>Shield GND</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color</th> <th>Terminal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Brown</td> <td>Power supply (+Vcc)</td> </tr> <tr> <td>Black</td> <td>Output phase A</td> </tr> <tr> <td>White</td> <td>Output phase B</td> </tr> <tr> <td>Orange</td> <td>Output phase Z</td> </tr> <tr> <td>Blue</td> <td>0 V (common)</td> </tr> </tbody> </table>	Color	Terminal	Brown	Power supply (+Vcc)	Black	Output phase A	White	Output phase B	Orange	Output phase Z	Blue	0 V (common)						
Color	Terminal																			
Brown	Power supply (+Vcc)																			
Black	Output phase A																			
White	Output phase B																			
Orange	Output phase Z																			
Blue	0 V (common)																			
<p><b>E6B2-CWZ3E</b></p>  <p>5 VDC <math>-5\%</math> to <math>12</math> VDC <math>+10\%</math></p> <p>Black, white, orange Output signal (Black: phase A, White: phase B, Orange: phase Z)</p> <p>Blue 0 V</p> <p>Shield GND</p>	<p><b>E6B2-CWZ3E Voltage Output Model</b></p> <p>Direction of rotation: CW (as viewed from end of shaft)      Direction of rotation: CCW (as viewed from end of shaft)</p>  <p>Phase A H L      Phase A H L Phase B L H      Phase B L H Phase Z H L      Phase Z H L</p> <p>Note: Phase A is <math>1/4 T \pm 1/8 T</math> faster than phase B.</p> <p>Note: Phase A is <math>1/4 T \pm 1/8 T</math> slower than phase B.</p>																			
<p><b>E6B2-CWZ1X</b></p>  <p>5 VDC <math>\pm 5\%</math></p> <p>Black, white, orange Non-reversed output (Black: phase A, White: phase B, Orange: phase Z)</p> <p>Black/red stripes Reversed output (Black/red: Phase A, White/red: Phase B, Orange/red: Phase Z)</p> <p>Blue 0 V</p> <p>Shield GND</p>	<p><b>E6B2-CWZ1X Line Driver Output Model</b></p> <p>Direction of rotation: CW (as viewed from end of shaft)      Direction of rotation: CCW (as viewed from end of shaft)</p>  <p>Phase A H L      Phase A H L Phase B L H      Phase B L H Phase Z H L      Phase Z H L</p> <p>Note: Receiver: AM26LS32 equivalent</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color</th> <th>Terminal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Brown</td> <td>Power supply (+Vcc)</td> </tr> <tr> <td>Black</td> <td>Output phase A</td> </tr> <tr> <td>Black/red stripes</td> <td>Output phase A</td> </tr> <tr> <td>White</td> <td>Output phase B</td> </tr> <tr> <td>White/red stripes</td> <td>Output phase B</td> </tr> <tr> <td>Orange</td> <td>Output phase Z</td> </tr> <tr> <td>Orange/red stripes</td> <td>Output phase Z</td> </tr> <tr> <td>Blue</td> <td>0 V (common)</td> </tr> </tbody> </table>	Color	Terminal	Brown	Power supply (+Vcc)	Black	Output phase A	Black/red stripes	Output phase A	White	Output phase B	White/red stripes	Output phase B	Orange	Output phase Z	Orange/red stripes	Output phase Z	Blue	0 V (common)
Color	Terminal																			
Brown	Power supply (+Vcc)																			
Black	Output phase A																			
Black/red stripes	Output phase A																			
White	Output phase B																			
White/red stripes	Output phase B																			
Orange	Output phase Z																			
Orange/red stripes	Output phase Z																			
Blue	0 V (common)																			

- Note: 1. The shielded cable outer core (shield) is not connected to the inner area or to the case.  
2. The phase A, phase B, and phase Z circuits are all identical.  
3. Normally, connect GND to 0 V or to an external ground.

## Safety Precautions

Refer to *Warranty and Limitations of Liability*.

**⚠ WARNING**

This product is not designed or rated for ensuring safety of persons either directly or indirectly. Do not use it for such purposes.



**Precautions for Safe Use**

Incorrect wiring may damage internal circuits.

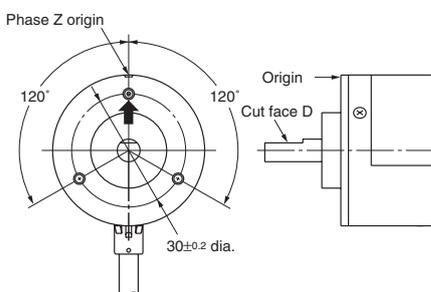
**Precautions for Correct Use**

Do not use the Encoder under ambient conditions that exceed the ratings.

● **Mounting**

● **Origin Indication**

It is easy to adjust the position of phase Z with the origin indication function. The following illustration shows the relationship between phase Z and the origin. Set cut face D to the phase Z origin as shown in the illustration.



- Do not extend the length of the cable to more than 2 m. If the cable must be more than 2 m, use a Model with a Line-driver Output (max. length: 100 m).

● **Wiring**

Spurious pulses may be generated when power is turned ON and OFF. Wait at least 0.1 s after turning ON the power to the Encoder before using the connected device, and stop using the connected device at least 0.1 s before turning OFF the power to the Encoder. Also, turn ON the power to the load only after turning ON the power to the Encoder.

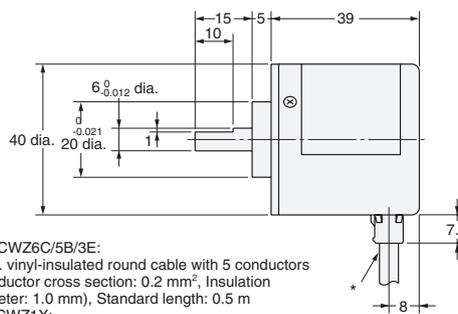
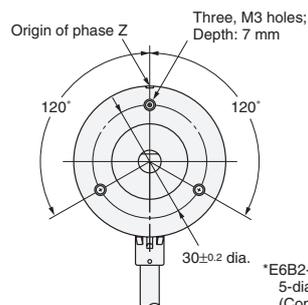
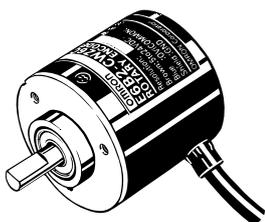
(Unit: mm)

## Dimensions

Tolerance class IT16 applies to dimensions in this datasheet unless otherwise specified.

### Encoder

**E6B2-C**



\*E6B2-CWZ6C/5B/3E:  
5-dia. vinyl-insulated round cable with 5 conductors  
(Conductor cross section: 0.2 mm<sup>2</sup>, Insulation diameter: 1.0 mm), Standard length: 0.5 m  
E6B2-CWZ1X:  
5-dia. vinyl-insulated round cable with 8 conductors  
(Conductor cross section: 0.2 mm<sup>2</sup>, Insulation diameter: 1.0 mm), Standard length: 0.5 m

## Accessories (Order Separately)

**Couplings**

- E69-C06B
- E69-C68B
- E69-C610B
- E69-C06M

**Flanges**

- E69-FBA
- E69-FBA02

**Servo Mounting Bracket**

- E69-2

Refer to *Accessories* for details.



**PROYECTO DE GRADO - BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**ANEXO F.**

**Información Técnica de los sensores finales de carrera adquiridos por la  
Industria Militar (INDUMIL)**

## The Limit Switch with Better Seal, Shock Resistance, and Strength



- A double seal on the head, a complete gasket cover, and other features ensure a better seal (meets UL NEMA 3, 4, 4X, 6P, 12, 13).
- Wide standard operating temperature range:  
–40°C to +100°C (standard type).
- Models with fluoro-rubber available for greater resistance to chemicals.
- Block mounting method also reduces downtime for maintenance.
- DPDT, double-break models available for complex operations.
- Approved by UL, CSA, and CCC (Chinese standard).  
(Ask your OMRON representative for information on approved model.)



 Be sure to read *Safety Precautions* on page 14 to 15 and *Safety Precautions for All Limit Switches*.

## Model Number Structure

**Model Number Legend** (Not all combinations are possible. Ask your OMRON representative for details.)

**D4A-□□□□N (Set model number)**  
(1)(2) (3)

### (1) Receptacle box

- 1 : 1/2-14 NPT conduit (SPDT, double-break)
- 2 : 1/2-14 NPT conduit (DPDT, double-break)
- 3 : G 1/2 conduit (SPDT, double-break)
- 4 : G 1/2 conduit (DPDT, double-break)

### (2) Switch Box

- 1 : SPDT, double-break, without indicator
- 3 : SPDT, double-break, neon lamp
- E : SPDT, double-break, LED (24 VDC, leakage current: 1.3 mA)
- 5 : DPDT, double-break, simultaneous operation, without indicator
- 7 : DPDT, double-break, sequential operation, without indicator \*1
- 9 : DPDT, double-break, center neutral operation, without indicator \*2
- L : DPDT, double-break, simultaneous operation, neon lamp
- P : DPDT, double-break, simultaneous operation, LED

### (3) Head

- 01 : Roller lever, standard
- 02 : Roller lever, high-sensitivity
- 03 : Roller lever, low torque
- 04 : Roller lever, high-sensitivity, low torque
- 05 : Roller lever, maintained
- 17 : Roller lever, sequential operation
- 18 : Roller lever, center neutral operation
- 06 : Side plunger, standard
- 07-V : Side plunger, vertical roller
- 07-H : Side plunger, horizontal roller
- 08 : Side plunger, adjustable
- 09 : Top plunger, standard
- 10 : Top plunger, roller
- 11 : Top plunger, adjustable
- 12 : Flexible rod, spring wire
- 14 : Flexible rod, plastic rod
- 15 : Flexible rod, cat whisker
- 16 : Flexible rod, coil spring

\*1. Use the D4A-0017N Special Head.

\*2. Use the D4A-0018N Special Head.

Note: Fluoro-rubber sealed type is also available.

## Ordering Information

Set model number

### SPDT, Double-break Switches

Actuator		Receptacle box Indicator	G 1/2 Conduit				
			Without indicator		With neon lamp indicator (AC)		With LED indicator (DC)
			Model	Approved standards	Model	Approved standards	Model
Roller lever *1	Standard		D4A-3101N	UL, CSA	D4A-3301N	UL, CSA	D4A-3E01N
	High-sensitivity		D4A-3102N	UL, CSA	D4A-3302N	UL, CSA	D4A-3E02N
	Low-torque		D4A-3103N	UL, CSA	---	---	---
	High-sensitivity, Low-torque		D4A-3104N	UL, CSA	D4A-3304N	UL, CSA	---
	Maintained *2		D4A-3105N	UL, CSA	D4A-3305N	UL, CSA	D4A-3E05N
Side plunger	Standard		D4A-3106N	UL, CSA	---	---	---
	Vertical roller		D4A-3107-VN	UL, CSA	D4A-3307-VN	UL, CSA	D4A-3E07-VN
	Horizontal roller		D4A-3107-HN	UL, CSA	D4A-3307-HN	UL, CSA	---
	Adjustable		D4A-3108N	UL, CSA	D4A-3308N	UL, CSA	D4A-3E08N
Top plunger	Standard		D4A-3109N	UL, CSA	D4A-3309N	UL, CSA	---
	Roller		D4A-3110N	UL, CSA	D4A-3310N	UL, CSA	---
	Adjustable		D4A-3111N	UL, CSA	D4A-3311N	UL, CSA	---
Flexible rod	Spring wire		D4A-3112N	UL, CSA	D4A-3312N	UL, CSA	D4A-3E12N
	Plastic rod		D4A-3114N	UL, CSA	D4A-3314N	UL, CSA	D4A-3E14N
	Cat whisker		D4A-3115N	UL, CSA	D4A-3315N	UL, CSA	D4A-3E15N
	Coil spring		D4A-3116N	UL, CSA	D4A-3316N	UL, CSA	D4A-3E16N

Note: 1. Switches are also available with □1/2-14 NPT conduits. The model numbers correspond as follows:

(Examples) G 1/2 Conduits      1/2-14 NPT Conduits  
 D4A-3□□□N      D4A-1□□□N  
 D4A-4□□□N      D4A-2□□□N

2. Switches are also available with fluoro-rubber seals for higher resistance to chemicals. (The operating temperature range for these Switches, however, is -10 to +120°C.) Add "-F" to the model number. (Example: D4A-3101N becomes D4A-3101N-F.) Ask your nearest OMRON representative for details.

\*1. The lever is not included with the Roller Level Models. Select the lever from those listed in this data sheet and order it separately (refer to Levers on page 12).

\*2. The Maintained Switches have a lock mechanism for the switch operation and thus use a Fork Lever Lock.

DPDT, Double-break Switches

Actuator	Receptacle box Indicator	G 1/2 Conduit			
		Without indicator		With neon lamp indicator (AC)	With LED indicator (DC)
		Model	Approved standards	Model	Model
Roller lever *1	Standard 	D4A-4501N	UL, CSA	D4A-4L01N	D4A-4P01N
	High-sensitivity 	D4A-4502N	UL, CSA	---	---
	Low-torque 	D4A-4503N	UL, CSA	---	---
	High-sensitivity, Low-torque 	D4A-4504N	UL, CSA	---	---
	Maintained *2 	D4A-4505N	UL, CSA	---	---
	Sequential operation 	D4A-4717N	UL, CSA	---	---
	Center neutral operation 	D4A-4918N	UL, CSA	---	---
Side plunger	Standard 	D4A-4506N	UL, CSA	---	---
	Vertical roller 	D4A-4507-VN	UL, CSA	---	---
	Horizontal roller 	D4A-4507-HN	UL, CSA	---	---
	Adjustable 	D4A-4508N	UL, CSA	---	---
Top plunger	Standard 	D4A-4509N	UL, CSA	---	---
	Roller 	D4A-4510N	UL, CSA	D4A-4L10N	D4A-4P10N
	Adjustable 	D4A-4511N	UL, CSA	---	---
Flexible rod	Spring wire 	D4A-4512N	UL, CSA	---	---
	Plastic rod 	D4A-4514N	UL, CSA	---	---
	Cat whisker 	D4A-4515N	UL, CSA	---	---
	Coil spring 	D4A-4516N	UL, CSA	---	---

Note: 1. Switches are also available with □1/2-14 NPT conduits. The model numbers correspond as follows:

(Examples) G 1/2 Conduits 1/2-14 NPT Conduits  
 D4A-3□□□N D4A-1□□□N  
 D4A-4□□□N D4A-2□□□N

2. Switches are also available with fluoro-rubber seals for higher resistance to chemicals. (The operating temperature range for these Switches, however, is -10 to +120°C.) Add "-F" to the model number. (Example: D4A-4501N becomes D4A-4501N-F.) Ask your nearest OMRON representative about delivery times and prices.

\*1. The lever is not included with the Roller Level Models. Select the lever from those listed in this data sheet and order it separately (refer to Levers on page 12).

\*2. The Maintained Switches have a lock mechanism for the switch operation and thus use a Fork Lever Lock.

Individual Parts

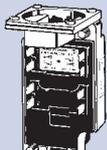
Receptacle box

	Type Appearance	G1/2 conduit *1		1/2-14NPT conduit *2	
		Model	Approved standards	Model	Approved standards
SPDT double-break		D4A-3000N	UL, CSA	D4A-1000N	UL, CSA
DPDT double-break		D4A-4000N	UL, CSA	D4A-2000N	UL, CSA

\*1. M6-screw mounting (standard mounting)

\*2. 10-32UNF-screw mounting (standard mounting)

Switch Box

Appearance		Indicator	Without indicator		With neon lamp indicator (AC)		With LED indicator (DC)		
			Model	Approved standards	Model	Approved standards	Model		
SPDT double-break		(Without indicator lamp)	D4A-0100N	UL, CSA	D4A-0300N	UL, CSA	D4A-0E00N		
			DPDT double-break		Simultaneous operation		D4A-0500N	UL, CSA	D4A-0L00N
DPDT double-break		(Without indicator lamp)	Sequential operation		D4A-0700N	UL, CSA	---	---	---
			Center neutral operation		D4A-0900N	UL, CSA	---	---	---

Heads

Appearance		Model	Approved standards	
Roller lever *1		Standard	D4A-0001N	UL, CSA
		High-sensitivity	D4A-0002N	UL, CSA
		Low-torque *2	D4A-0003N	UL, CSA
		Sequential operation: *3	D4A-0017N	UL, CSA
		Center neutral operation: *3	D4A-0018N	UL, CSA
	Maintained	D4A-0005N	UL, CSA	
Side plunger		Standard	D4A-0006N	UL, CSA
		Vertical roller	D4A-0007-VN	UL, CSA
		Horizontal roller	D4A-0007-HN	UL, CSA
		Side adjustable	D4A-0008N	UL, CSA

\*1. Levers for Roller Lever Switches are optionally available. Select the lever from those listed in this data sheet and order (refer to Levers on page 12).  
 \*2. The D4A-C00 adjustable roller lever is too heavy and long for these heads and it should not be used or mechanical malfunction will result.  
 \*3. These heads cannot be used for double break operations.

Appearance	Type	Model	Approved standards	
Top plunger		Standard	D4A-0009N	UL, CSA
		Roller	D4A-0010N	UL, CSA
		Adjustable	D4A-0011N	UL, CSA
Flexible rod		Spring wire	D4A-0012N	UL, CSA
		Plastic rod	D4A-0014N	UL, CSA
		Cat whisker	D4A-0015N	UL, CSA
		Coil spring	D4A-0016N	UL, CSA

## Levers

Actuator	Model
Roller Lever	D4A-A00
	D4A-A10
	D4A-A20
	D4A-A30
	D4A-B06
Adjustable Roller Lever	D4A-C00
	D4A-D00
Resin Loop Lever	D4A-F00
Fork Lever Lock	D4A-E30
	D4A-E20
	D4A-E10
	D4A-E00

Note: Refer to page 12 for Lever shapes and applicable models.

## Specifications

### Approved Standards

Agency	Standard	File No.
UL	UL508	E76675
CSA	CSA C22.2 No.14	LR45746
CCC (CQC)	GB14048.5	2003010305077615

Note: Ask your OMRON representative for information on approved models.

### Ratings

Type	Rated voltage	Non-inductive load (A)				Inductive load (A)			
		Resistive load		Lamp load		Inductive load		Motor load	
		NC	NO	NC	NO	NC	NO	NC	NO
SPDT double-break (with/without indicator)	125 VAC *	10	10	3	1.5	10	5	2.5	
	250 VAC *	10	10	2	1	10	3	1.5	
	480 VAC	10	10	1.5	0.8	3	1.5	0.8	
	600 VAC	3	1	1	0.5	1.5	1	0.5	
	8 VDC	10		6	3	10		6	
	14 VDC	10		6	3	10		6	
DPDT double-break (without indicator)	30 VDC	6		4	3	6		4	
	125 VDC *	0.8		0.2	0.2	0.8		0.2	
	250 VDC *	0.4		0.1	0.1	0.4		0.1	
	125 VAC	5		2		4		3	
DPDT double-break (with indicator)	250 VAC	3		1		2		1.5	
	480 VAC	1.5		0.5		1		0.8	
	600 VAC	1		0.4		0.7		0.5	
	14 VDC	5		2		4		3	
	30 VDC	3		1		2		1.5	
	125 VDC	0.4		0.1		0.4		0.1	
DPDT double-break (with indicator)	250 VAC	0.2		0.05		0.2		0.05	
	125 VAC	5		2		4		3	
	250 VAC	3		1		2		1.5	
	12 VDC	5							
DPDT double-break (with indicator)	24 VDC	3	---	---		---		---	
	48 VDC	1							

\* For those with indicators, refer to the following rated voltages.

Item	Type	SPDT, Double-break		DPDT, Double-break	
		Without indicator	With indicator	Without indicator	With indicator
Inrush current	Normally closed	30 A max.			
	Normally open	20 A max.			

- Note: 1. The above current ratings are for steady-state current.  
 2. Inductive loads have a power factor of 0.4 min. (AC) and a time constant of 7 ms max. (DC).  
 3. Lamp loads have an inrush current of 10 times the steady-state current.  
 4. Motor loads have an inrush current of 6 times the steady-state current.

### Ratings for Models with Indicators and Indicator Replacement

#### Ratings for Indicators

Classification	Indicator	Model	Rated voltage	Leakage current	Internal resistance
SPDT double-break	Neon lamp	D4A-0300N	125 VAC, 250 VAC	Approx. 0.47 mA	150 kΩ
	LED	D4A-0E00N	24 VDC	Approx. 1.3 mA	15 kΩ
DPDT double-break	Neon lamp	D4A-0L00N	125 VAC, 250 VAC	Approx. 0.28 mA	240 kΩ
	LED	D4A-0P00N	48 VDC	Approx. 1.4 mA	---

## Approved Standard Ratings

## UL/CSA

## A600

## D4A-□1□□N (SPDT, Double-break, Without Indicator)

Rated voltage	Carry current	Current (A)		Volt-amperes (VA)	
		Make	Break	Make	Break
120 VAC	10 A	60	6	7,200	720
240 VAC		30	3		
480 VAC		15	1.5		
600 VAC		12	1.2		

## A300

## D4A-□3□□N (SPDT, Double-break, With Neon Lamp)

Rated voltage	Carry current	Current (A)		Volt-amperes (VA)	
		Make	Break	Make	Break
120 VAC	10 A	60	6	7,200	720
240 VAC		30	3		

## B600

## D4A-□5□□N (DPDT, Double-break, Simultaneous Operation)

## D4A-□7□□N (DPDT, Double-break, Sequential Operation)

## D4A-□9□□N (DPDT, Double-break, Center Neutral Operation)

Rated voltage	Carry current	Current (A)		Volt-amperes (VA)	
		Make	Break	Make	Break
120 VAC	5 A	30	3	3,600	360
240 VAC		15	1.5		
480 VAC		7.5	0.75		
600 VAC		6.0	0.6		

## CCC (GB14048.5)

Applicable category and ratings
AC-15 2 A/125 VAC

## Characteristics

Degree of protection (reference standards)		IP67 and NEMA 1, 2, 3, 4X, 5, 6P, 12, and 13	
Durability *2	Mechanical: *1	SPDT, double-break, roller lever: 50,000,000 operations min. DPDT, double-break, roller lever: 30,000,000 operations min.	
	Electrical:	SPDT, double-break: for 125 VAC, 10 A resistive load: 1,000,000 operations min. DPDT, double-break: for 125 VAC, 5 A resistive load: 750,000 operations min.	
Operating speed		1 mm/s to 2 m/s (in case of D4A-3101N roller lever model)	
Operating frequency	Mechanical:	300 operations/minute	
	Electrical:	30 operations/minute	
Rated frequency		50/60 Hz	
Insulation resistance		100 MΩ min. (at 500 VDC) between terminals of the same polarity, between current-carrying metal parts and ground, and between each terminal and non-current-carrying metal part	
Contact resistance		25 mΩ max. (initial value)	
Temperature rise		50°C max.	
Dielectric strength	Between terminals of same polarity	1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min.	
	Between current-carrying metal parts and ground	2,200 VAC, 50/60 Hz for 1 min. *3	
	Between each terminal and non-current-carrying metal part	2,200 VAC, 50/60 Hz for 1 min. *3	
Pollution degree (operating environment)		3	
Protection against electric shock		Class I (with grounding terminal)	
Vibration resistance	Malfunction: *4	10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude	
	Destruction:	1,000 m/s <sup>2</sup> min.	
Shock resistance	Malfunction: *4	SPDT, double-break, roller lever: 600 m/s <sup>2</sup> min. DPDT, double-break, roller lever: 300 m/s <sup>2</sup> min.	
	Destruction:	1,000 m/s <sup>2</sup> min.	
Ambient operating humidity		35% to 95%RH (with no icing)	
Weight		Approx. 290 g (in case of D4A-3101N)	

Note: The above figures are initial values.

\*1. Excluding maintained models.

\*2. The values are calculated at an operating temperature of +5°C to +35°C, and an operating humidity of 40% to 70%RH. Contact your OMRON sales representative for more detailed information on other operating environments.

\*3. 1,500 VAC is applied to the indicator lamp type.

\*4. Not including Flexible rods (cat whisker, plastic rod, coil spring, and spring wire types).

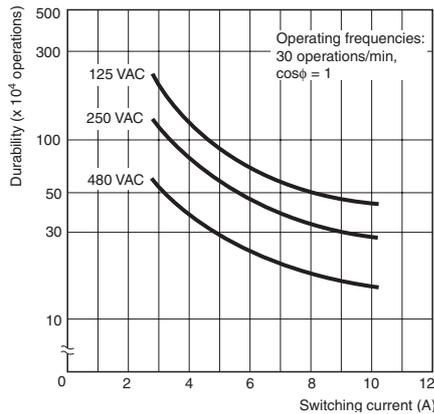
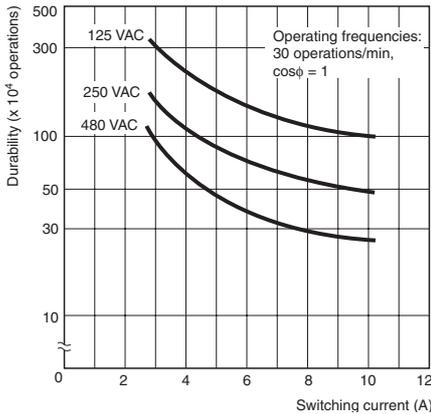
Item	Type	Roller lever *1	Plunger, flexible rod *2	With indicator
Ambient temperature		-40°C to +100°C	-20°C to +100°C	-10°C to +80°C

\*1. Excluding low-torque and high-sensitivity models.

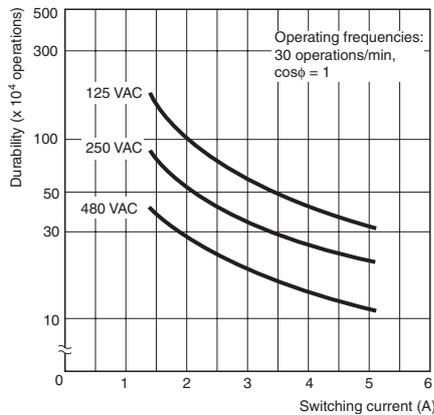
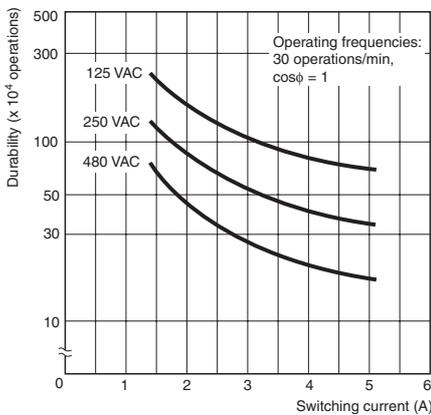
\*2. Including roller lever low-torque and high-sensitivity operating models.

## Engineering Data

**Electrical Durability (SPDT Double-break)** (Ambient temperature: +5°C to +35°C; ambient humidity: 40% to 70%RH)



**Electrical Durability (DPDT Double-break)**



## Structure and Nomenclature

### Structure (DPDT Double-break)

#### Head

With the Roller Lever and Side Plunger Switches, the direction of the switch head can be varied to any of the four directions by loosening the roller lever switch screws at the four corners of the head.

The Roller Lever Switch employs a system which allows selection of the operation of only one side (left or right) or both sides without use of any tools.

**Operating Position Mark** (arrow)

#### Bearings

The copper-alloy bearings ensure long life expectancy.

#### Receptacle

The plug-in type receptacle provides adequate space for wiring.

#### Conduit Opening \*1, \*2

G 1/2 conduit threads featuring high sealing property are used. (Refer to *Limit Switch Connectors* for details on SC connectors). A terminal box with 1/2-14NPT conduit threads is also available on request.

#### Sealed Gasket

The employed full-cover method prevents the gasket from direct exposure to oil or water spray.

#### Roller

The roller actuator is made of hardened stainless steel and excels in resistance to wear.

#### Lever

With the Roller Lever Switch, the lever can be installed anywhere in a 360° range (180° if the lever is reversed and attached to the shaft).

#### Oil Seal

Improved sealing property is ensured with a double-seal construction (a oil seal plus an X-ring seal).

#### Switch Box

Boasts long life expectancy (50 million mechanical operations or more with the 2-pole Double-break Switches and 30 million mechanical operations or more with the DPDT Double-break Switches).

#### Ground Terminal Screw

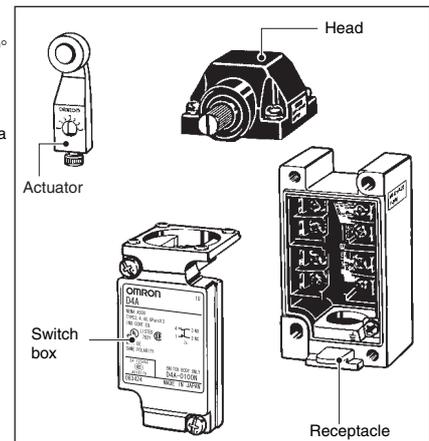
A ground terminal is provided to enhance safety.

#### Switch Box Screw

A Phillips screw is used to secure the switch housing for ease of use, and features a measure to prevent the screw from coming off.

### Easy-maintenance Block Mounting

Block mounting makes it possible to easily assemble or disassemble the head, switch body, and receptacle of the D4A-□N by tightening or loosening the attached screws.



Note: 1. NBR is used in rubber components.

Fluoro-rubber sealed types use fluoro-rubber.

2. For Roller Levers, there is some lever play in the free position (about 2 mm), but this is due to the structure of the head and does not interfere with performance.

\*1. A Receptacle and Terminal Box with 1/2-14NPT conduit threads are also available for the North America market.

\*2. The conduit thread indication has been changed from "PF1/2" to "G1/2" accompanying the JIS B 0202 revision.

This changes applies only to the indication; thread sizes and pitches have not been affected.

**Contact Forms (Switch Boxes)  
STDP Double-break Switches**

Type	Contact model			Operating pattern
	Without indicator	With neon lamp indicator *	With LED indicator *	
1NC/1NO snap-action	D4A-0100N 	D4A-0300N 	D4A-0E00N 	
	<b>Lamp Unit Internal Circuits</b>			

\* Switches with indicators are factory-set to light when the switch is not operated.

**DTDP Double-break Switches**

Each of these Switches can be used to replace two limit switches in applications, such as high-speed control in machine tools and switching motors between forward and reverse, that previously required 2 limit switches. This simplifies wiring, saves space, and reduces costs.

Type	Contact model			Operating pattern	Remarks
	Without indicator	With neon lamp indicator *	With LED indicator *		
2NC/2NO snap-action, simultaneous operation	D4A-0500N	D4A-0L00N	D4A-0P00N		Head is compatible with double-break head. Can be switched for operation on both sides of actuator.
2NC/2NO snap-action, sequential operation (2-step operation)	D4A-0700N	---	---		Use the D4A-0017N Special Head.
2NC/2NO snap-action, central neutral operation	D4A-0900N	---	---		Use the D4A-0018N Special Head.

Item	Without indicator	With neon lamp indicator *	With LED indicator *
Contact form	D4A-0500N D4A-0700N D4A-0900N 	D4A-0L00N 	D4A-0P00N 
Lamp unit internal circuit	---		

\* Switches with indicators are factory-set to light when the switch is not operated, but the setting can be changed to light for operation (dotted lines).

## Dimensions and Operating Characteristics

(Unit: mm)

### Set Model Numbers

(The box in a model number indicates the switch box type.)

**Roller Lever Switches Note: Levers of the side rotary type are optionally available.**

#### Standard

D4A-3□01N, D4A-4□01N

#### High-sensitivity

D4A-3□02N, D4A-4□02N

#### Low-torque

D4A-3□03N, D4A-4□03N

#### High-sensitivity/Low-torque

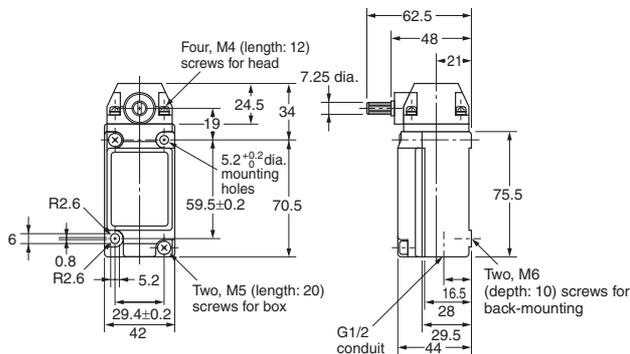
D4A-3□04N, D4A-4□04N

#### Sequential Operation

D4A-4□17N

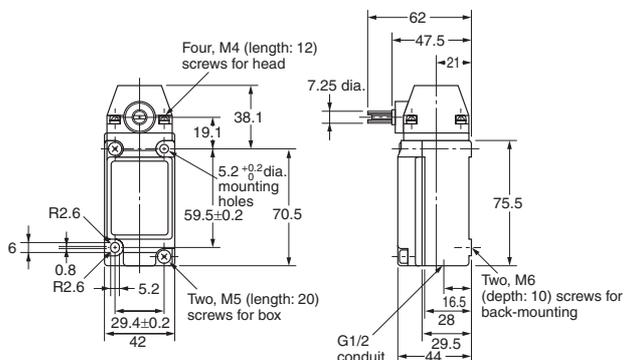
#### Center Neutral Operating

D4A-4□18N



#### Maintained

D4A-3□05N, D4A-4□05N



Note: Unless otherwise specified, a tolerance of ±0.4 mm applies to all dimensions.

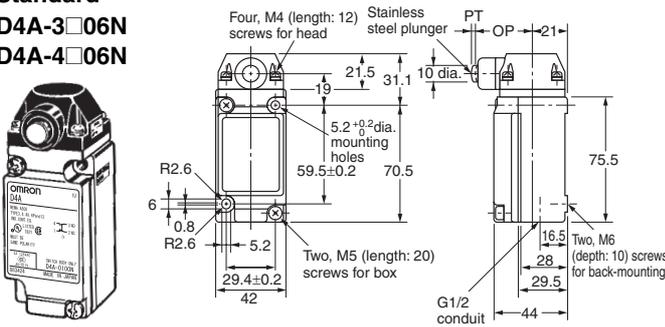
Operating characteristics	Model	SPDT Double-break					DPDT Double-break						
		D4A-3□01N	D4A-3□02N	D4A-3□03N	D4A-3□04N	D4A-3□05N	D4A-4□01N	D4A-4□02N	D4A-4□03N	D4A-4□04N	D4A-4□05N	D4A-4□17N	D4A-4□18N
Operating force	OF max.	0.39 N·m	0.39 N·m	0.2 N·m	0.2 N·m	0.39 N·m	0.39 N·m	0.39 N·m	0.2 N·m	0.2 N·m	0.39 N·m	0.39 N·m	0.39 N·m
Release force	RF min.	0.05 N·m	0.05 N·m	---	---	---	0.05 N·m	0.05 N·m	---	---	---	0.05 N·m	0.02 N·m
Pretravel	PT max.	15° (12°)	7° (6°)	15° (12°)	7° (6°)	65° (60°)	15° (12°)	7° (6°)	15° (12°)	7° (6°)	65° (60°)	1-stage: 12° (10°) 2-stage: 20° (17°)	19° (15°)
Overtravel	OT min.	70°	75°	70°	75°	20°	70°	75°	70°	75°	20°	65°	65°
Movement Differential	MD max.	5° (4°)	4° (3°)	5° (4°)	4° (3°)	35° (30°)	7° (6°)	5° (4°)	7° (6°)	5° (4°)	35° (30°)	6° (5°)	5° (4°)

Note: The figures in the parentheses are average values.

Side Plunger Switches

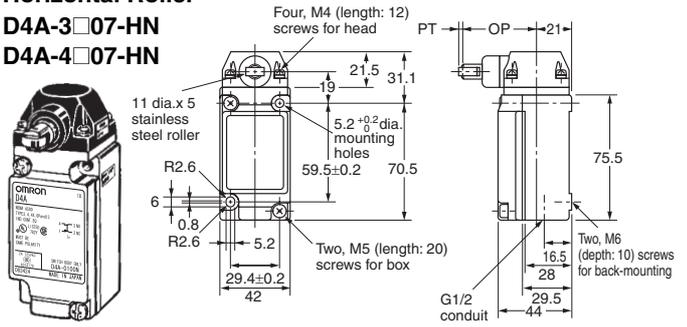
Standard

D4A-3□06N  
D4A-4□06N



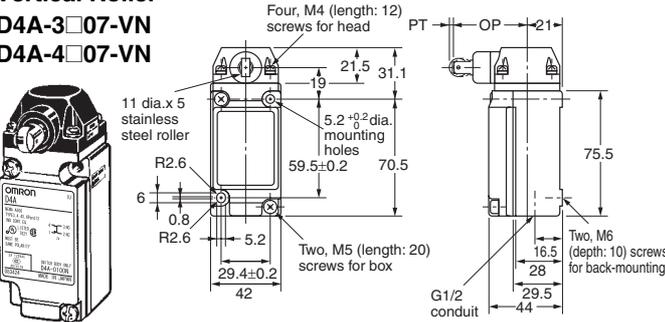
Horizontal Roller

D4A-3□07-HN  
D4A-4□07-HN



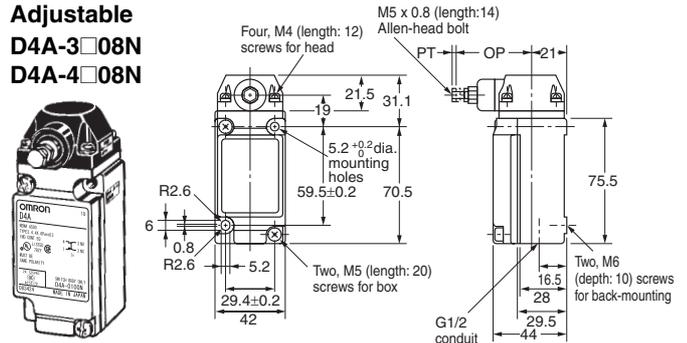
Vertical Roller

D4A-3□07-VN  
D4A-4□07-VN



Adjustable

D4A-3□08N  
D4A-4□08N



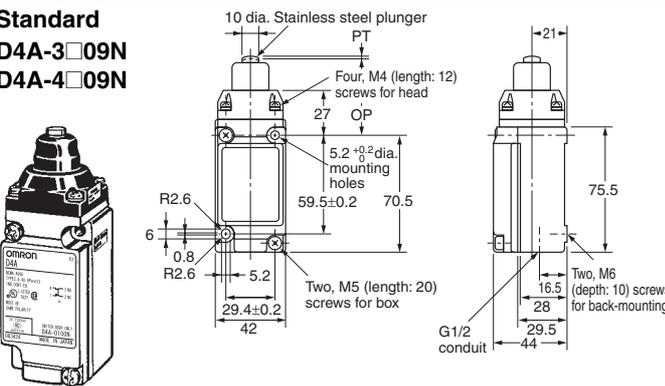
Model	SPDT Double-break				DPDT Double-break			
	D4A-3□06N	D4A-3□07-HN	D4A-3□07-VN	D4A-3□08N	D4A-4□06N	D4A-4□07-HN	D4A-4□07-VN	D4A-4□08N
Operating force	OF max.	19.61 N	19.61 N	19.61 N	19.61 N	19.61 N	19.61 N	19.61 N
Release force	RF min.	4.90 N	4.90 N	4.90 N	4.90 N	4.90 N	4.90 N	4.90 N
Pretravel	PT max.	2.4 mm	2.4 mm	2.4 mm	2.4 mm	2.4 mm	2.4 mm	2.4 mm
Overtavel	OT min.	5.1 mm	5.1 mm	5.1 mm	5.1 mm	5.1 mm	5.1 mm	5.1 mm
Movement Differential	MD max.	0.6 mm	0.6 mm	0.6 mm	0.6 mm	1.0 mm	1.0 mm	1.0 mm
OP *		34±0.8 mm	44±0.8 mm	44±0.8 mm	41 to 47.5 mm	34±0.8mm	44±0.8 mm	44±0.8 mm

\* Operating position

Top Plunger Switches

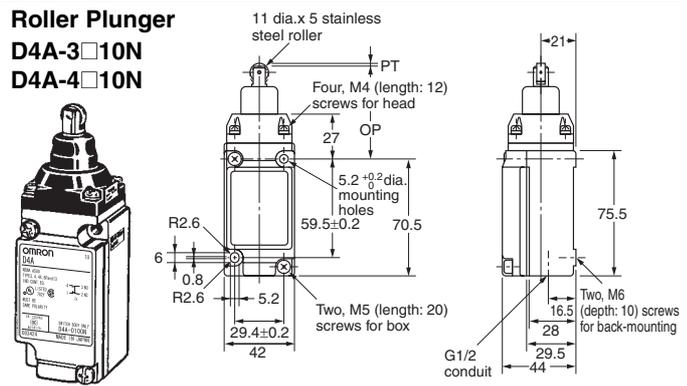
Standard

D4A-3□09N  
D4A-4□09N



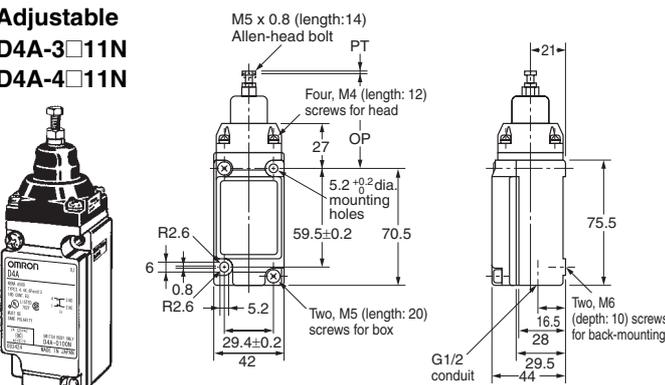
Roller Plunger

D4A-3□10N  
D4A-4□10N



Adjustable

D4A-3□11N  
D4A-4□11N



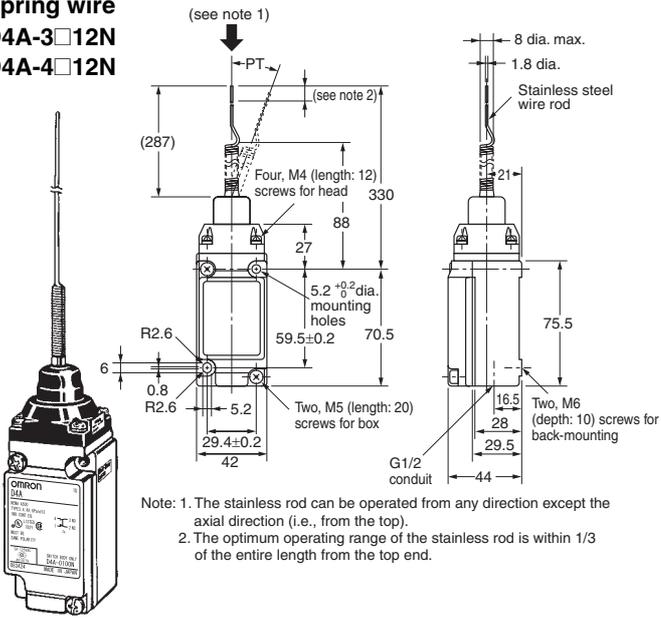
Model	SPDT double-break			DPDT double-break		
	D4A-3□09N	D4A-3□10N	D4A-3□11N	D4A-4□09N	D4A-4□10N	D4A-4□11N
Operating force	OF max.	17.65 N	17.65 N	17.65 N	17.65 N	17.65 N
Release force	RF min.	4.90 N	4.90 N	4.90 N	4.90 N	4.90 N
Pretravel	PT max.	1.6 mm	1.6 mm	1.6 mm	1.6 mm	1.6 mm
Overtavel	OT min.	5.1 mm	5.1 mm	5.1 mm	5.1 mm	5.1 mm
Movement Differential	MD max.	0.4 mm	0.4 mm	1.0 mm	1.0 mm	1.0 mm
OP *		46±0.8 mm	56±0.8 mm	55.5 to 62 mm	46±0.8 mm	56±0.8 mm

\* Operating position

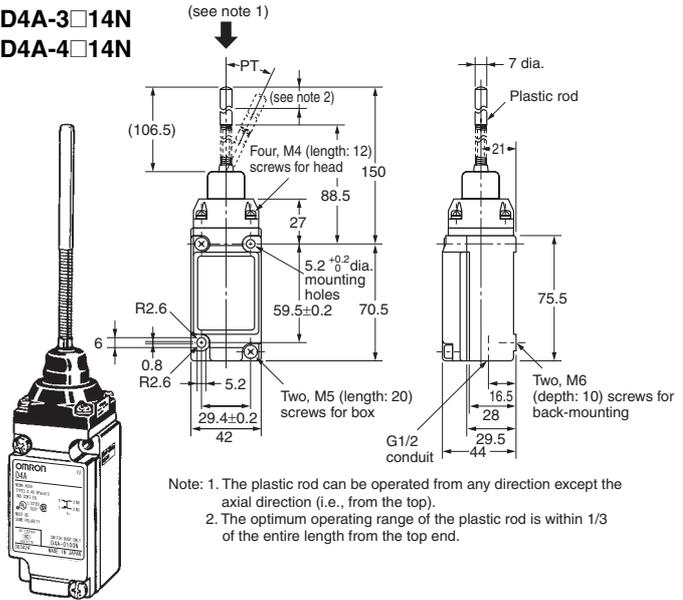
Note: A Fork Lever Lock can be used with D4A-□□05N models only.

Flexible Rod

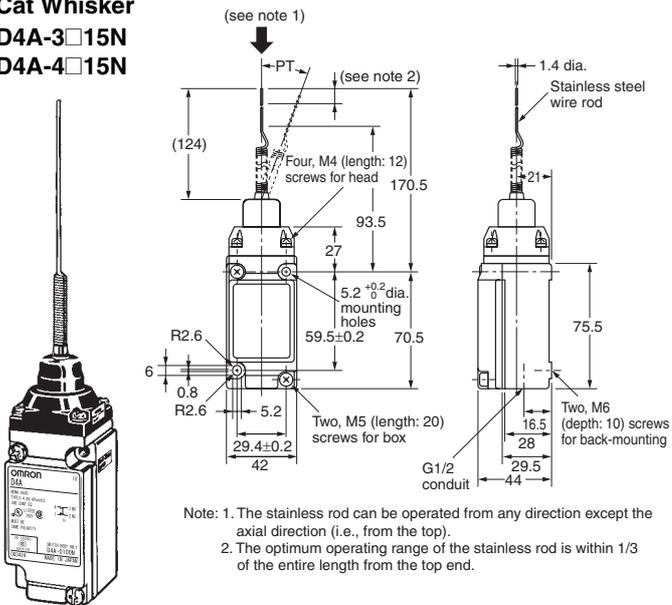
Spring wire  
D4A-3□12N  
D4A-4□12N



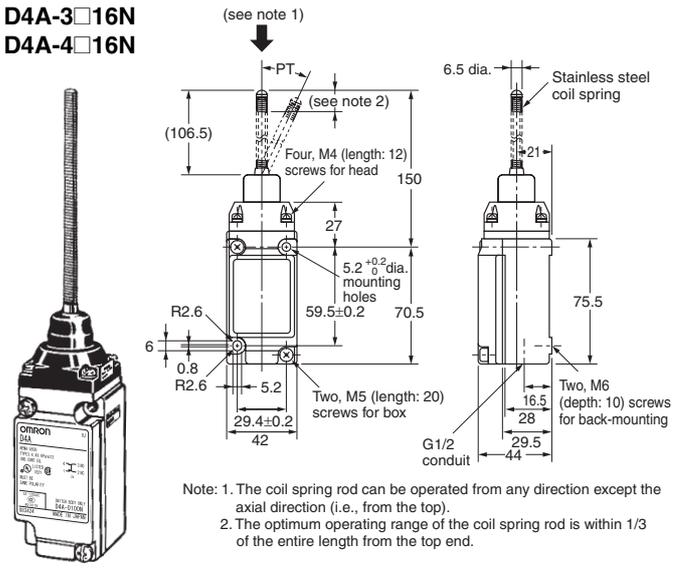
Plastic Rod  
D4A-3□14N  
D4A-4□14N



Cat Whisker  
D4A-3□15N  
D4A-4□15N



Coil Spring  
D4A-3□16N  
D4A-4□16N



Note: Unless otherwise specified, a tolerance of ±0.4 mm applies to all dimensions.

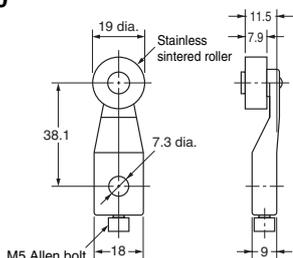
Model	SPDT Double-break				DPDT Double-break			
	D4A-3□12N	D4A-3□14N	D4A-3□15N	D4A-3□16N	D4A-4□12N	D4A-4□14N	D4A-4□15N	D4A-4□16N
Operating force OF max.	0.98 N		1.47 N		0.98 N		1.47 N	
Pretravel PT max.	15° (5°)		15° (5°)		15° (5°)		15° (5°)	

Note: The figures in the parentheses are average values.

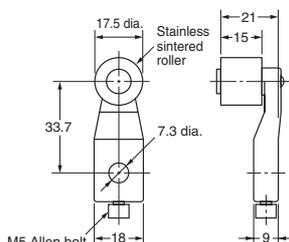
## Levers (for Roller Lever Switches)

Note: No D4A-0003N or D4A-0004N head should be used with the adjustable roller lever or mechanical malfunctioning could result because the total weight of the adjustable roller lever is comparatively large. Use a standard-load head (D4A-0001N or D4A-0002N) instead.

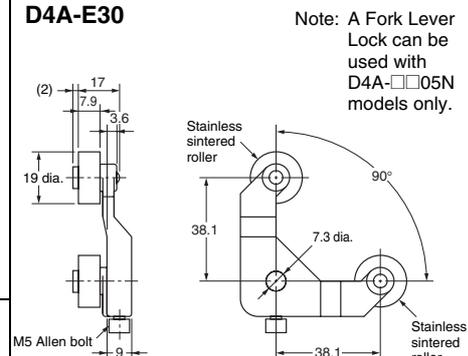
**Roller Lever  
D4A-A00**



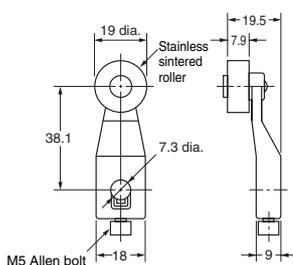
**Roller Lever  
D4A-B06**



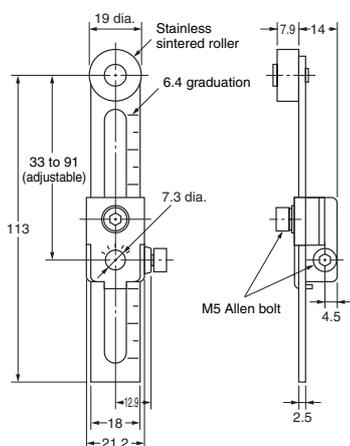
**Fork Lever Lock  
D4A-E30**



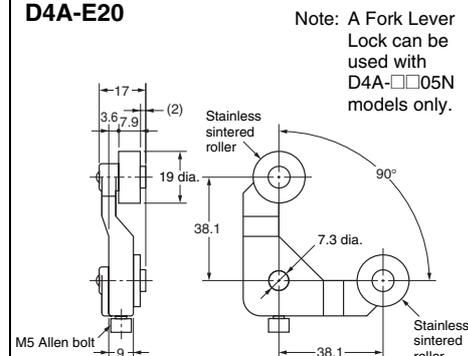
**Roller Lever  
D4A-A10**



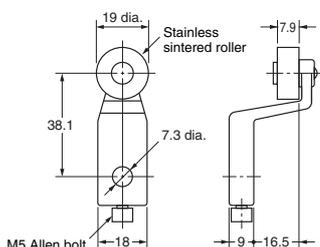
**Adjustable Roller Lever  
D4A-C00**



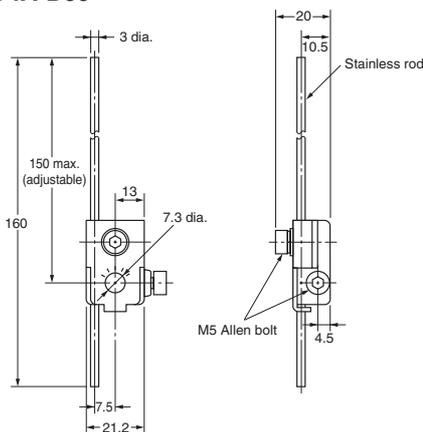
**Fork Lever Lock  
D4A-E20**



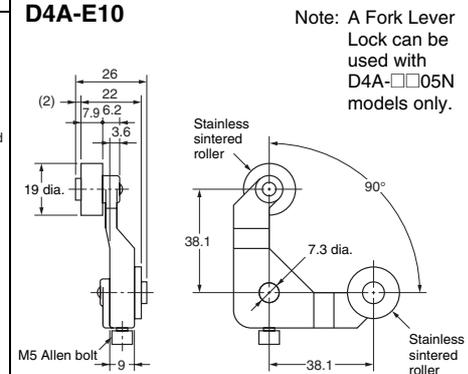
**Roller Lever  
D4A-A20**



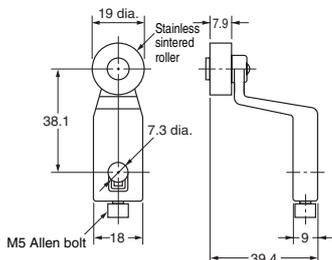
**Adjustable Rod Lever  
D4A-D00**



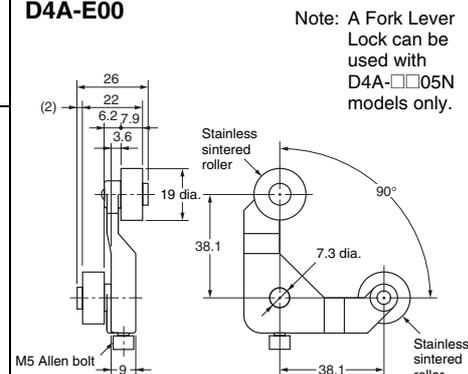
**Fork Lever Lock  
D4A-E10**



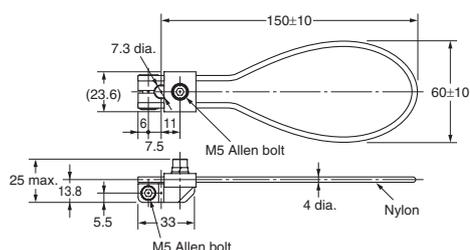
**Roller Lever  
D4A-A30**



**Fork Lever Lock  
D4A-E00**



**Nylon Loop Lever  
D4A-F00**



Note: Unless otherwise specified, a tolerance of  $\pm 0.4$  mm applies to all dimensions.

### Head and Lever Positions

- The operating head can be positioned and locked in any of four 90° positions and a lever can lock in any position through 360° around the shaft of the Limit Switch. Furthermore, the lever can be reversed and attached to the shaft (refer to the figures below on the right hand side). Therefore the roller is compatible with a wide movement range of a dog.
- A Fork Lever Lock can be used with maintained models (D4A-0005N) only.

Remove the head from the Switch by loosening the screws (the screws can be loosened but not removed from the head).

Four, M4 x 12

The operating head can be positioned and locked in any of four 90° positions.

360° operating position

The lever can lock in any position through 360° around the shaft. The lever can be reversed and attached to the shaft, in which case the switching operation should complete in a range of 0° to 180°.

180° operating position

There are four kinds of fork lever locks. The position of each roller is different. It is possible to use D4A-E00 through D4A-E30 levers instead, if they are reversed before attaching. They can be used with D4A-□□05N models only.

D4A-E00

D4A-E10

D4A-E20

D4A-E30

By loosening the Allen-head bolt on an adjustable roller lever or rod lever, the length of the lever can be adjusted.

D4A-C00

D4A-D00 Loosen the bolt to adjust the length of the lever.  
Adjustable between 33 and 91 mm

D4A-D00

Loosen the screw to adjust the length of the rod.

### Lever Position

D4A-A00

D4A-A10

D4A-A20

D4A-A30

### Nameplate

**OMRON** 1U

**D4A-** ← The whole switch model without lever is printed.

NEMA A600  
TYPE 3, 4, 4X, 6P and 13  
IND. CONT. EQ.

4 — 3 NO  
1 — 2 NC  
Za

UL LISTED 782Y

MUST BE SAME POLARITY

2A 125VAC  
A014179

SWITCH BODY ONLY  
**D4A-0100N** ← The type of switch box is printed. (The type is also indicated on the head and receptacle.)

083424 MADE IN JAPAN

When ordering, do not confuse set model numbers and model numbers for individual blocks.

### Compatibility with D4A-□

The D4A-□N is compatible with the D4A-□ when the following accessories are attached to the D4A-□N.

D4A-□  
Receptacle box

+

D4A-□N  
Switch box

+

D4A-□N  
Head

The D4A-□N without the above accessories is not compatible with the D4A-□.

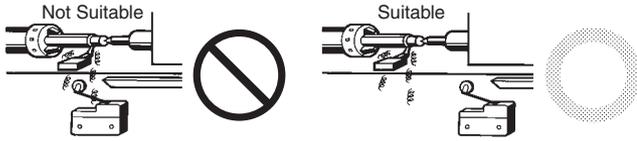
## Safety Precautions

Refer to *Safety Precautions for All Limit Switches*.

### Precautions for Correct Use

#### Operating Environment

- Seal material may deteriorate if a Switch is used outdoor or where subject to special cutting oils, solvents, or chemicals. Always appraise performance under actual application conditions and set suitable maintenance and replacement periods.
- Install Switches where they will not be directly subject to cutting chips, dust, or dirt. The Actuator and Switch must also be protected from the accumulation of cutting chips or sludge.



- Constantly subjecting a Switch to vibration or shock can result in wear, which can lead to contact interference with contacts, operation failure, reduced durability, and other problems. Excessive vibration or shock can lead to false contact operation or damage. Install Switches in locations not subject to shock and vibration and in orientations that will not produce resonance.
- The Switches have physical contacts. Using them in environments containing silicon gas will result in the formation of silicon oxide (SiO<sub>2</sub>) due to arc energy. If silicon oxide accumulates on the contacts, contact interference can occur. If silicon oil, silicon filling agents, silicon cables, or other silicon products are present near the Switch, suppress arcing with contact protective circuits (surge killers) or remove the source of silicon gas.

#### Changing the Operating Direction

##### Roller Lever Switch

The head of the side rotary type can be converted in seconds to CW, CCW, or both-way operation. Follow the procedures on the right hand side for conversion (not applicable to the Maintained, Sequential Operating, Center Neutral Operating Switches).

Operating Part (Rear of Head)	Procedures
	<ol style="list-style-type: none"> <li>Dismount the head by loosening the four screws that secure it.</li> <li>Turn over the head to set the desired operation (CW, CCW, or both). The desired side can be selected by setting the mode selector knob shown in the figure. This knob is factory set to the "CW+CCW" (both-way operation) position.</li> <li>When set to the CW position, the head rotates in clockwise direction. When set to the CCW position, the head rotates in counterclockwise direction. In either case, be sure to accurately align the arrow mark to the setting position.</li> </ol>

#### Lighting Mode Selection of Indicators (SPDT only)

The lighting mode of the operation indicator can be changed easily between two modes: lighting when the Switch is operating and lighting when the Switch is not operating.

Lights When Not Operating *1	Lights When Operating *2

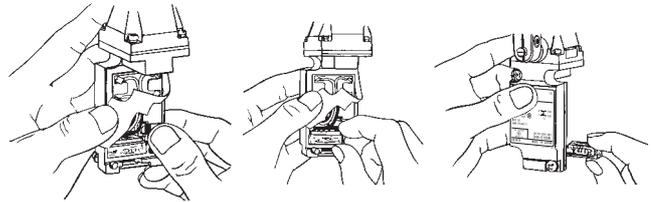
\*1. The lamp is lit when the actuator is at the free position.

The lamp will be off when the contacts of the Limit Switch have been actuated and snapped to each other at the operating position.

\*2. The lamp is lit when the contacts have been released and snapped only from the operating position.

Change the lighting mode as follows:

- Push the claw securing the lamp section to the right (do not push strongly).
- Remove the lamp section.
- Mount the lamp section so that legend "NC-ON" or "NO-ON" will appear in the display window.



In either case, the lamp will not light when the load is ON.

#### Mounting

Model	G1/2 Conduit D4A-3□□N D4A-4□□N	Mounting locations
Front Mounting		
Rear Mounting		

## Screw Tightening Torques for Heads and Switch Boxes

To maintain the high sealing capability of the Limit Switch, tighten the screws for the head and switch box with the following torques:

Head (four 12-mm M4 screws): 1.2 to 1.4 N·m

Switch box (two 20-mm M5 screws): 2.4 to 2.7 N·m

## Solderless Terminals

The D4A-□N with DPDT double-break incorporates solderless terminals.

## Operation

- The operating methods, cam and dog shapes, operating frequency, and overtravel (OT) have a significant effect on the service life and accuracy of the Limit Switch. The shape of the cam should be as smooth as possible.
- A marginal overtravel (OT) value should be set. The ideal value is the rated OT value x 0.7.
- The actuator should not be remodeled to change the operating position.

## Connectors

To satisfy IP67, apply sealing tape to the connector conduit.

Appropriate external diameter of cables is 5.5 to 14 dia.

Use OMRON's SC-□M Series.

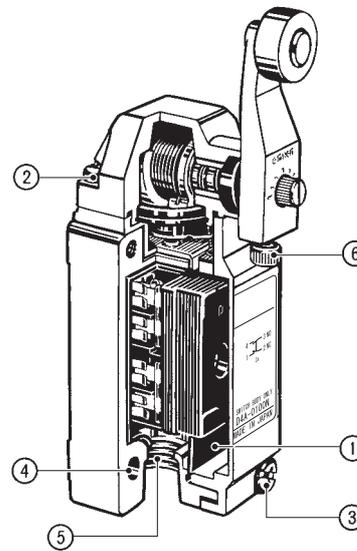
Tighten the Connectors to a torque of 1.8 to 2.2 N·m.

## Maintenance and Repair

The user must not maintain or repair equipment incorporating any D4A-N model. Contact the manufacturer of the equipment for any maintenance or repairs required.

## Appropriate Tightening Torque

A loose screw may cause malfunctions. Be sure to tighten each screw to the proper tightening torque as shown in the table.

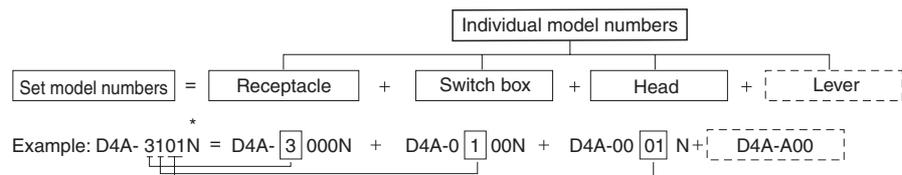


No.	Type	Appropriate tightening torque
1	Terminal screws (M3.5 screws) (including grounding terminals)	0.78 to 0.88 N·m
2	Head mounting screws	1.18 to 1.37 N·m
3	Switch box mounting screws	2.35 to 2.75 N·m
4*	Body mounting screws	4.90 to 5.88 N·m
5	Connectors	1.77 to 2.16 N·m
6	Actuator mounting screws	2.45 to 2.65 N·m

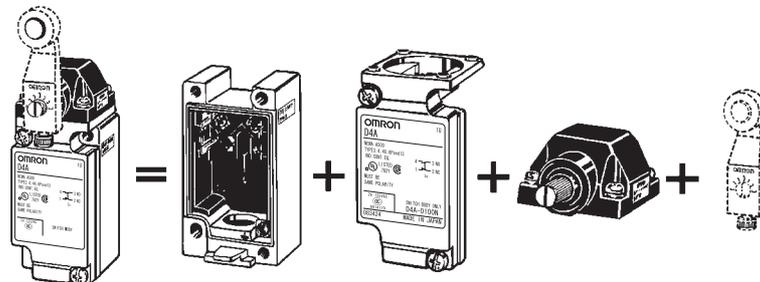
\* When using M5 Allen-head bolts, particularly when the head direction has been changed, check the torque of each screw and make sure that the screws are free of foreign substances, and that each screw is tightened to the proper torque.

## How to Order

The D4A-□N is compatible with the D4A-□ when the following accessories are attached to the D4A-□N.



\* The D4A-□N without the above accessories is not compatible with the D4A-□.





**PROYECTO DE GRADO - BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**ANEXO G.**

**Información Técnica de las fuentes conmutadas adquiridas por la  
Industria Militar (INDUMIL)**

# Switch Mode Power Supply

## S8VM (15/30/50/100/150/300/600/1,500-W Models)

### Power Supply Featuring OMRON's Unique, New Undervoltage Alarm Function with Compact Body Contributing to Machine Downsizing

- New undervoltage alarm function assists in determining causes of errors (S8VM-□□□24A□/P□ only).
- Power failure alarm function provides notification of output voltage errors (300-, 600-, and 1,500-W models only).
- Broad range of possibilities with 8 capacities and 29 models to choose from.
- RoHS-compliant including lead-free construction.
- Safety standards: UL508/60950-1/1604, CSA C22.2 No. 14/No. 60950-1/No. 213, EN50178, EN60950-1 (The 300-, 600-, and 1,500-W models will not conform to safety standards if the customer replaces the fan.)
- Harmonic current emissions: Conforms to EN61000-3-2 (except for 15- and 30-W models).
- New, attentive design prevents screws from falling out of terminal block (except for output terminals of 300-, 600-, and 1,500-W models).
- Finger protection prevents electric shock.
- DIN Rail mounting.



Note: Refer to *Precautions for Safe Use* on page 32.



## Model Number Structure

### Model Number Legend

Note: Not all combinations are possible. Please refer to the list of models in *Ordering Information* on page 2.

S8VM- □□□□□□□□  
 1 2 3 4

#### 1. Power Ratings

015: 15 W  
 030: 30 W  
 050: 50 W  
 100: 100 W  
 150: 150 W  
 300: 300 W  
 600: 600 W  
 152: 1,500 W

#### 2. Output Voltage

05: 5 V  
 12: 12 V  
 15: 15 V  
 24: 24 V

#### 3. Configuration/Functions

None:	Open-frame type	Standard type
C:	Covered type	Standard type
A:	Covered type	Undervoltage alarm type (Sinking) (See note 1.)
P:	Covered type	Undervoltage alarm type (Sourcing) (See note 1.)

#### 4. Configuration

None	Bottom mounting type (See note 2.)
D	DIN Rail mounting bracket type

- Note:**
1. The housing and terminal of the connector for the undervoltage alarm output are provided with the S8VM-05024A□/P□, S8VM-10024A□/P□ and S8VM-15024A□/P□.
  2. Bottom mounting models cannot be used for front mounting. For a front mounting configuration, use a DIN Rail mounting bracket model or Mounting Brackets (sold separately).
  3. A forced-air cooling method with a fan is used with 300-, 600-, and 1,500-W models.

# Ordering Information

**Note:** For details on normal stock models, contact your nearest OMRON representative.

Configuration	Power ratings	Input voltage	Output voltage	Output current	Bottom mounting			DIN Rail mounting bracket		
					Standard model	Undervoltage alarm model		Standard model	Undervoltage alarm model	
						Sinking	Sourcing		Sinking	Sourcing
Open-frame type	15 W	100 to 240 VAC	5 V	3 A	S8VM-01505	---	---	S8VM-01505D	---	---
			12 V	1.3 A	S8VM-01512	---	---	S8VM-01512D	---	---
			15 V	1 A	S8VM-01515	---	---	S8VM-01515D	---	---
			24 V	0.65 A	S8VM-01524	---	---	S8VM-01524D	---	---
	30 W		5 V	6 A	S8VM-03005	---	---	S8VM-03005D	---	---
			12 V	2.5 A	S8VM-03012	---	---	S8VM-03012D	---	---
			15 V	2 A	S8VM-03015	---	---	S8VM-03015D	---	---
			24 V	1.3 A	S8VM-03024	---	---	S8VM-03024D	---	---
	50 W		5 V	10 A	S8VM-05005	---	---	S8VM-05005D	---	---
			12 V	4.3 A	S8VM-05012	---	---	S8VM-05012D	---	---
			15 V	3.5 A	S8VM-05015	---	---	S8VM-05015D	---	---
			24 V	2.2 A	S8VM-05024	---	---	S8VM-05024D	---	---
	100 W		5 V	20 A	S8VM-10005	---	---	S8VM-10005D	---	---
			12 V	8.5 A	S8VM-10012	---	---	S8VM-10012D	---	---
			15 V	7 A	S8VM-10015	---	---	S8VM-10015D	---	---
			24 V	4.5 A	S8VM-10024	---	---	S8VM-10024D	---	---
	150 W		5 V	27 A	S8VM-15005 (See note 2.)	---	---	S8VM-15005D (See note 2.)	---	---
			12 V	12.5 A	S8VM-15012	---	---	S8VM-15012D	---	---
			15 V	10 A	S8VM-15015	---	---	S8VM-15015D	---	---
			24 V	6.5 A	S8VM-15024	---	---	S8VM-15024D	---	---
5 V		3 A	S8VM-01505C	---	---	S8VM-01505CD	---	---		
12 V		1.3 A	S8VM-01512C	---	---	S8VM-01512CD	---	---		
15 V		1 A	S8VM-01515C	---	---	S8VM-01515CD	---	---		
24 V		0.65 A	S8VM-01524C	S8VM-01524A (See note 1.)	---	S8VM-01524CD	S8VM-01524AD (See note 1.)	---		
30 W	5 V	6 A	S8VM-03005C	---	---	S8VM-03005CD	---	---		
	12 V	2.5 A	S8VM-03012C	---	---	S8VM-03012CD	---	---		
	15 V	2 A	S8VM-03015C	---	---	S8VM-03015CD	---	---		
	24 V	1.3 A	S8VM-03024C	S8VM-03024A (See note 1.)	---	S8VM-03024CD	S8VM-03024AD (See note 1.)	---		
50 W	5 V	10 A	S8VM-05005C	---	---	S8VM-05005CD	---	---		
	12 V	4.3 A	S8VM-05012C	---	---	S8VM-05012CD	---	---		
	15 V	3.5 A	S8VM-05015C	---	---	S8VM-05015CD	---	---		
	24 V	2.2 A	S8VM-05024C	S8VM-05024A	S8VM-05024P	S8VM-05024CD	S8VM-05024AD	S8VM-05024PD		
100 W	5 V	20 A	S8VM-10005C	---	---	S8VM-10005CD	---	---		
	12 V	8.5 A	S8VM-10012C	---	---	S8VM-10012CD	---	---		
	15 V	7 A	S8VM-10015C	---	---	S8VM-10015CD	---	---		
	24 V	4.5 A	S8VM-10024C	S8VM-10024A	S8VM-10024P	S8VM-10024CD	S8VM-10024AD	S8VM-10024PD		
150 W	5 V	27 A	S8VM-15005C (See note 2.)	---	---	S8VM-15005CD (See note 2.)	---	---		
	12 V	12.5 A	S8VM-15012C	---	---	S8VM-15012CD	---	---		
	15 V	10 A	S8VM-15015C	---	---	S8VM-15015CD	---	---		
	24 V	6.5 A	S8VM-15024C	S8VM-15024A	S8VM-15024P	S8VM-15024CD	S8VM-15024AD	S8VM-15024PD		
300 W (See note 4.)	5 V	60 A	S8VM-30005C	---	---	---	---	---		
	12 V	27 A	S8VM-30012C	---	---	---	---	---		
	15 V	22 A	S8VM-30015C	---	---	---	---	---		
	24 V	14 A Peak current: 16.5 A (200 VAC)	S8VM-30024C	---	---	---	---	---		
600 W (See note 4.)	5 V	120 A	S8VM-60005C	---	---	---	---	---		
	12 V	53 A	S8VM-60012C	---	---	---	---	---		
	15 V	43 A	S8VM-60015C	---	---	---	---	---		
	24 V	27 A Peak current: 31 A (200 VAC)	S8VM-60024C	---	---	---	---	---		
1,500 W (See note 4.)	24 V	65 A (100 VAC) 70 A (200 VAC) Peak current: 105 A (200 VAC)	S8VM-15224C (See note 3.)	---	---	---	---	---		

- Note:**
1. No outputs are built into these models.
  2. The output capacity of the S8VM-15005□□ is 135 W.
  3. M8 bolts and nuts for the output terminals are not included with the S8VM-15224C.
  4. The 300-, 600-, and 1,500-W models have fans.
  5. To perform front mounting using the bottom mounting models, use the Mounting Brackets (S82Y-VM□□F, sold separately).

# Specifications

## Ratings/Characteristics

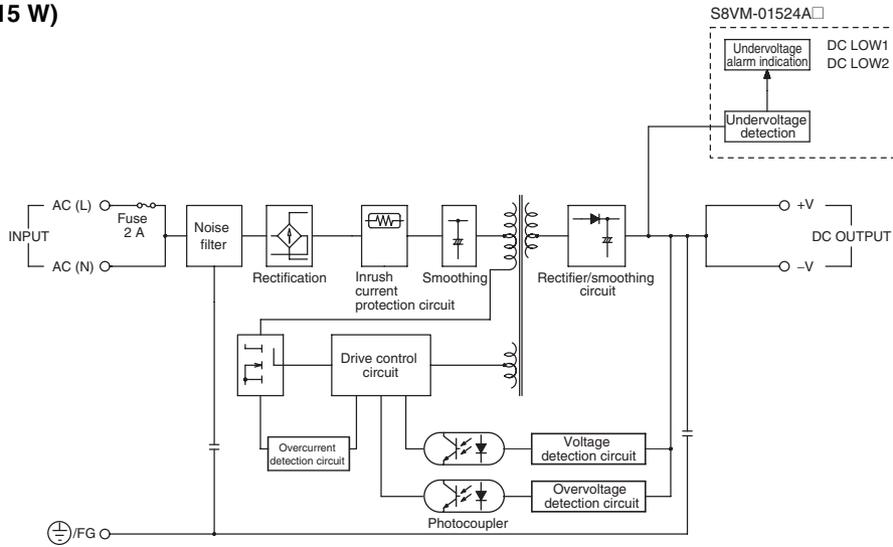
Item		Power rating	15 W	30 W	50 W	100 W	150 W	
Efficiency	5-V models		75% min.	75% min.	80% min.	81% min.	81% min.	
	12-V models		78% min.	79% min.	79% min.	81% min.	81% min.	
	15-V models		78% min.	79% min.	79% min.	81% min.	81% min.	
	24-V models		80% min.	81% min.	80% min.	82% min.	83% min.	
Input	Voltage (See note 1.)		100 to 240 VAC (85 to 264 VAC)					
	Frequency (See note 1.)		50/60 Hz (47 to 63 Hz)					
	Current	100-V input	0.5 A max.	0.9 A max.	0.8 A max.	1.4 A max.	2.0 A max.	
		200-V input	0.25 A max.	0.45 A max.	0.4 A max.	0.7 A max.	1.0 A max.	
	Power factor	100-V input	---			0.98 min.		
		200-V input	---			0.94 min.		
	Harmonic current emissions		---			Conforms to EN 61000-3-2		
	Leakage current	100-V input	0.4 mA max. (at rated output)					
		200-V input	0.75 mA max. (at rated output)					
	Inrush current (See note 2.)	100-V input	17.5 A max. (for cold start at 25°C)					
200-V input		35 A max. (for cold start at 25°C)						
Output	Voltage adjustment range (See note 3.)		-20% to 20% (with V. ADJ) (S8VM-□□□24A□/P□: -10% to 20%)					
	Ripple	3.2% (p-p) max. (5 V), 1.5% (p-p) max. (12 V), 1.2% (p-p) max. (15 V), 1.0% (p-p) max. (24 V), (at rated input/output voltage)			3.2% (p-p) max. (5 V), 1.5% (p-p) max. (12 V), 1.2% (p-p) max. (15 V), 0.75% (p-p) max. (24 V), (at rated input/output voltage)			
		Input variation influence		0.4% max. (at 85 to 264 VAC input, 100%)				
	Load variation influence (rated input voltage)		0.8% max. (with rated input, 0 to 100% load)					
	Temperature variation influence		0.02%/°C max.					
	Start up time (See note 2.)		1,100 ms max. (at rated input/output voltage)		800 ms max. (at rated input/output voltage)			
	Hold time (See note 2.)		20 ms typ. (15 ms min.) (at rated input/output voltage)					
	Additional functions	Overload protection (See note 2.)		105% to 160% of rated load current, voltage drop, intermittent, automatic reset		105% to 160% of rated load current, voltage drop (12 V, 15 V, and 24 V), voltage drop, intermittent (5 V), automatic reset		
		Overvoltage protection (See note 2.)		Yes (See note 4.)				
		Undervoltage alarm indication		Yes (color: yellow (DC LOW1), red (DC LOW2)) (S8VM-□□□24A□/P□ only)				
Undervoltage alarm output		No			Yes (S8VM-□□□24A□/P□ only) (Transistor output), 30 VDC max., 50 mA max. (See note 8.)			
Power failure alarm indication		No						
Power failure alarm output		No						
Series operation		Yes						
Parallel operation		No						
Remote sensing function		No				Yes		
Other		Ambient operating temperature		Refer to the derating curve in <i>Engineering Data (15-W, 30-W, 50-W, 100-W, 150-W Models)</i> . (with no icing or condensation) (See note 2.)				
	Storage temperature		-25 to 65°C					
	Ambient operating humidity		30% to 85% (Storage humidity: 25% to 90%)					
	Dielectric strength		3.0 kVAC for 1 min. (between all inputs and outputs; detection current: 20 mA) 2.0 kVAC for 1 min. (between all inputs and PE/FG terminals; detection current: 20 mA) 500 VAC for 1 min. (between all outputs and PE/FG terminals; detection current: 100 mA) 500 VAC for 1 min. (between all outputs (except the detection output terminals) and detection output terminals; detection current: 20 mA) (S8VM-□□□24A□/P□ only)					
	Insulation resistance		100 MΩ min. (between all outputs and all inputs, PE/FG terminals) at 500 VDC					
	Vibration resistance		10 to 55 Hz, 0.375-mm single amplitude for 2 hours each in X, Y, and Z directions					
	Shock resistance		150 m/s <sup>2</sup> , 3 times each in ±X, ±Y, ±Z directions					
	Output indicator		Yes (color: green)					
	EMI	Conducted Emission		Conforms to EN61204-3 EN55011 Class B and based on FCC Class B (See note 5.)				
		Radiated Emission		Conforms to EN61204-3 EN55011 Class B (See note 6.)				
	EMS		Conforms to EN61204-3 High severity levels					
	Approved standards		UL: UL508 (Listing), UL60950-1, UL1604 (Class I/Division 2, Listing) CSA: cUL: C22.2 No.14, No.213 (Class I/Division 2), cUR: No. 60950-1 EN: EN50178, EN60950-1 SELV (EN60950-1) According to VDE0160/P100 SEMI-F47 (200 VAC input)					
	Weight (See note 7.)		180 g max.	220 g max.	290 g max.	460 g max.	530 g max.	

- Note:**
- Do not use the Inverter output for the Power Supply. Inverters with an output frequency of 50/60 Hz are available, but the rise in the internal temperature of the Power Supply may result in ignition or burning.
  - Refer to the *Engineering Data (15-W, 30-W, 50-W, 100-W, 150-W Models)* section on page 9 to 11 for details.
  - If the V. ADJ adjuster is turned, the voltage will increase by more than +20% of the voltage adjustment range. When adjusting the output voltage, confirm the actual output voltage from the Power Supply and be sure that the load is not damaged.
  - To reset the protection, turn OFF the input power for three minutes or longer and then turn it back ON.
  - Conducted emissions: The noise value is affected by factors such as the wiring method. The Power Supply conforms to Class B when the aluminum plate is laid under the Power Supply. For 15-W models, insert a clamp filter (ZCAT2436-1330 by TDK: 50 Ω min. [50 to 500 MHz], or the equivalent) in the output wire to reduce noise.
  - Radiated emissions: The noise value is affected by factors such as the wiring method. The Power Supply conforms to Class B when the aluminum plate is laid under the Power Supply. For 150-W models, insert a clamp filter (ZCAT2017-0930 by TDK: 35 Ω min. [50 to 500 MHz], or the equivalent) in the input wire to reduce noise.
  - The weight indicated is for bottom mounting, open-frame models.
  - A□: Sinking type (NPN)  
P□: Sourcing type (PNP)

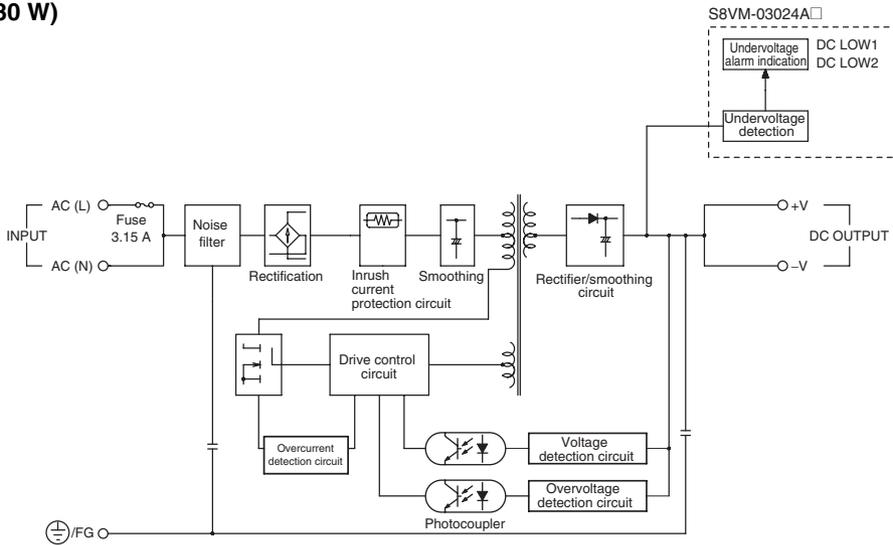
# Connections

## ■ Block Diagrams

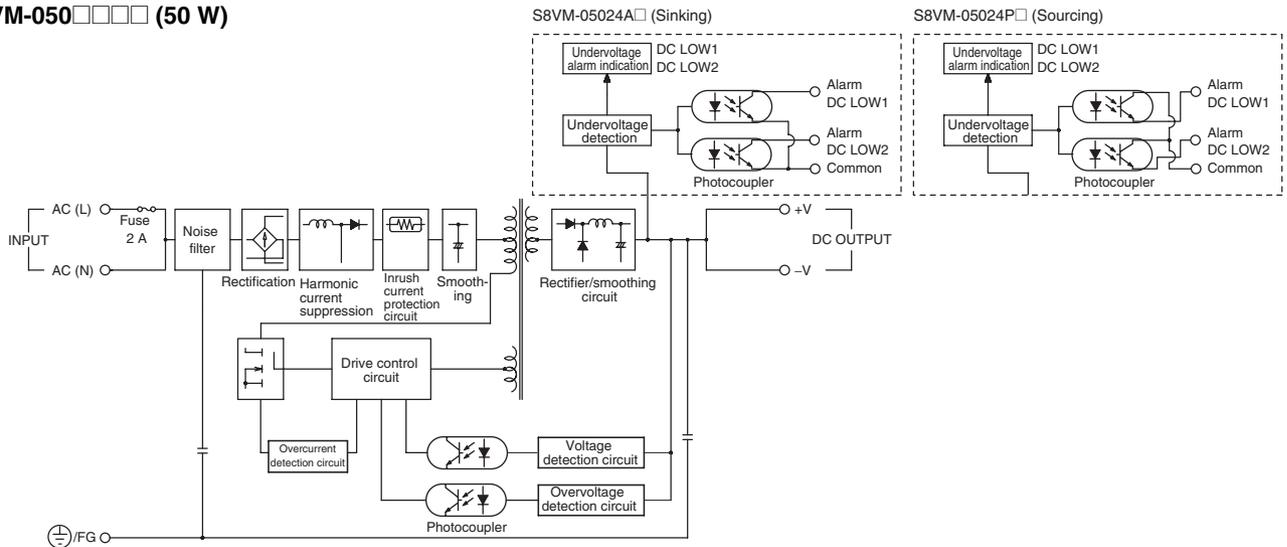
**S8VM-015**□□□□ (15 W)



**S8VM-030**□□□□ (30 W)



**S8VM-050**□□□□ (50 W)



# Construction and Nomenclature (15-W, 30-W, 50-W, 100-W, 150-W Models)

## Nomenclature

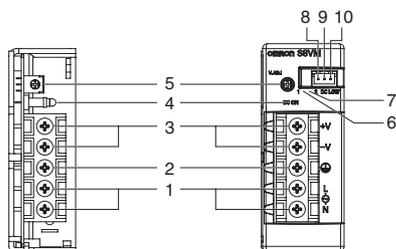
### 15-W, 30-W, 50-W Models

#### Open-frame Models

S8VM-015□□/S8VM-015□□D  
 S8VM-030□□/S8VM-030□□D  
 S8VM-050□□/S8VM-050□□D

#### Covered Models

S8VM-015□□C□/S8VM-01524A□  
 S8VM-030□□C□/S8VM-03024A□  
 S8VM-050□□C□/S8VM-05024A□/P□



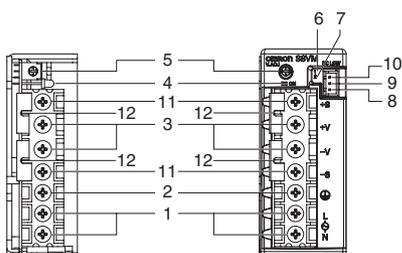
### 100-W Models

#### Open-frame Models

S8VM-100□□/S8VM-100□□D

#### Covered Models

S8VM-100□□C□/S8VM-10024A□/P□



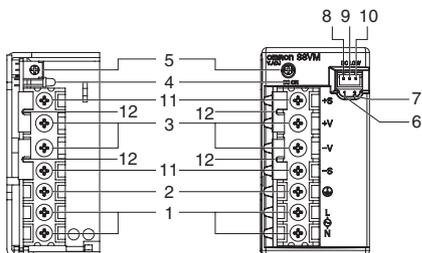
### 150-W Models

#### Open-frame Models

S8VM-150□□/S8VM-150□□D

#### Covered Models

S8VM-150□□C□/S8VM-15024A□/P□



### 300-W, 600-W, 1,500-W Models

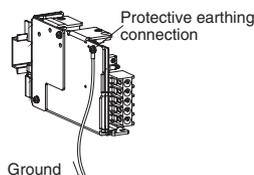
Note: Refer to page 14.

No.	Name	Function
1	AC input terminals (L), (N)	Connect the input lines to these terminals. (See note 1.)
2	PE terminal: Protective earthing terminal (S8VM-□□□□□C□/□/□□□□□A□/□□□□□P□) FG terminal: Frame ground terminal (S8VM-□□□□□□/□□□□□□□□□□)	Connect the ground line to this terminal. (See note 2.)
3	DC output terminals (-V), (+V)	Connect the load lines to these terminals.
4	Output indicator (DC ON: Green)	Lights (green) while a direct current (DC) output is ON.
5	Output voltage adjuster (V. ADJ)	Use to adjust the voltage.
6	Undervoltage alarm indicator 1 (DC LOW1: Yellow) (See note 3.)	Lights only when a momentary drop in output voltage is detected. This status is maintained.
7	Undervoltage alarm indicator 2 (DC LOW2: Red) (See note 3.)	Lights only when the output voltage drops to approximately 20 V or lower.
8	Undervoltage alarm output terminal 1: (DC LOW1) (See note 4.)	Outputs only when a momentary drop in output voltage is detected. This status is maintained. (The transistor turns OFF when a voltage drop occurs.)
9	Undervoltage alarm output terminal 2: (DC LOW2) (See note 4.)	Outputs only when the output voltage drops to approximately 20 V or lower. (The transistor turns OFF when a voltage drop occurs.)
10	Common terminal for undervoltage alarm output (See note 4.)	Common terminal (See note 6.) for terminals 8 and 9
11	Remote sensing terminals (See note 5.)	Correct the voltage drop in the load lines.
12	Short bars (See note 5.)	---

**Note:** 1. The fuse is located on the (L) side. It is NOT user-replaceable.

2. If mounting is performed using a DIN Rail, the protective earthing connection is the panel mounting hole shown in the figure below.

(A protective earthing connection stipulated in safety standards is used. Connect the ground completely (S8VM-□□□□□D only)).  
 Ground terminal: M3 (Depth: 8 mm max.)/Ground wire: AWG 18



3. S8VM-□□□□24A□/P□ only

4. S8VM-05024A□/P□, S8VM-10024A□/P□, S8VM-15024A□/P□ only. Housing and terminals of the connector for undervoltage detection output are also provided. For details, refer to *Undervoltage Alarm Output Connector Harness Manufacture Method* on page 33 under *Safety Precautions*.

5. When not using the remote sensing function, leave the short bar in the same state as when shipped.

6. A□ models: Common terminal (emitter)  
 P□ models: Common terminal (collector)

## Output Color Label

This color label identifies the output voltage by color.



Color label identifying output voltage

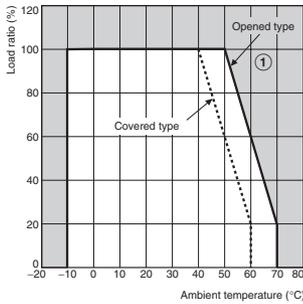
Green: 5 V  
 Blue: 12 V  
 Yellow: 15 V  
 White: 24 V

# Engineering Data (15-W, 30-W, 50-W, 100-W, 150-W Models)

## Derating Curve

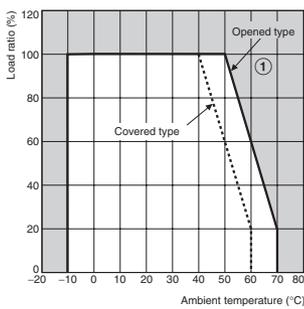
### 15W/30W

#### Standard Mounting/Horizontal Mounting/Face-up Mounting

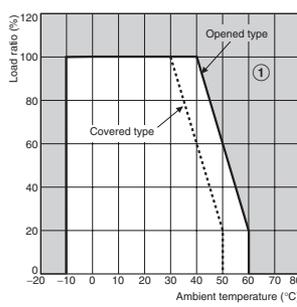


### 50W

#### Standard Mounting/Horizontal Mounting

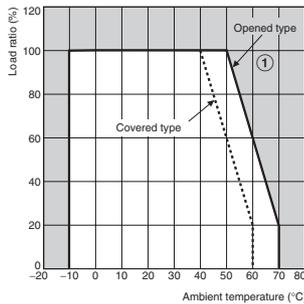


#### Face-up Mounting

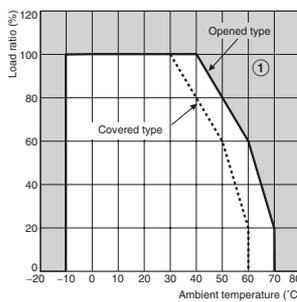


### 100W

#### Standard Mounting

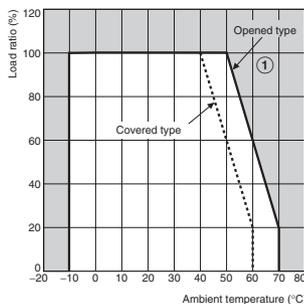


#### Horizontal Mounting/Face-up Mounting

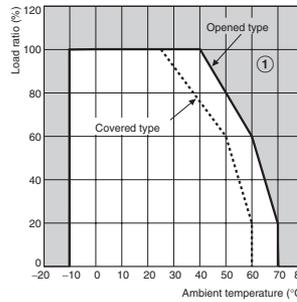


### 150W

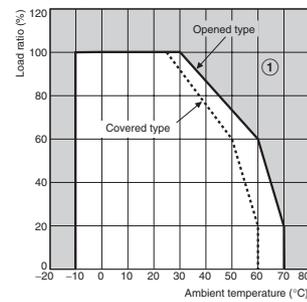
#### Standard Mounting



#### Horizontal Mounting



#### Face-up Mounting



### 300W/600W/1,500W

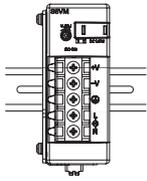
**Note:** Refer to page 15.

- Note:**
1. Internal parts may occasionally be deteriorated or damaged. Do not use the Power Supply in areas outside the derating curves (i.e., the area shown by shading ① in the above graphs).
  2. If there is a derating problem, use forced air-cooling.
  3. When mounting two or more Power Supplies side-by-side, allow at least 20 mm spacing between them. Multiple 100- and 150-W models cannot be used side by side. Be sure to install the Power Supplies as far away from heat-generating sources as possible. As a reference value, allow at least 50 mm spacing on the right and left sides. If only 20 mm spacing is allowed, use the Power Supply at a load ratio of 80% or less.
  4. When using 150-W models for a long period of time at an input voltage of 90 VAC or lower, reduce the load to 80% or less of the above derating curves.

## ■ Mounting

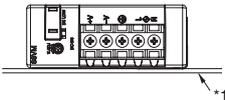
Standard Mounting  
(DIN Rail Mounting Bracket Models)

Correct



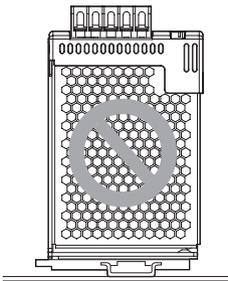
Horizontal Mounting

Correct



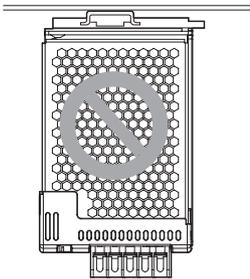
Face-up Mounting  
(DIN Rail Mounting Bracket Models)

Incorrect



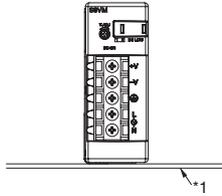
Face-down Mounting  
(DIN Rail Mounting Bracket Models)

Incorrect



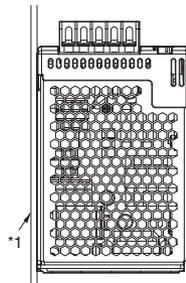
Standard Mounting  
(Bottom Mounting Models)

Correct



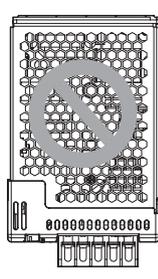
Face-up Mounting

Correct



Face-down Mounting

Incorrect



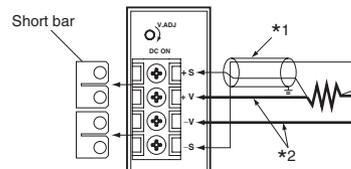
**Note:** 1. Improper mounting will interfere with heat dissipation and may occasionally result in deterioration or damage of internal parts.

Use the Power Supply within the derating curve for the mounting direction that is used.

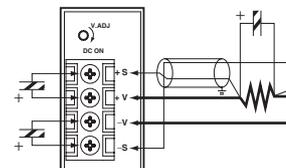
2. Use the metal plate as the mounting panel (\*1).
3. Install the Power Supply so that the air flow circulates around the Power Supply, as the Power Supply is designed to radiate heat by means of natural air flow.
4. Mounting screw tightening torque (recommended value: M3 (0.49 N·m))

## ■ Remote Sensing Function (S8VM-100□□□□/150□□□□ only)

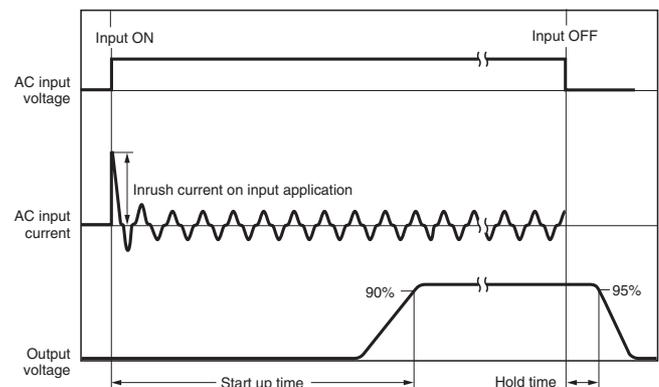
This function compensates a voltage drop on the load lines. To use this function, connect after removing the two short bars of the remote sensing terminal.



- Note:**
1. Use a 2-conductor shielded cable as a connection wire (\*1).
  2. Use as thick a wire as possible since high voltage drops on the load lines (\*2) may activate the overvoltage protection function.
  3. Use when the voltage drop is 0.3 V or lower.
  4. When the +S and -S terminals are opened with the short bar removed, the overvoltage protection function is activated and the output voltage will be cut off.
  5. If the load line is too long, use an electrolytic capacitor in the following 3 locations:
    - 1) Across the load terminals
    - 2) Between the +S terminal and + terminal
    - 3) Between the -S terminal and - terminal
 Select the capacity of the connected capacitor from between several tens to several hundreds of  $\mu\text{F}$  as a guide, and then determine the capacity when actually connecting the capacitor between terminals as shown below.



## ■ Inrush Current, Start Up Time, Output Hold Time



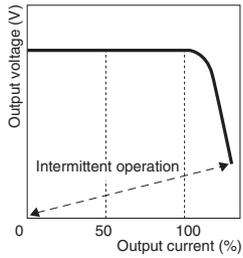
## ■ Reference Values

Item	Value	Definition
Reliability (MTBF)	135,000 hrs min.	MTBF stands for Mean Time Between Failures, which is calculated according to the probability of accidental device failures, and indicates the reliability of a device. Therefore, it does not necessarily represent the life of the Power Supply.
Life expectancy	10 yrs. min.	The life expectancy indicates average operating hours under the ambient temperature of 40°C and a load rate of 50%. Normally this is determined by the life expectancy of the built-in aluminum electrolytic capacitor.

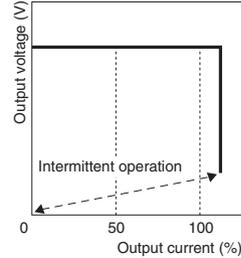
## Overload Protection

The Power Supply is provided with an overload protection function that protects the Power Supply from possible damage by short-circuit and overcurrent. When the output current rises above 105% min. of the rated current, the protection function is triggered, automatically decreasing the output voltage. When the output current falls within the rated range, the overload protection function is automatically cleared.

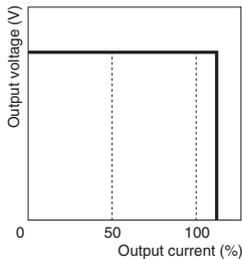
15W/30W



50W/100W/150W (5 V)



50W/100W/150W (12 V, 15 V, 24 V)



300W/600W/1,500W

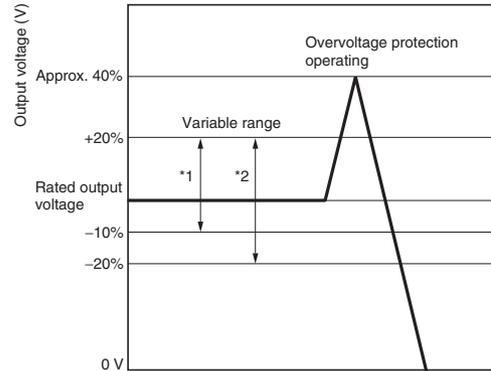
Note: Refer to page 17.

The values shown in the above diagrams are for reference only.

- Note:**
- Internal parts may occasionally deteriorate or be damaged if a short-circuited or other overcurrent state continues during operation. Eliminate the overcurrent state as soon as possible.
  - Internal parts may possibly be deteriorated or damaged if the Power Supply is used for applications with frequent inrush current or overloading at the load end. Do not use the Power Supply for such applications.

## Overvoltage Protection

Consider the possibility of an overvoltage and design the system so that the load will not be subjected to an excessive voltage even if the feedback circuit in the Power Supply fails. When an excessive voltage that is approximately 140% of the rated voltage or more is output, the output voltage is shut OFF, preventing damage to the load due to overvoltage. Reset the input power by turning it OFF for at least three minutes and then turning it back ON again.



The values shown in the above diagram are for reference only.

\*1 S8VM-□□□24A□/P□

\*2 Except for S8VM-□□□24A□/P□

- Note:**
- Do not turn ON the input power again until the cause of the overvoltage has been removed.
  - The overvoltage protection function may be activated when the output voltage adjuster (V.ADJ) is set to a value that exceeds +20% of the rated output voltage.

## Undervoltage Alarm Function (Indication and Output)

(Only S8VM-□□□24A□/P□)

If an output voltage drop is detected with an S8VM-□□□24A□/P□ with undervoltage alarm function, the DC LOW indicator will light to notify of an output error. The transistor also sends an output externally to notify of the error (except for the S8VM-01524A□ and S8VM-03024A□).

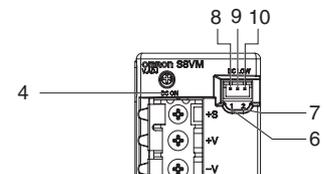
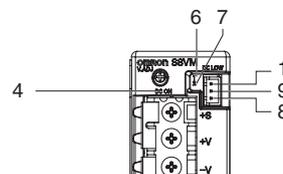
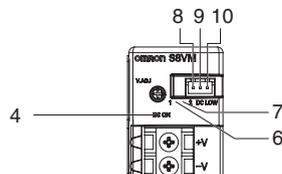
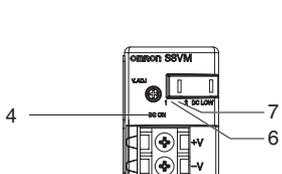
Transistor Output: Sinking type: (NPN) (S8VM-□□□24A□)  
 Sourcing type: (PNP) (S8VM-□□□24P□)  
 30 VDC max., 50 mA max., Residual voltage when ON: 2 V or less, Leakage current when OFF: 0.1 mA or less

S8VM-01524A□  
S8VM-03024A□

S8VM-05024A□/P□

S8VM-10024A□/P□

S8VM-15024A□/P□



### Undervoltage Alarm Function 1 (DC LOW1)

Only a momentary voltage drop is detected. Detection voltage is automatically adjusted internally by detecting the output voltage (approx. 2.7 V lower than the voltage output at an output voltage of 24.0 V). During detection, the transistor is OFF (with no continuity across 8 and 10) and the LED (6: Yellow) lights. (The Undervoltage Alarm Function 1 is used as a latch holding function.)

### Undervoltage Alarm Function 2 (DC LOW2)

Detection voltage is set to approx. 20.0 V (from 18.0 to 21.6 V). During detection, the transistor is OFF (with no continuity across 9 and 10) and the LED (7: Red) lights.

**Note:** 1. This function monitors the voltage at the Power Supply output terminals. To check actual voltage, measure voltage on the load side.

- Gradual voltage drop is not detected by the Undervoltage Alarm Function 1 (DC LOW1).
- Once undervoltage is detected by Undervoltage Alarm Function 1 (DC LOW1), the transistor turns OFF and status of the LED (6: Yellow) light is maintained. To reset the function, turn OFF the input power for 60 seconds or longer, and then turn it ON again.
- If the output voltage remains at 15 V or lower for several seconds when using Undervoltage Alarm Function 1 (DC LOW 1), the output hold status for detection may be reset.

## ■ Probable Causes of Power Supply Errors and Troubleshooting Using Undervoltage Alarm Function

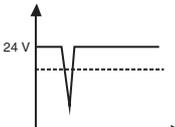
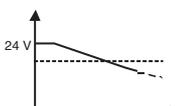
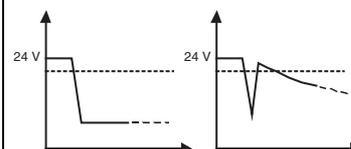
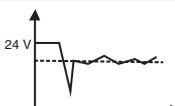
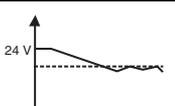
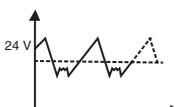
Check the following information if the Undervoltage Alarm Function operates.

Contact your OMRON representative if the Power Supply does not function normally after checking.

The symbols in the table are as follows:

●: Lit, ○: Not lit, ✕: Flashing

**Note:** Flashing: The output voltage is unstable, causing the LED to repeatedly turn ON and OFF.

	DC ON		DC LOW1		DC LOW2		Output voltage	Power Supply status diagnosis	
	LED (4): Green	LED (6): Yellow	Transistor outputs (8 to 10)	LED (7): Red	Transistor outputs (9 to 10)				
1	●	○	ON	○	ON	→	Normal (approx. 90% min. of rated output voltage)	Normal status	
2	●	●	OFF	○	ON	→	Normal (approx. 90% min. of rated output voltage)	The output voltage has recovered to normal status following a previous sudden voltage drop.	
3	●	○	ON	●	OFF	→	Output drop (approx. 90% max. of rated output voltage)	The output voltage has dropped gradually and remains low.	
4	●	●	OFF	●	OFF	→	Output drop (approx. 90% max. of rated output voltage)	The output voltage remains low following a previous sudden voltage drop.	
5	●	●	OFF	✕	ON ⇕ OFF	→	Output drop (approx. 80% of rated output voltage)	The output voltage remains low and is continuing to fluctuate following a previous sudden voltage drop.	
6	●	○	ON	✕	ON ⇕ OFF	→	Output drop (approx. 80% of rated output voltage)	The output voltage has dropped gradually, remains low, and is continuing to fluctuate.	
7	○	○	OFF	○	OFF	→	No output	No output voltage is being output.	
8	✕	✕	ON ⇕ OFF	✕	ON ⇕ OFF	→	Unstable output	The output voltage is unstable.	

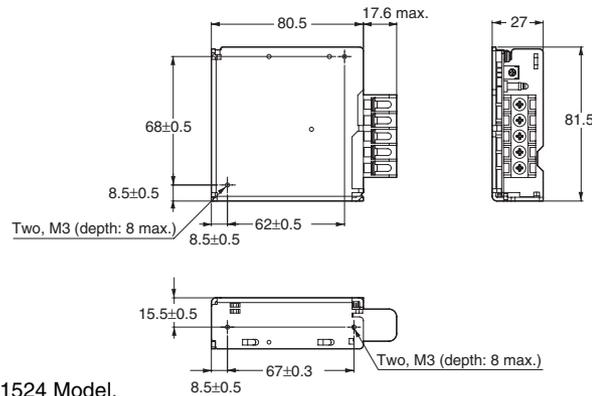
Probable cause of error	Troubleshooting methods	
---	---	1
A momentary power failure has occurred in the input.	Check that the output voltage is normal and no problems have occurred in other devices. No problems will be caused by continuing to use the Power Supply as is. To clear DC LOW1 (LED display and transistor output status), turn OFF the input power, and wait at least 60 s before turning ON the input Power Supply again.	2
A momentary overload has occurred.	The load current has probably exceeded the rated current. We suggest reducing the connected load or replace the Power Supply with one that has a higher capacity.	
A momentary output voltage drop has occurred at startup due to the capacity of the capacitive factors on the load side or when the load is activated.	A large inrush current has probably flowed to the load side at startup. We suggest replacing the Power Supply with one that has a higher capacity.	
The output voltage has returned to normal voltage following a rapid drop caused by using the output voltage adjuster (V.ADJ).	Turn OFF the input power, and wait at least 60 s before turning ON the input power again to clear the indicator status.	
Deterioration due to age (when the Power Supply has been used for several years)	The internal parts of the Power Supply may have deteriorated due to age. We suggest replacing the Power Supply. Also replace other Power Supplies that were purchased at the same time.	3
Overload (immediately following first use of the Power Supply or when increasing the load)	The load current has probably exceeded the rated current. Check the actual load current and Power Supply capacity. Continued use in overload status may damage the Power Supply.	
The output voltage dropped to -10% or lower of the rated voltage resulting from using the output voltage adjuster (V.ADJ)	Adjust the output voltage to the rated values using the output voltage adjuster (V.ADJ).	
A sudden overload occurred and the Power Supply remains in overload status.	An error has probably occurred in the load device. Turn OFF the input power, and check whether any errors have occurred in the load device. Continued use in overload status may damage the Power Supply.	4
The output voltage remains low after a rapid voltage drop caused by using the output voltage adjuster (V.ADJ).	Adjust the output voltage to the rated values using the output voltage adjuster (V.ADJ). To clear DC LOW1 (LED display and transistor output status), turn OFF the input power, and wait at least 60 s before turning ON the input power again.	
The overload status continues to fluctuate following a sudden overload.	An error has probably occurred in the load device. Turn OFF the input power, and check whether any errors have occurred in the load device. Continued use in overload status may damage the Power Supply.	5
Deterioration due to age (after using the Power Supply for several years)	The internal parts of the Power Supply may have deteriorated due to age. Replace the Power Supply. Also replace other Power Supplies that were purchased at the same time.	6
Overload (immediately following first use of the Power Supply or when increasing the load)	The load current has probably exceeded the rated current. Check the actual load current and Power Supply capacity. Continued use in overload status may damage the Power Supply.	
Power Supply interrupted or damaged.	Check whether the input power is being applied correctly. If there is no output even though the input power is applied correctly, the internal circuit is probably damaged.	7
Overvoltage protection operation	Turn OFF the input power, and wait at least 3 min before turning ON the input power again. If the same status recurs, the internal circuit is probably damaged.	
The short bar has fallen off, or the +S and -S terminals are open.	Check whether the +S and -S terminals are open. If so, the overvoltage protection function is activated. Therefore, turn OFF the input power and wait at least three minutes before turning it ON again. (S8VM-10024A□/P□ and S8VM-15024A□/P□ models only)	
Output short-circuit	Remove the cause of the output short-circuit.	
Intermittent operation due to overload (S8VM-01524A□/03024A□ only)	The load current has probably exceeded the rated current. Check the actual load current and Power Supply capacity. Continued use in overload status may damage the Power Supply.	8
The Power Supply fails to start repeatedly due to the capacity of the capacitive factors on the load side.	A large inrush current has probably flowed to the load side at startup. We suggest replacing the Power Supply with one that has a higher capacity.	
The input turns ON and OFF repeatedly.	Check whether the Power Supply's input voltage is being applied correctly.	
The status repeatedly switches between normal operation and output short-circuit.	An error has probably occurred in the load device. Turn OFF the input power, and check whether any errors have occurred in the load device.	

# Dimensions

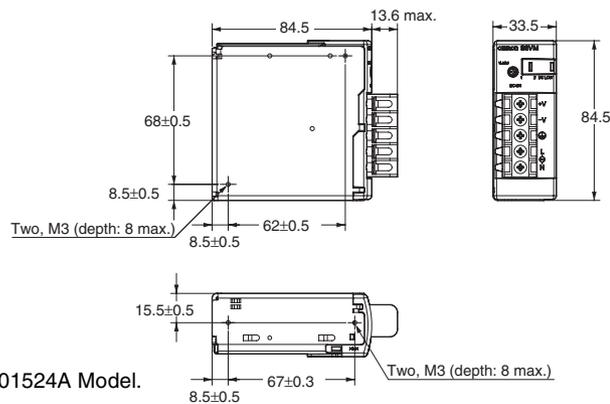
Note: All units are in millimeters unless otherwise indicated.

## Bottom Mounting Models (15-W, 30-W, 50-W, 100-W, 150-W Models)

S8VM-015□□  
S8VM-015□□C  
S8VM-01524A



Note: The image is the S8VM-01524 Model.

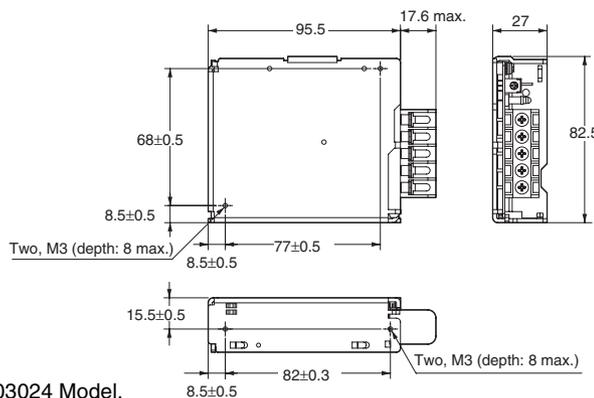
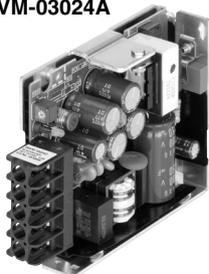


Note: The image is the S8VM-01524A Model.

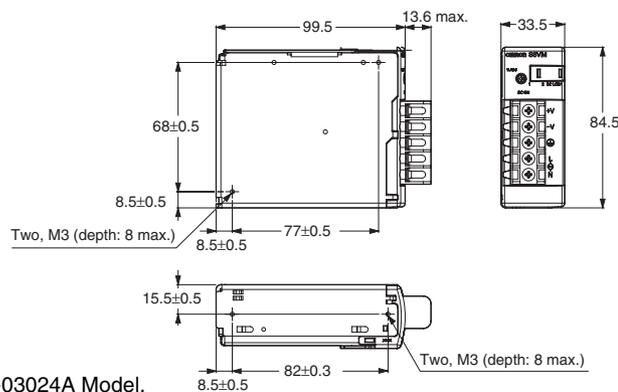
### Mounting Holes

	Bottom View
Side Mounting	Two, 4 dia. 68±0.5 62±0.5
Bottom Mounting	Two, 4 dia. 67±0.3

S8VM-030□□  
S8VM-030□□C  
S8VM-03024A



Note: The image is the S8VM-03024 Model.

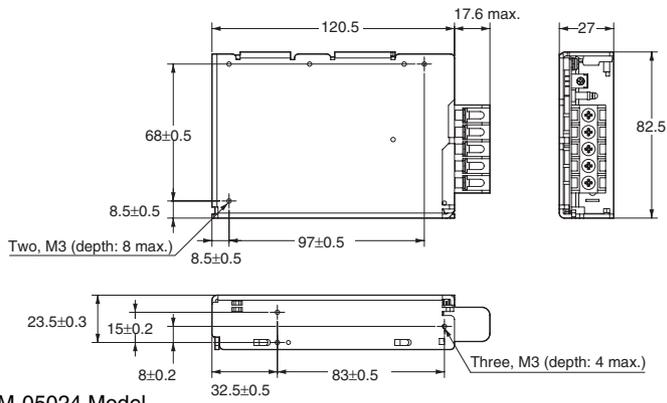


Note: The image is the S8VM-03024A Model.

### Mounting Holes

	Bottom View
Side Mounting	Two, 4 dia. 68±0.5 77±0.5
Bottom Mounting	Two, 4 dia. 82±0.3

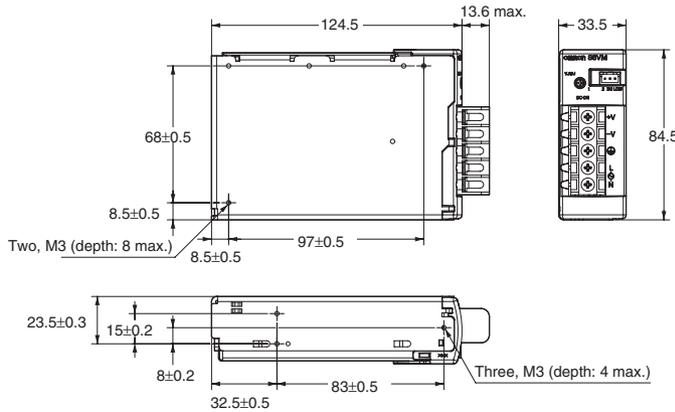
S8VM-050□□  
 S8VM-050□□C  
 S8VM-05024A  
 S8VM-05024P



Mounting Holes

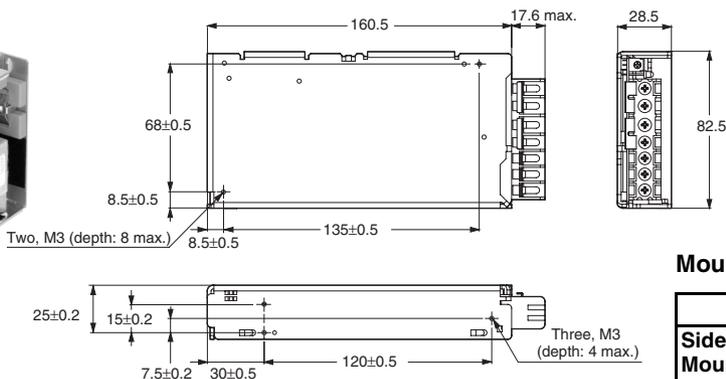
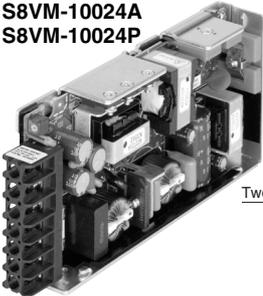
Bottom View	
Side Mounting	Two, 4 dia. 
Bottom Mounting	Three, 4 dia. 

Note: The image is the S8VM-05024 Model.



Note: The image is the S8VM-05024A Model.

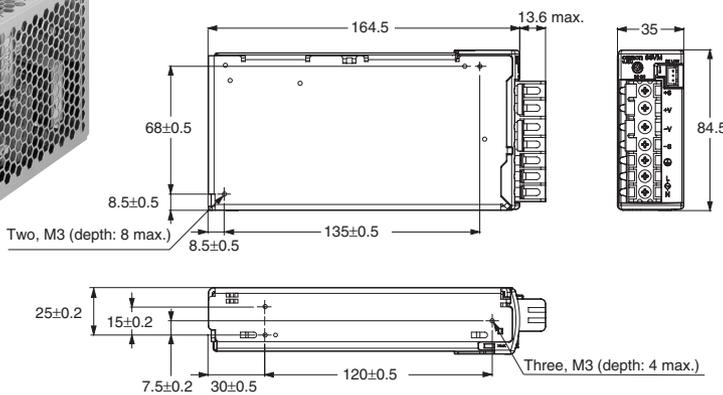
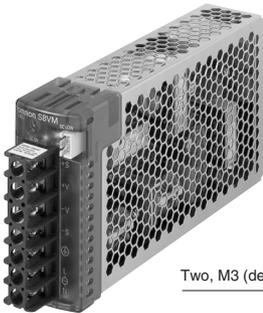
S8VM-100□□  
 S8VM-100□□C  
 S8VM-10024A  
 S8VM-10024P



Mounting Holes

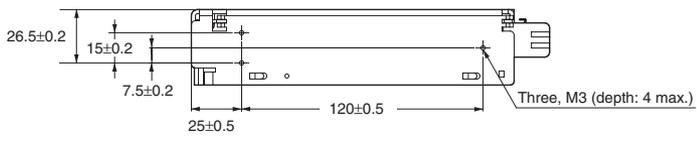
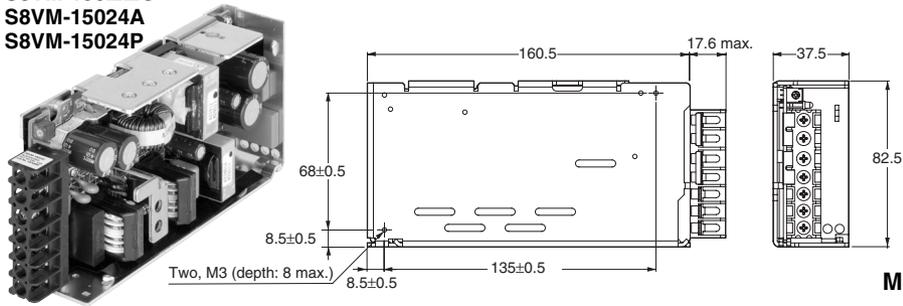
Bottom View	
Side Mounting	Two, 4 dia. 
Bottom Mounting	Three, 4 dia. 

Note: The image is the S8VM-10024 Model.

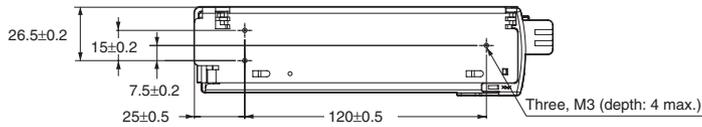
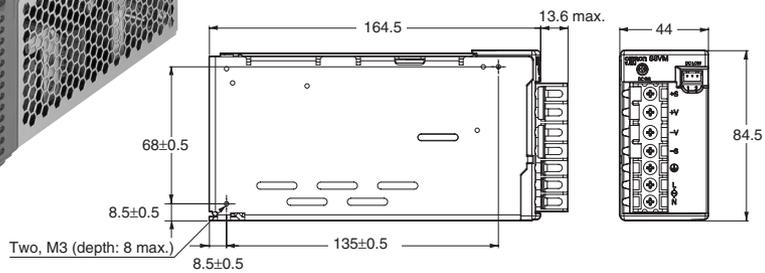
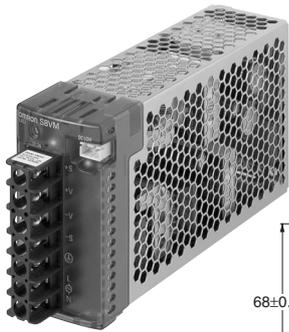


Note: The image is the S8VM-10024A Model.

S8VM-150□□  
 S8VM-150□□C  
 S8VM-15024A  
 S8VM-15024P



**Note:** The image is the S8VM-15024 Model.



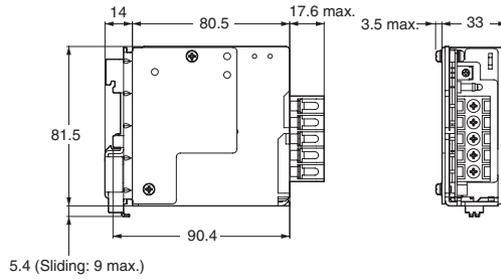
**Note:** The image is the S8VM-15024A Model.

**Mounting Holes**

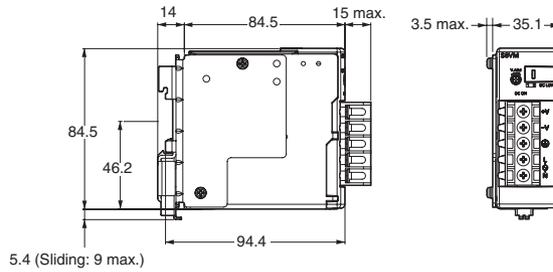
Bottom View	
Side Mounting	Two, 4 dia.
Bottom Mounting	Three, 4 dia.

## ■ DIN Rail Mounting Bracket Models (15-W, 30-W, 50-W, 100-W, 150-W Models)

S8VM-015□□D  
S8VM-015□□CD  
S8VM-01524AD

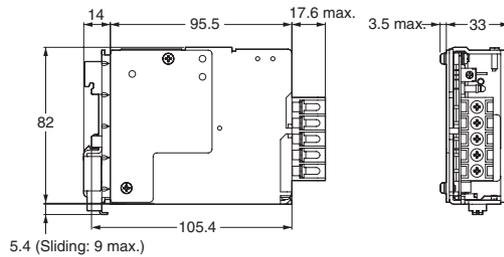


**Note:** The image is the S8VM-01524D Model.

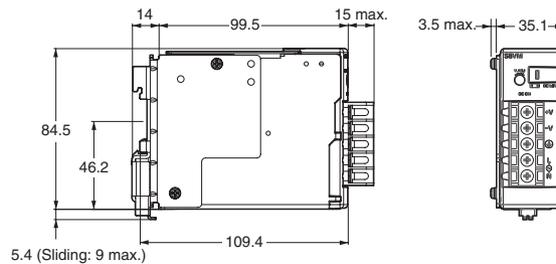


**Note:** The image is the S8VM-01524AD Model.

S8VM-030□□D  
S8VM-030□□CD  
S8VM-03024AD

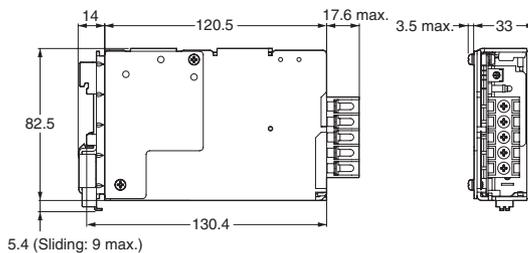
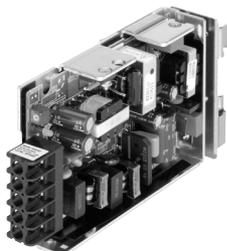


**Note:** The image is the S8VM-03024D Model.

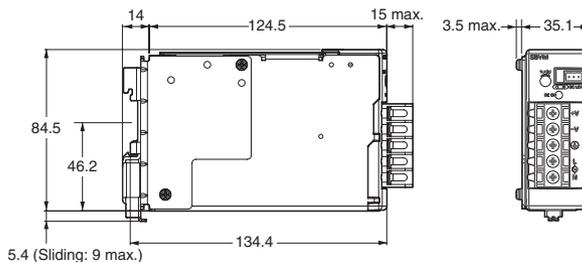


**Note:** The image is the S8VM-03024AD Model.

S8VM-050□□D  
 S8VM-050□□CD  
 S8VM-05024AD  
 S8VM-05024PD

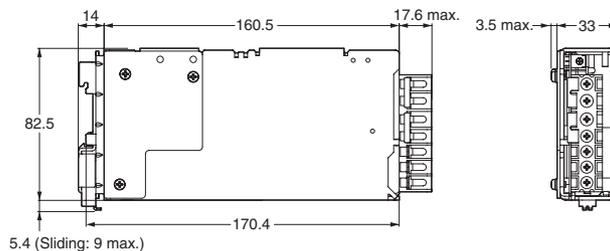
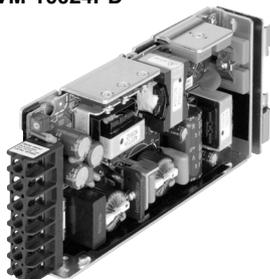


**Note:** The image is the S8VM-05024D Model.

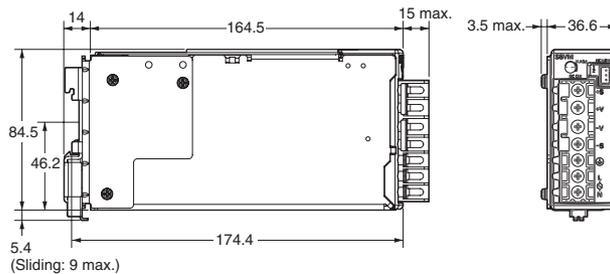
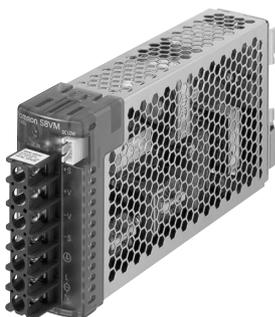


**Note:** The image is the S8VM-05024AD Model.

S8VM-100□□D  
 S8VM-100□□CD  
 S8VM-10024AD  
 S8VM-10024PD

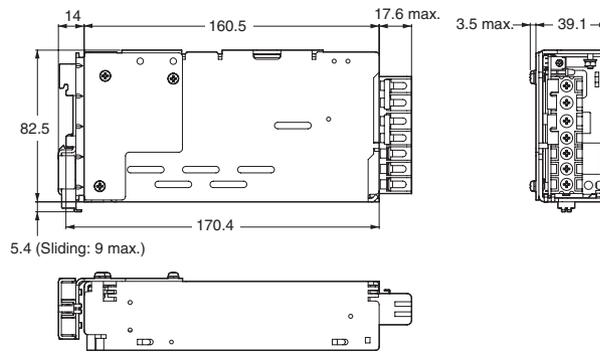
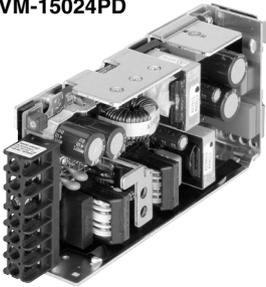


**Note:** The image is the S8VM-10024D Model.

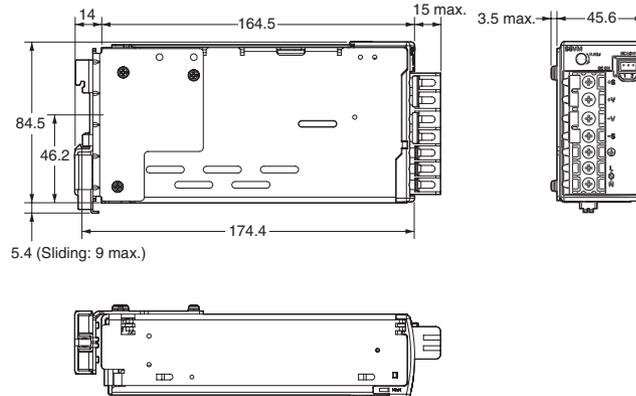
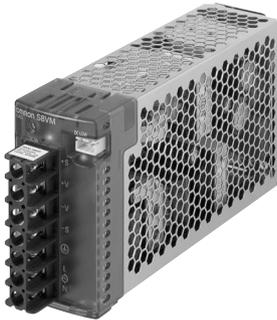


**Note:** The image is the S8VM-10024AD Model.

S8VM-150□□D  
 S8VM-150□□CD  
 S8VM-15024AD  
 S8VM-15024PD



**Note:** The image is the S8VM-15024D Model.



**Note:** The image is the S8VM-15024AD Model.

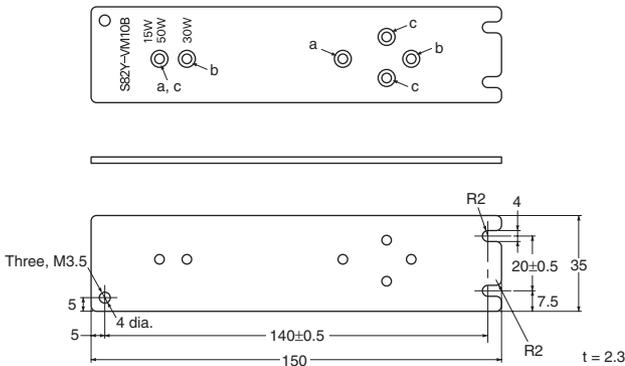
## ■ Mounting Brackets

Name	Model
Mounting Bracket A (bottom mounting for 15-, 30-, and 50-W models)	S82Y-VM10B
Mounting Bracket B (bottom mounting for 100- and 150-W models)	S82Y-VM20B
Mounting Bracket C (front mounting for 15-, 30-, 50-, 100-, and 150-W models)	S82Y-VM10F
Mounting Bracket D (bottom mounting for 300-W models)	S82Y-VM30B
Mounting Bracket E (horizontal bottom mounting for 300-W models)	S82Y-VM30S
Mounting Bracket F (front mounting for 300-W models)	S82Y-VM30F
Mounting Bracket G (DIN Rail mounting for 300-W models)	S82Y-VM30D
Mounting Bracket H (bottom mounting for 600-W models)	S82Y-VM60B
Mounting Bracket I (horizontal bottom mounting for 600-W models)	S82Y-VM60S
Mounting Bracket J (front mounting for 600-W models)	S82Y-VM60F
Mounting Bracket K (DIN Rail mounting for 600-W models)	S82Y-VM60D

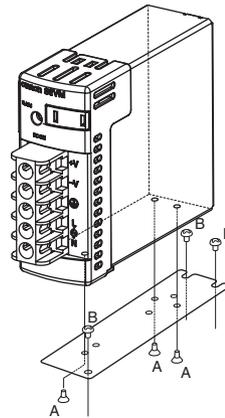
### Mounting Bracket A (Bottom Mounting for 15-, 30-, and 50-W Models)

#### S82Y-VM10B

a = Mounting holes for 15-W models  
 b = Mounting holes for 30-W models  
 c = Mounting holes for 50-W models



#### Using the Mounting Bracket

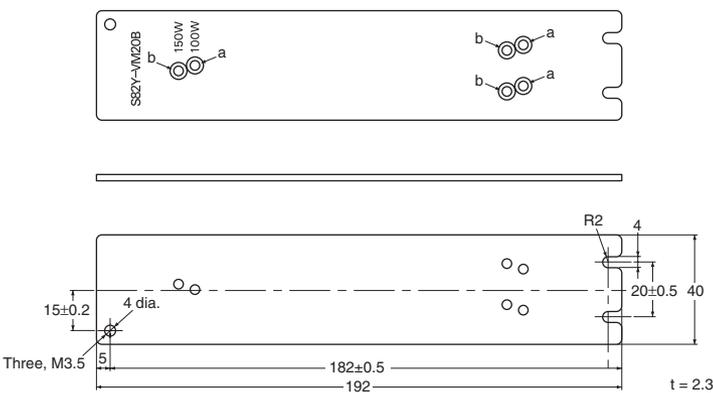


Screws Used  
 A: Accessories  
 (Use the enclosed screws in two places for 15-W and 30-W models and in three places for 50-W models.)  
 B: M3 or M3.5  
 (three places)  
 Mounting screw tightening torque (recommended): 0.49 N·m

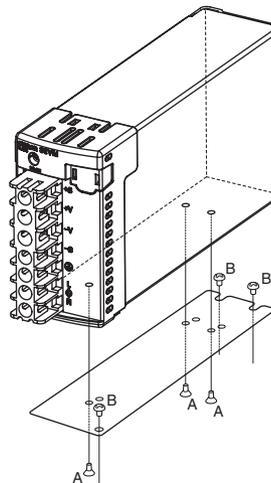
### Mounting Bracket B (Bottom Mounting for 100-, and 150-W Models)

#### S82Y-VM20B

a = Mounting holes for 100-W models  
 b = Mounting holes for 150-W models



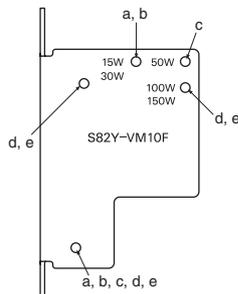
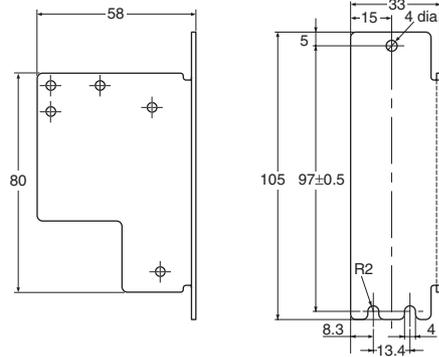
#### Using the Mounting Bracket



Screws Used  
 A: Accessories  
 (Use the enclosed screws in three places.)  
 B: M3 or M3.5  
 (three places)  
 Mounting screw tightening torque (recommended): 0.49 N·m

**Mounting Bracket C (Front Mounting for 15-, 30- 50-, 100-, and 150-W Models)**

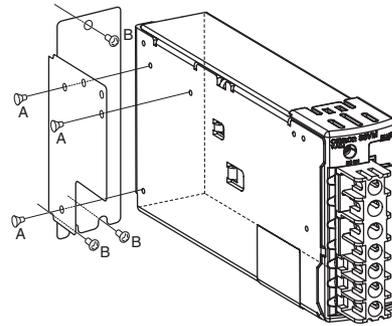
**S82Y-VM10F**



t = 1.6

- a = Mounting holes for 15-W models
- b = Mounting holes for 30-W models
- c = Mounting holes for 50-W models
- d = Mounting holes for 100-W models
- e = Mounting holes for 150-W models

**Using the Mounting Bracket**



**Screws Used**

A: Accessories

(Use the enclosed screws in two places for 15-W, 30-W and 50-W models and in three places for 100-W and 150-W models.)

B: M3 or M3.5

(three places)

Mounting screw tightening torque (recommended): 0.49 N·m

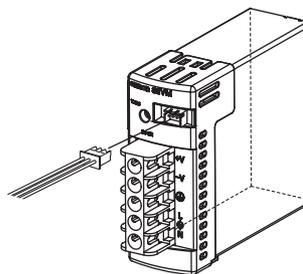
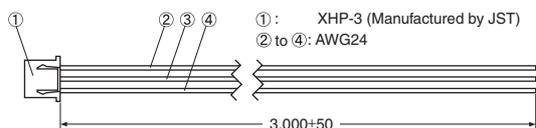
## Other Items Sold Separately

Name	Model
Undervoltage Alarm Output Wiring Cable	S82Y-VM10H
Terminal and Housing	S82Y-VM30C
Replacement Fan Unit for 300-W Models	S82Y-VM30FAN
Replacement Fan Unit for 600-W Models	S82Y-VM60FAN
Replacement Fan Unit for a 1,500-W Model	S82Y-VM15FAN

### Undervoltage Alarm Output Wiring Cable

S82Y-VM60D (for S8VM-05024A□/05024P□/10024A□/10024P□/15024A□/15024P□ Only)

Using the Undervoltage Alarm Output Wiring Cable



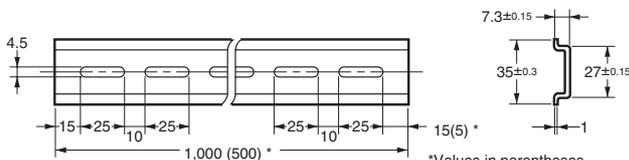
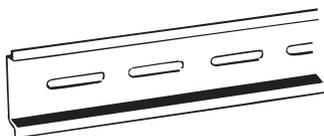
## DIN Rail (Order Separately)

Note: All units are in millimeters unless otherwise indicated.

### Mounting Rail (Material: Aluminum)

PFP-100N

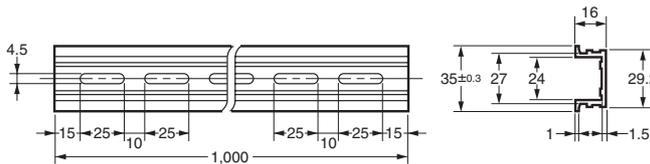
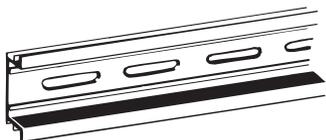
PFP-50N



\*Values in parentheses are for the PFP-50N.

### Mounting Rail (Material: Aluminum)

PFP-100N2



# Safety Precautions

## CAUTION

Minor electric shock, fire, or Product failure may occasionally occur. Do not disassemble, modify, or repair the Product or touch the interior of the Product.



Minor burns may occasionally occur. Do not touch the Product while power is being supplied or immediately after power is turned OFF.



Fire may occasionally occur. Tighten terminal screws to the specified torque.



15-, 30-, 50-, 100-, and 150-W models (1.6 N·m)  
300-, 600-, and 1,500-W models (M4; 1.27 N·m, M5; 2.50 N·m, M8 bolts and nuts; 10.8 N·m)

Minor injury due to electric shock may occasionally occur. Do not touch the terminals while power is being supplied.



Minor electric shock, fire, or Product failure may occasionally occur. Do not allow any pieces of metal or conductors or any clippings or cuttings resulting from installation work to enter the Product.



## Precautions for Safe Use Mounting

Ensure sufficient heat dissipation when installing the Power Supply to increase its long-term reliability.

Use the metal plate as the mounting panel.

When cutting out holes for mounting, make sure that cuttings do not enter the interior of the Power Supply.

When mounting two or more Power Supplies side-by-side, allow at least 20 mm spacing between them, as shown in the illustrations below.

### 15/30/50/100/150-W Models

Natural cooling is used, so mount the Power Supply so that there is airflow around it.

Improper mounting will interfere with heat dissipation and may occasionally result in deterioration or damage of internal parts. Use the Power Supply within the derating curve for the mounting direction that is used.

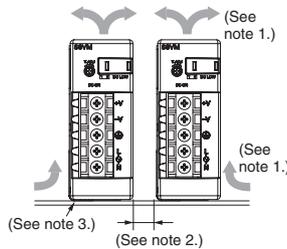
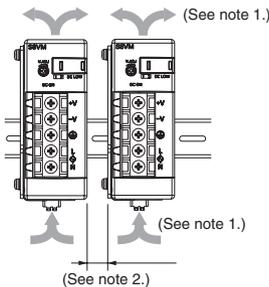
The internal parts may possibly be damaged if mounting screws are over inserted. Refer to *Dimensions* on page 19 to 21 for maximum depth of insertion inside the Power Supply.

#### Standard Mounting

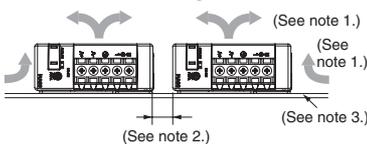
#### (DIN Rail Mounting Bracket Models)

#### Standard Mounting

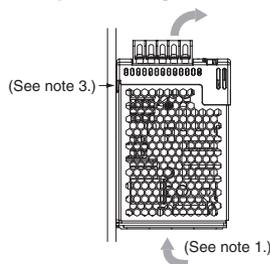
#### (Front Mounting Models)



#### Horizontal Mounting



#### Face-up Mounting



- Note:**
1. Convection of air
  2. 20 mm or more
  3. Use a metal plate as the mounting panel.

Several Power Supplies cannot be connected. (Only S8VM-100□□□□/150□□□□) Keep the Power Supply as far away from heating elements as possible when installing. As a reference value, allow at least 50 mm spacing on the right and left sides. If only 20 mm spacing is allowed, use the Power Supply at a load ratio of 80% or less.

S8VM-100□□□□/150□□□□

#### Incorrect

#### Incorrect

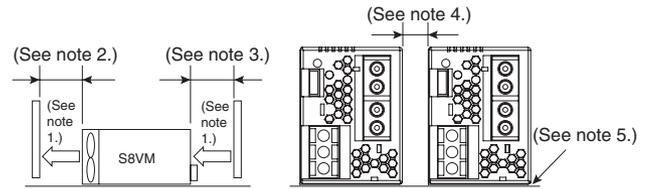


### 300/600/1,500-W Models

A forced-air cooling method with a fan is used. To ensure sufficient cooling, do not cover the air holes located on the side the fan is mounted and the opposite side.

Improper mounting will interfere with heat dissipation and may occasionally result in deterioration or damage of internal parts. Do not use the Power Supply in any mounting direction other than those specified.

The internal parts may possibly be damaged if mounting screws are over inserted. The screws must not protrude more than 6 mm inside the Power Supply.



- Note:**
1. Convection of air
  2. 50 mm or more
  3. (S8VM-300□□□□C/600□□□□): 50 mm or more  
(S8VM-15224C): 100 mm or more
  4. 20 mm or more
  5. Use a metal plate as the mounting panel.

## Wiring

Connect the ground completely. A protective earthing connection stipulated in safety standards is used. Electric shock or malfunction may occur if the ground is not connected completely.

Minor fire may possibly occur. Ensure that input and output terminals are wired correctly.

Do not apply more than 100 N force to the terminal block when tightening it.

Be sure to remove the sheet covering the Power Supply for machining before power-ON so that it does not interfere with heat dissipation.

Use the following material for the wires to be connected to the S8VM to prevent smoking or ignition caused by abnormal loads. Over heating or fire can result from inadequately sized wiring materials when problems occur at the load. As a general rule, always select wire sizes suitable for at least 1.6 times the rated current.

Refer to the wiring manufacturer's recommended allowable current and voltage drop specifications for information when selecting wiring materials.

**Recommended Wire Sizes**

Terminal	Model	Recommended wire size
Input	S8VM-015□□□□ S8VM-030□□□□ S8VM-050□□□□ S8VM-100□□□□ S8VM-150□□□□	(M3.5) AWG24 to AWG14 (0.205 to 2.081 mm <sup>2</sup> )
	S8VM-300□□□C S8VM-600□□□C S8VM-15224C	(M4) AWG20 to AWG10 (0.52 to 5.27 mm <sup>2</sup> )
Output	S8VM-015□□□□ S8VM-030□□□□ S8VM-050□□□□	(M3.5) AWG24 to AWG14 (0.205 to 2.081 mm <sup>2</sup> )
	S8VM-100□□□□ S8VM-150□□□□	(M4) AWG24 to AWG12 (0.205 to 3.309 mm <sup>2</sup> )
	S8VM-300□□□C	(M4) AWG16 to AWG10 (1.32 to 5.27 mm <sup>2</sup> )
	S8VM-600□□□C	(M5) AWG14 to AWG8 (2.08 to 8.3 mm <sup>2</sup> )
	S8VM-15224C	(M8 bolts and nuts) AWG8 to AWG4 (8.3 to 21.09 mm <sup>2</sup> )

The current rating for the output terminals on the S8VM-300□□□C is 40 A per terminal. The current rating for the output terminals on the S8VM-600□□□C is 60 A per terminal. Use two terminals together if a current exceeding the terminal rating is used.

Use min. 60°C or 60/75°C wire.

Use copper conductors only.

**Undervoltage Alarm Output Connector  
Harness Manufacture Method**

The following products are provided with the S8VM-05024A□/P□, S8VM-10024A□/P□ and S8VM-15024A□/P□ for the undervoltage alarm transistor output wiring.

Connector	S8VM-05024A□/P□	S8VM-10024A□/P□ S8VM-15024A□/P□	Manu- factured by JST
	S3B-XH-A-1	BH3B-XH-2	
Housing (provided)	XHP-3		
Terminal (provided)	BXH-001T-P0.6 or SXH-001T-P0.6		

Be sure to prepare the connector according to the following instructions to ensure correct wiring. For details, refer to the JST catalog.

- Use a wire size of AWG28 to AWG22.
- The guideline for the length of sheath to be stripped from the wire is 2.1 to 2.6 mm.
- Use either a YC or YRS Crimping Tool (manufactured by JST) to crimp the terminal and wire.
- Be sure to insert the crimped terminal wires into the housing fully until a click is heard. Also, make sure that the wires attached to the housing are securely locked in place.

**Signal I/O Connector Harness  
Manufacture Method**

The S8VM-300□□□C/600□□□C/15224C are using PHD connector (manufactured by JST).

Connector	S8VM-300□□□C/600□□□C/15224C	Manu- factured by JST
	S12B-PHDSS	
Housing	PHDR-12VS	
Terminal	SPHD-001T-P0.5 or BPHD-001T-P0.5	

Be sure to prepare the connector according to the following instructions to ensure correct wiring. For details, refer to the JST catalog.

- Use a wire size of AWG26 to AWG22.
- The guideline for the length of sheath to be stripped from the wire is 2.3 mm.

- Use a YC Crimping Tool (manufactured by JST) to crimp the terminal and wire.
- Applicable wire per barrel size is UL1007 (standard wire) and its equivalent standard wire can be used. Use UL1061 or its equivalent standard wire for AWG22 wires, because the wire insulation outer diameter of UL1061 is small.
- Be sure to insert the crimped terminal wires into the housing fully until a click is heard. Also, make sure that the wires attached to the housing are securely locked in place.

**Installation Environment**

Do not use the Power Supply in locations subject to shocks or vibrations. In particular, install the Power Supply as far away as possible from contactors or other devices that are a vibration source.

Install the Power Supply well away from any sources of strong, high-frequency noise and surge.

**Operating Life**

The life of a Power Supply is determined by the life of the electrolytic capacitors used inside. Here, Arrhenius Law applies, i.e., the life will be halved for each rise of 10°C or the life will be doubled for each drop of 10°C. The life of the Power Supply can thus be increased by reducing its internal temperature.

**Ambient Operating and Storage  
Environments**

Store the Power Supply at a temperature of -25 to 65°C and a humidity of 25% to 90%.

The Internal parts may occasionally be deteriorated or damaged. Do not use the Power Supply outside the derating range (i.e., under conditions indicated by the shaded area ( ) in the derating curve diagrams on pages 9 and 15.)

Use the Power Supply at a humidity of 30% to 85%.

Do not use the Power Supply in locations subject to direct sunlight.

Do not use the Power Supply in locations where liquids, foreign matter, or corrosive gases may enter the interior of the Power Supply.

**Overcurrent Protection**

Internal parts may occasionally deteriorate or be damaged if a short-circuited or other overcurrent state continues during operation. Eliminate the overcurrent state as soon as possible.

Internal parts may possibly be deteriorated or damaged if the Power Supply is used for applications with frequent inrush current or overloading at the load end. Do not use the Power Supply for such applications.

**Charging the Battery**

If a battery is to be connected as the load, install an overcurrent limiting circuit and an overvoltage protection circuit.

**Dielectric Strength Test**

If a high voltage is applied between an input and the case (PE/FG), it will pass through the LC of the built-in noise filter and energy will be stored. If the high voltages used for dielectric strength testing are turned ON and OFF with a switch, timer, or similar device, impulse voltage will be generated when the voltage is turned OFF and internal parts may possibly be damaged. To prevent the generation of impulse voltages, reduce the applied voltage slowly with a variable resistor on the test device or turn the voltage ON and OFF at the zero-cross point.

When performing the test, be sure to short-circuit all the output terminals to protect them from damage.

Check the waveform of the applied voltage while testing. High voltage due to distortions of the applied voltage may be produced depending on the type of testing equipment.

## Insulation Test

When performing the test, be sure to short-circuit all the output terminals to protect them from damage.

## Inrush Current

When two or more Power Supplies are connected to the same input, inrush current is added to the total current. Select fuses and circuit breakers giving sufficient consideration to the fusing or operating characteristics so that fuses will not burn and breakers will not break due to inrush current.

## Output Voltage Adjuster (V.ADJ)

Default Setting: Set at the rated voltage

Adjustable Range: Adjustable with output voltage adjuster (V.ADJ) on the front panel of the Power Supply from -20% to 20% of the rated output voltage (-10% to 20% of the rated voltage for S8VM-□□□24A□/P□)

Turning clockwise increases the output voltage and turning counterclockwise decreases the output voltage.

The output voltage adjuster (V.ADJ) may possibly be damaged if it is turned with unnecessary force. Do not turn the adjuster with excessive force.

After completing output voltage adjustment, be sure that the output capacity or output current does not exceed the rated output capacity or rated output current.

The output voltage may increase beyond the allowable voltage range (up to +20% of the rated voltage) depending on the operation of the output voltage adjuster (V.ADJ). When adjusting the output voltage, check the output voltage of the Power Supply and be sure that the load is not damaged.

When increasing the output voltage to more than +20% of the rated value using the output voltage adjuster (V.ADJ), the overvoltage protection function may operate.

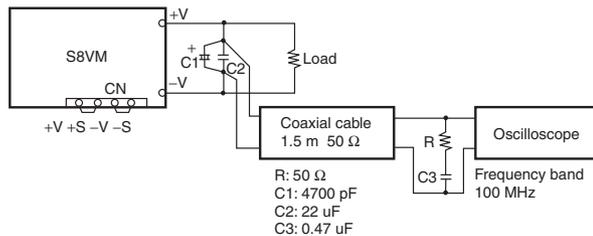
### (S8VM-□□□24A□/P□ Only)

Turn the output voltage adjuster (V.ADJ) slowly. When decreasing the output voltage quickly, or when adjusting the output voltage to less than -10% of the rated value, the undervoltage alarm function may operate.

## Ripple

### (S8VM-15224C Only)

The rated ripple noise voltage was measured using a measuring circuit that conforms to the JEITA standard RC-9131A.



## Remote Sensing Function

### 100/150-W Models

If the +S and -S terminals are opened by removing the short bar, the overvoltage protection function will be activated and the output voltage will be cut off.

### 300/600/1,500-W Models

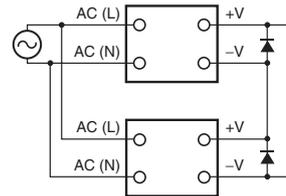
The stability and accuracy of the output will deteriorate if the +S or -S pins are open. Always connect the +S and -S pins.

## Series Operation

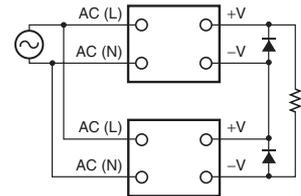
Two Power Supplies can be connected in series. The (±) voltage output can be accomplished with two Power Supplies.

### Series Operation

15W/30W  
Correct

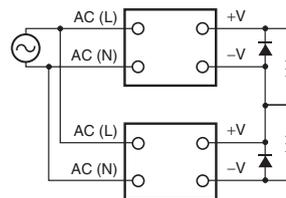


50W/100W/150W/300W/600W/  
1,500W  
Correct



### Output Voltage (±)

Correct



**Note: 1.** If the load is short-circuited, a reverse voltage may be applied inside the Power Supply unit, and this may possibly cause the deterioration or damage of the Power Supply unit. Connect the diode as shown in the figure. Use the following guidelines to select the diode to be connected.

Type	Schottky Barrier diode
Dielectric strength (VRRM)	Twice the rated output voltage or above
Forward current (IF)	Twice the rated output current or above

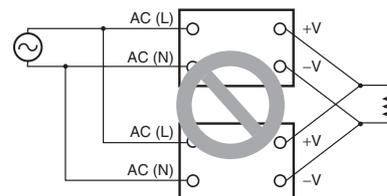
**2.** Though Power Supplies having different specifications can be connected in series, the current flowing through the load must not exceed the smaller rated output current.

## Parallel Operation

### 15/30/50/100/150-W Models

The Power Supply is not designed for parallel operation.

Incorrect

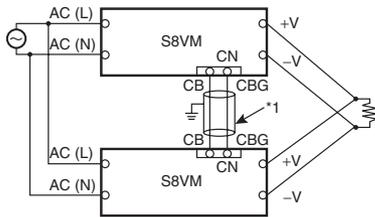


### 300/600/1,500-W Models

If the CB pin (pin 5 on CN) and the CBG pin (pin 6 on CN) are connected, the current balance function will operate and parallel operation will be possible at 80% or less of the total output capacity.

Up to 2 Power Supplies can be connected.

**Correct**



Use 2-conductor shielded cable as connection wire (\* 1).

Adjust the output voltage of each Power Supply to the same value within 1% or 100 mV, whichever is smaller, using the output voltage adjuster (V. ADJ).

Parallel operation is used to increase static capacity. The output voltage may drop with sudden load fluctuations.

There may be steps in the rising waveform of the output voltage during parallel operation.

Remove the standard supplied connector and prepare a connector separately.

**In Case There Is No Output Voltage**

**15/30/50/100/150-W Models**

The possible cause for no output voltage may be that the overcurrent protection or overvoltage protection has operated. The internal protection circuit may operate if a large amount of surge voltage such as a lightning surge occurs while turning ON the input power.

If there is no output voltage even after checking the following points please contact your OMRON representative.

**Check the overload protected status.**

Check whether the load is in overload status or is short-circuited. Remove the load wires when checking.

**Attempt to clear the overvoltage or internal protection function.**

Turn OFF the input power once and leave it OFF for at least 3 minutes. Then turn it ON again to see if this clears the condition.

Check whether the +S terminal or -S terminal is open, i.e., if the short bar has been removed. (S8VM-100□□□□/ S8VM-150□□□□ only)

Check if the output voltage has been adjusted to more than +20% of the rated value using the output voltage adjuster (V. ADJ).

**300/600/1,500-W Models**

The possible cause for no output voltage may be that the overcurrent protection, overvoltage protection, or overheat protection has operated. Alternatively, the built-in fan may have stopped or the remote control function may be OFF.

If there is no output voltage even after checking the following points, please contact your OMRON representative.

**Check the overload protected status.**

Check whether the load is in overload status or is short-circuited. Remove the load wires when checking.

**Attempt to clear the overvoltage protection function.**

Turn OFF the input power once and leave it OFF for at least 3 minutes. Then turn it ON again to see if this clears the condition.

Check whether the +S terminal or -S terminal is open, i.e., if the short bar has been removed.

Check if the output voltage has been adjusted to more than +20% of the rated value using the output voltage adjuster (V. ADJ).

**Check the overheat protected status.**

Turn OFF the input power and leave it OFF until the Power Supply cools sufficiently. Turn it ON again to see if this clears the condition.

**Check if the built-in fan motor has stopped.**

Check if the built-in fan motor has stopped. The fan is a consumable part.

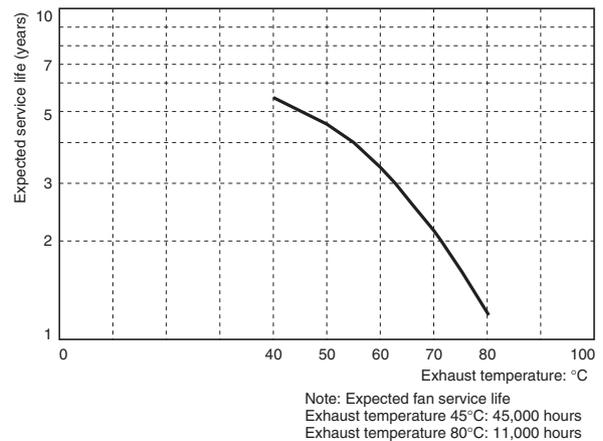
**Check the remote control function.**

Check if the +RC and -RC pins are open. Make the correct connections as specified.

**Fan Replacement**

**300/600/1,500-W Models**

Consult with OMRON regarding fan replacement. OMRON will replace fans for a fee. A replacement Fan Unit (S82Y-VM□□FAN) is available. Use the curve in the graph below as a rough measure of replacement timing.



The Power Supply will not conform to safety standards if the customer replaces the fan.

**Buzzing Noise when the Input Is Turned ON**

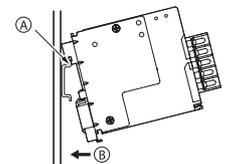
**50/100/150/300/600/1,500-W Models**

A harmonic current suppression circuit is built into the input power. This circuit can create noise when the input is turned ON, but it will last only until internal operation stabilizes and does not indicate any problem in the Power Supply.

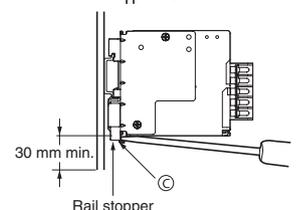
**DIN Rail Mounting**

**15/30/50/100/150/300/600-W Models**

When mounting to a DIN Rail, lower the S8VM onto the Rail until the Rail stopper clicks into place, hook section A over the edge of the Rail and push in the direction of B.



To remove the S8VM from the DIN Rail, insert a screwdriver into section C and pull the S8VM away from the Rail.





**PROYECTO DE GRADO - BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**ANEXO H.**

**Información Técnica de los variadores de frecuencia adquiridos por la  
Industria Militar (INDUMIL)**

## JX INVERTER

Compact and complete



» Quality & reliability you can depend on

» Communications built-in

» Cost and eco-friendly

# 3G3JX AC Drives

## Compact & Complete

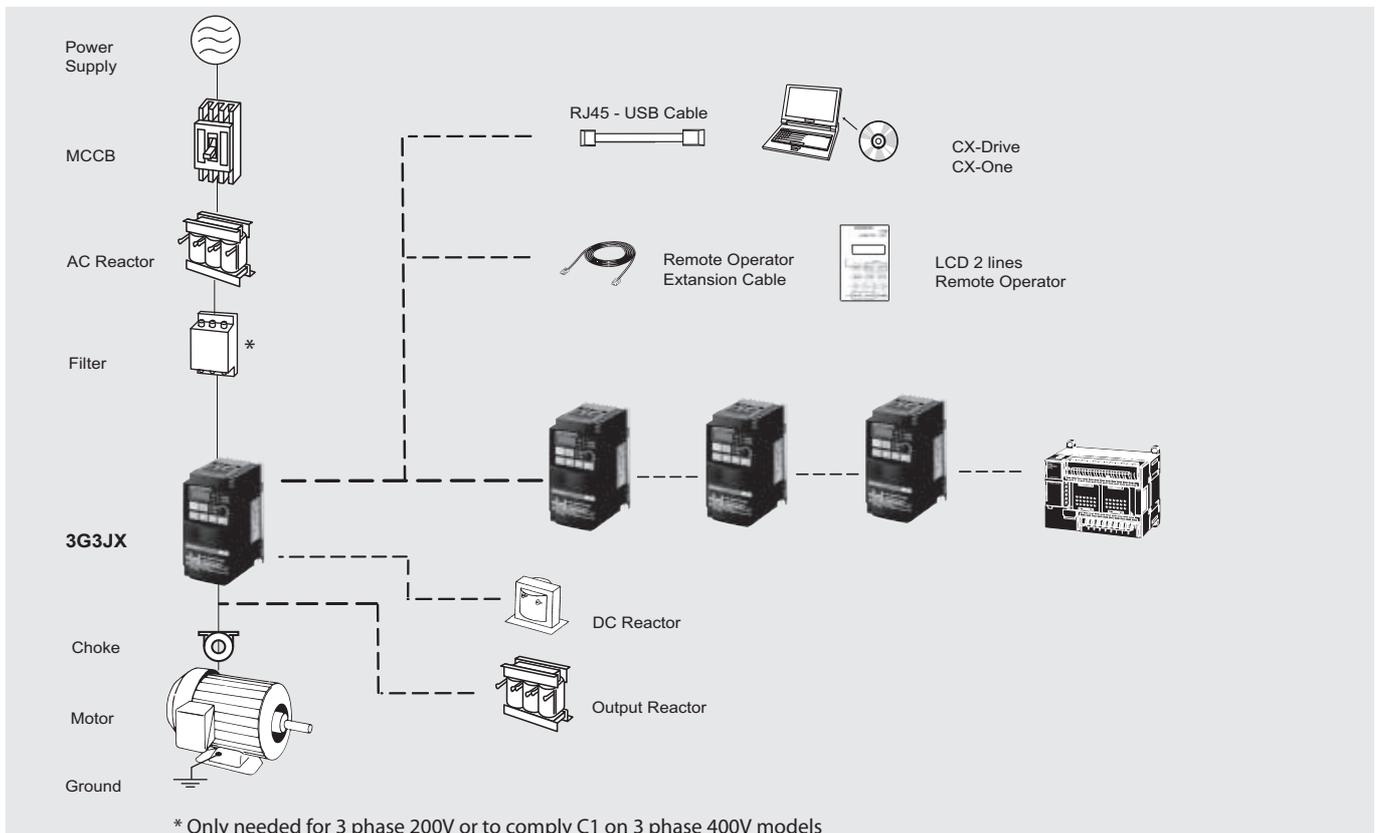
- V/f controlled inverter
- Side by side mounting
- Built-in EMC filter
- Built-in RS-485 Modbus
- Overload detection function (150% during 60s)
- PID
- Micro-surge voltage suppression
- Automatic energy saving
- Emergency shut-off
- Second motor setting
- Auto carrier-frequency reduction
- PTC thermistor input
- Cooling fan switch control
- PC configuration tool: CX-Drive
- CE, UL, cUL, RoHS

## Ratings

- 200 V Class single-phase 1/4 to 3 HP (0.2 to 2.2 kW)
- 200 V Class three-phase 1/4 to 10 HP (0.2 to 7.5 kW)
- 400 V Class three-phase 1/2 to 10 HP (0.4 to 7.5 kW)

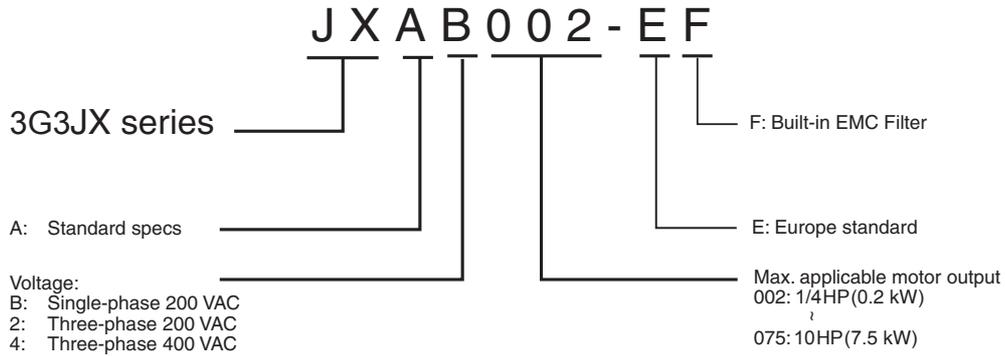


## System configuration



**Specifications**

Type designation



**200 V class**

Single-phase: 3G3JX□		AB002	AB004	AB007	AB015	AB022	-	-	-	
Three-phase: 3G3JX□		A2002	A2004	A2007	A2015	A2022	A2037	A2055	A2075	
Motor kW <sup>1</sup>	Applicable motor capacity	0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	
Output characteristics	Inverter capacity kVA	200 V	0.4	0.9	1.3	2.4	3.4	5.5	8.3	11.0
		240 V	0.5	1.0	1.6	2.9	4.1	6.6	9.9	13.3
	Rated output current (A)	1.4	2.6	4.0	7.1	10.0	15.9	24.0	32.0	
Max. output voltage		Proportional to input voltage: 0...240 V								
Max. output frequency		400 Hz								
Power supply	Rated input voltage and frequency	Single-phase 200...240 V 50/60 Hz 3-phase 200...240 V 50/60 Hz								
	Rated input current (A)	1.8	3.4	5.2	9.3	13.0	20.0	30.0	40.0	
	Allowable voltage fluctuation	-15%...+10%								
	Allowable frequency fluctuation	+5%								
Built-in filter		EMC filter (C1 single phase)								
Braking torque	At short-time deceleration At capacitor feedback	Approx. 50%			50% for 3-phase 20 to 40% for 1-phase	Approx 20% to 40%		Approx 20%		
Cooling method		Self cooling			Forced-air-cooling					

1. Based on a standard 3-Phase standard motor.

**400 V class**

Three-phase: 3G3JX□		A4004	A4007	A4015	A4022	A4040	A4055	A4075	
Motor kW <sup>1</sup>	Applicable motor capacity	0.4	0.75	1.5	2.2	4.0	5.5	7.5	
Output characteristics	Inverter capacity kVA	380 V	0.9	1.6	2.5	3.6	5.6	8.5	10.5
		480 V	1.2	2.0	3.1	4.5	7.1	10.8	13.3
	Rated output current (A)	1.5	2.5	3.8	5.5	8.6	13.0	16.0	
Max. output voltage		Proportional to input voltage: 0...480 V							
Max. output frequency		400 Hz							
Power supply	Rated input voltage and frequency	3-phase 380...480 V 50/60 Hz							
	Rated input current (A)	2.0	3.3	5.0	7.0	11.0	16.5	20.0	
	Allowable voltage fluctuation	-15%...+10%							
	Allowable frequency fluctuation	+5%							
Built-in filter		EMC filter C2 class							
Braking torque	At short-time deceleration At capacitor feedback	Approx. 50%			Approx. 20% to 40%			Approx. 20%	
Cooling method		Self cooling			Forced-air-cooling				

1. Based on a standard 3-Phase standard motor.

**Specifications**

Common specifications

Model number 3G3JX□		Specifications
Control functions	Control methods	Phase-to-phase sinusoidal modulation PWM (V/f)
	Output frequency range	0.5..400 Hz
	Frequency precision	Digital set value: ±0.01% of the max. frequency Analogue set value: ±0.4% of the max. frequency (25 ±10 °C)
	Resolution of frequency set value	Digital set value: 0.1 Hz Analogue set value: 1/1000 of maximum frequency
	Resolution of output frequency	0.1Hz
	Overload capability	150% rated output current for one minute
	Frequency set value	0 to 10 VDC (10KΩ), 4 to 20mA (250Ω), frequency setting volume (selectable), RS485 Modbus
	V/f Characteristics	Constant/ reduced torque
Functionality	Inputs signals	FW (forward), RV (reverse), CF1 to CF4 (multi-step speed), JG (jogging), DB (external DC injection braking), SET (2nd function), 2CH (2-step acceleration/deceleration), FRS (free run), EXT (external trip), USP (USP function), SFT (soft lock), AT (analog current input function selection), RS (reset), PTC (thermistor input), STA (3-wire startup), STP (3-wire stop), F/R (3-wire forward/reverse), PID (PID selection), PIDC (PID integral reset), UP (UP of UP/DWN function), DWN (DWN of UP/DWN function), UDC (data clear of UP/DWN function), OPE (forced OPE mode), ADD (frequency addition), F-TM (forced terminal block), RDY (operation ready), SP-SET (special setting), EMR (emergency shutoff)
	Output signals	RUN (signal during operation), FA1 (frequency arrival signal 1), FA2 (frequency arrival signal 2), OL (overload warning signal), OD (PID excess deviation signal), AL (alarm signal), DC (analog input disconnection detection signal), FBV (PID FB status output), NDc (network error), LOG (logical operation result), ODc (communication option disconnected), LOC (light load signal)
	Standard functions	AVR function, V/f characteristic selection, upper/lower limit, 16-step speeds, starting frequency adjustment, jogging operation, carrier frequency adjustment, PID control, frequency jump, analog gain/bias adjustment, S-shape acceleration/deceleration, electronic thermal characteristics/level adjustment, retry function, simplified torque boost, trip monitor, soft lock function, frequency conversion display, USP function, 2nd control function, motor rotation speed UP/DOWN, overcurrent suppression function
	Analogue inputs	2 analogue inputs 0 to 10V (20KΩ), 4 to 20mA (250Ω)
	Accel/Decel times	0.01 to 3000s (line/curve selection), 2nd accel/decel setting available
	Display	Status indicator LED's Run, Program, Power, Alarm, Power, Hz, Amps, Volume Led indicator Digital operator: Available to monitor frequency reference, output current, output frequency
	Motor overload protection	Electronic Thermal overload relay and PTC thermistor input
Protection functions	Instantaneous overcurrent	180% of rated current
	Overload	150% for 1 minute
	Overvoltage	790V for 400V type and 395 for 200V type
	Momentary power loss	Following items are selectable: Alarm, 0 Hz start, frequency output at interruption, maximum frequency
	Cooling fin overheat	Temperature monitor and error detection
	Stall prevention level	Selectable level applicable only at constant speed or during acceleration and constant speed
	Ground fault	Detected at power-on
	Power charge indication	On when power is supplied to the control part
Ambient conditions	Degree of protection	IP20
	Ambient humidity	90% RH or less (without condensation)
	Storage temperature	-20 °C..+65 °C (short-term temperature during transportation)
	Ambient temperature	-10°C to 50°C (Both the carrier frequency and output current need to be reduced at over 40°C.)
	Installation	Indoor (no corrosive gas, dust, etc.)
	Installation height	Max. 1000 m
Vibration	5.9 m/s <sup>2</sup> (0.6G), 10 to 55 Hz (Complies with the test method specified in JIS C0040 (1999).)	

**Dimensions**

**IP 20 type 1/4 to 10 HP (0.2 to 7.5 kW)**

Figure 1

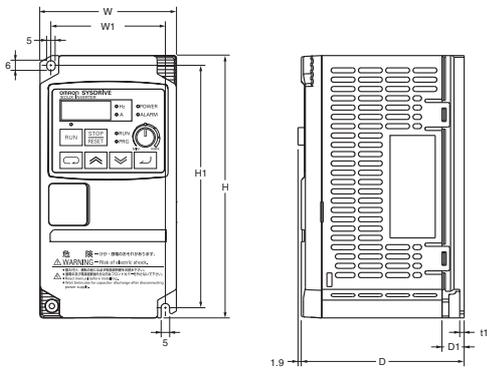
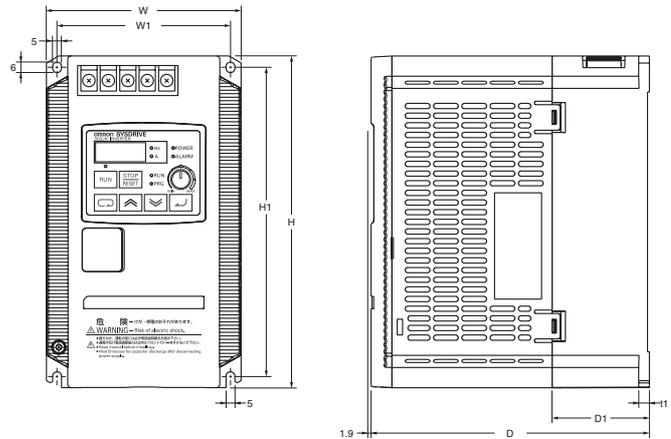


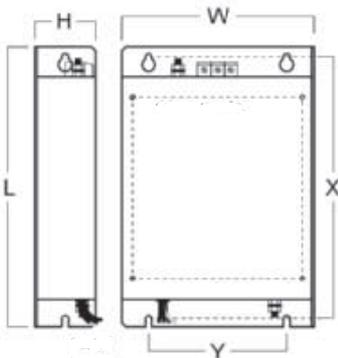
Figure 2



Voltage class	Max. applicable motor output kW	Inverter model JX□	Figure	Dimensions in mm								
				W1	H1	W	H	D	t1	D1	Weight	
Single-phase 200 V	0.2	AB002	1	67	143	80	155	95.5	2.6	13	0.8	
	0.4	AB004	1					109.5		27	0.9	
	0.75	AB007	2					130.5		28	1.5	
	1.5	AB015	2	98	176	110	189	157.5	6	55	2.3	
	2.2	AB022	2							55	2.4	
Three-phase 200 V	0.2	A2002	1	67	143	80	155	95.5	2.6	13	0.8	
	0.4	A2004	1					109.5		27	0.9	
	0.75	A2007	1					132.5		50	1.1	
	1.5	A2015	2	98	176	110	189	157.5	6	55	2.2	
	2.2	A2022	2							55	2.4	
	3.7	A2037	2	164	235	180	250	167.5	1.6	77.5	4.2	
	5.5	A2055	2									
7.5	A2075	2										
Three-phase 400 V	0.4	A4004	2	98	176	110	189	130.5	2.6	28	1.5	
	0.75	A4007	2					157.5		6	55	2.3
	1.5	A4015	2					157.5				
	2.2	A4022	2	164	235	180	250	167.5	1.6	77.5	4.2	
	4.0	A4040	2									
	5.5	A4055	2									
	7.5	A4075	2									

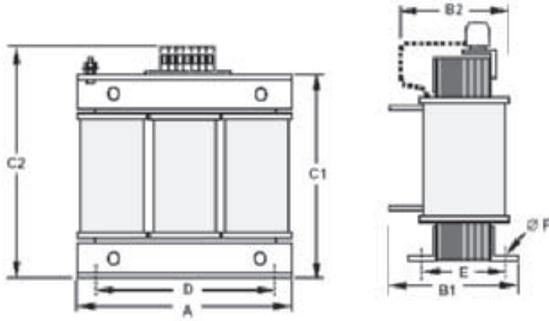
**Rasmi footprint Filters**

Filter only needed by the 1-phase 200V or 3-phase 400V to comply with C1 EMC class.



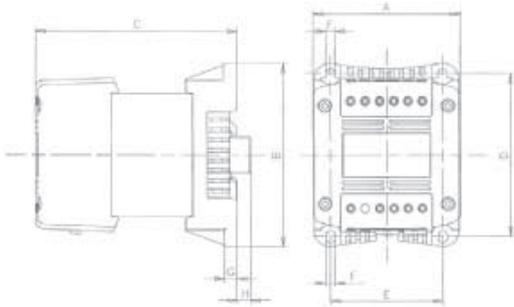
Rasmi model		Dimensions						Weight KG
		W	H	L	X	Y	M	
1x200 V	AX-FIJ1006-RE	81	40	193	183	57	M4	0.5
	AX-FIJ1010-RE	112	47	226	216	88	M4	0.6
	AX-FIJ1026-RE	112	47	226	216	88	M4	0.8
3x200 V	AX-FIJ2006-RE	81	50	193	183	57	M4	1.0
	AX-FIJ2020-RE	112	50	226	216	88	M4	1.3
	AX-FIJ2040-RE	182	55	289	279	150	M5	2.3
3x400 V	AX-FIJ3005-RE	112	45	226	216	88	M4	0.9
	AX-FIJ3011-RE	112	45	226	216	88	M4	1.1
	AX-FIJ3020-RE	182	45	289	279	150	M4	1.7

## Input AC Reactor



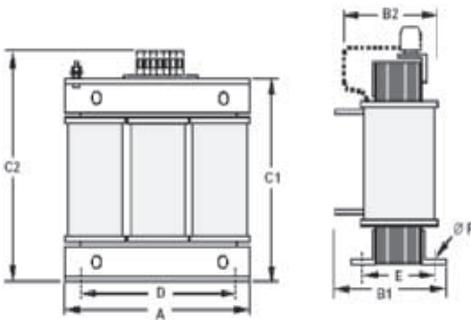
Voltage	Reference	Dimensions						Weight Kg
		A	B2	C2	D	E	F	
200V	AX-RAI02800080-DE	120	70	120	80	52	5.5	1.78
	AX-RAI00880175-DE	120	80	120	80	62	5.5	2.35
	AX-RAI00350335-DE	180	85	190	140	55	6	5.5
400V	AX-RAI07700042-DE	120	70	120	80	52	5.5	1.78
	AX-RAI03500090-DE	120	80	120	80	62	5.5	2.35
	AX-RAI01300170-DE	120	80	120	80	62	5.5	2.50

## DC Reactor



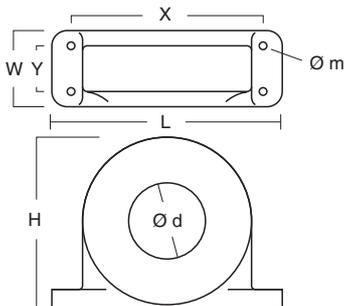
Voltage	Reference	Dimensions								Weight Kg
		A	B	C	D	E	F	G	H	
200V	AX-RC21400016-DE			96						1.22
	AX-RC10700032-DE									
	AX-RC06750061-DE	84	113	105	101	66	5	7.5	2	1.60
	AX-RC03510093-DE			116						1.95
	AX-RC02510138-DE									3.20
	AX-RC01600223-DE	108	135	124	120	82	6.5		9.5	5.20
	AX-RC01110309-DE	120	152	136	135	94	7		-	6.00
	AX-RC00840437-DE			146						
400V	AX-RC43000020-DE			96						1.22
	AX-RC27000030-DE									
	AX-RC14000047-DE	84	113	105	101	66	5	7.5	2	1.60
	AX-RC10100069-DE			116						1.95
	AX-RC06400116-DE	108	135	133	120	82	6.5		9.5	3.70
	AX-RC04410167-DE	120	152	136	135	94	7		9.5	5.20
	AX-RC03350219-DE			146					-	6.00

## Output AC Reactor



Voltage	Reference	Dimensions						Weight Kg
		A	B2	C2	D	E	F	
200V	AX-RAO11500026-DE	120	70	120	80	52	5.5	1.78
	AX-RAO07600042-DE	120	70	120	80	52	5.5	1.78
	AX-RAO04100075-DE	120	80	120	80	62	5.5	2.35
	AX-RAO03000105-DE	120	80	120	80	62	5.5	2.35
	AX-RAO01830180-DE	180	85	190	140	55	6	5.5
	AX-RAO01150220-DE	180	85	190	140	55	6	5.5
	AX-RAO00950320-DE	180	85	205	140	55	6	6.5
400V	AX-RAO16300038-DE	120	70	120	80	52	5.5	1.78
	AX-RAO11800053-DE	120	80	120	80	52	5.5	2.35
	AX-RAO07300080-DE	120	80	120	80	62	5.5	2.35
	AX-RAO04600110-DE	180	85	190	140	55	6	5.5
	AX-RAO03600160-DE	180	85	205	140	55	6	6.5

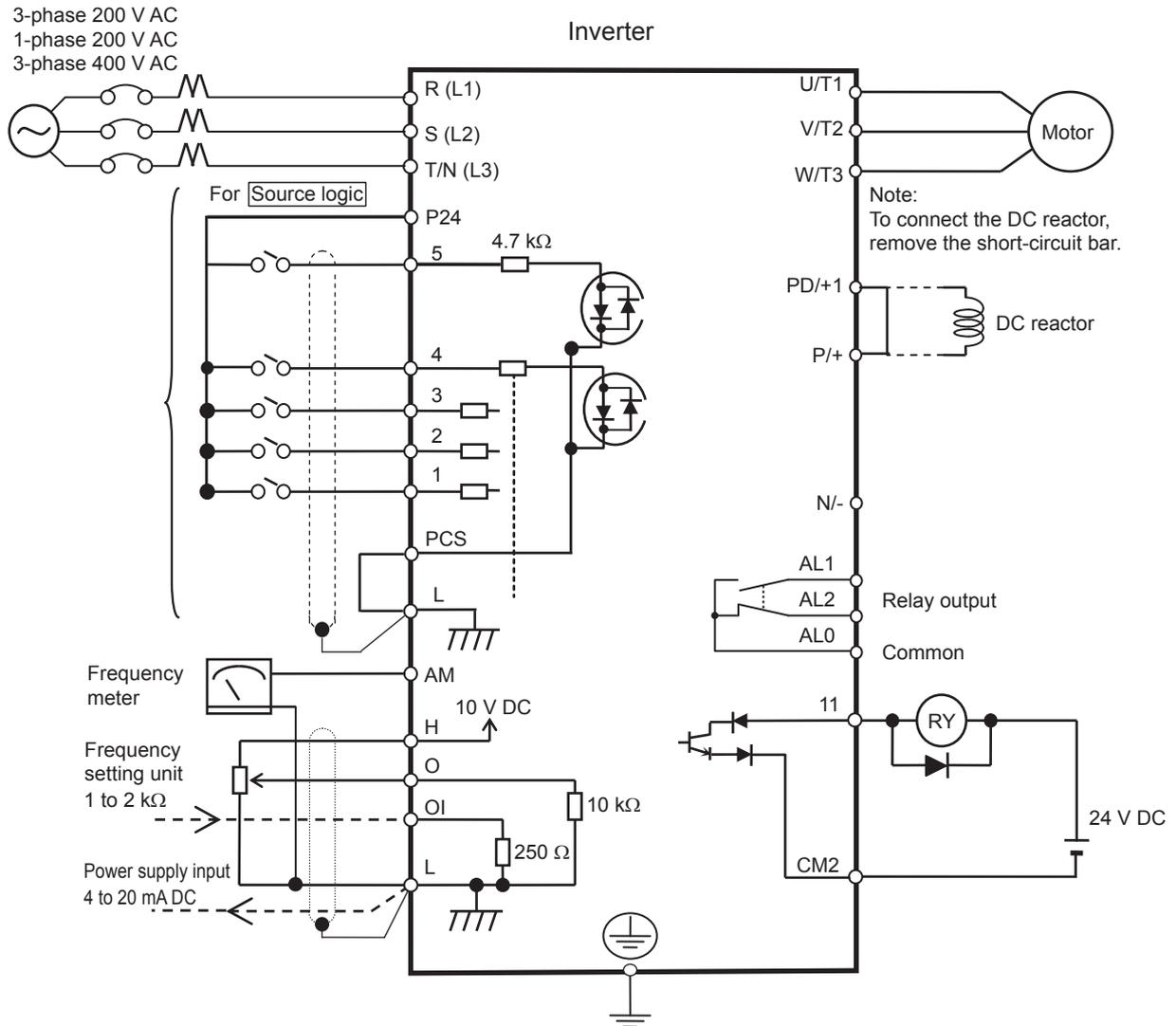
## Chokes



Reference	D diameter	Motor KW	Dimensions					Weight Kg	
			L	W	H	X	Y		m
AX-FER2102-RE	21	< 2.2	85	22	46	70	-	5	0.1
AX-FER2515-RE	25	< 15	105	25	62	90	-	5	0.2

**Installation**

**Standard connections**



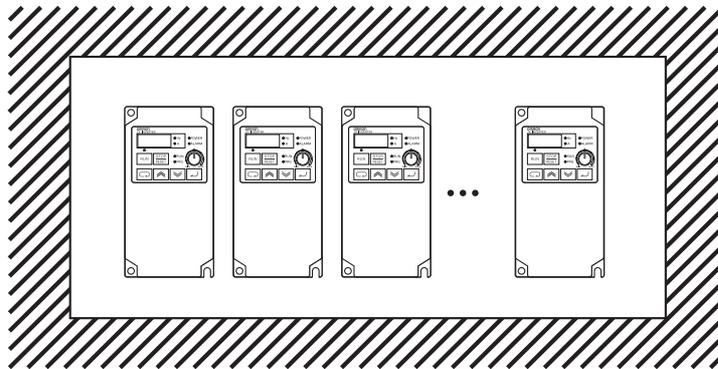
**Terminal Block Specifications**

Terminal	Name	Function (signal level)
R/L1, S/L2, T/N/L3	Main circuit power supply input	Used to connect line power to the drive. Drives with single-phase 200 V input power use only terminals R/L1 and N (T/L3), terminal S/L2 is not available for these units
U/T1, V/T2, W/T3	Inverter output	Used to connect the motor
PD/+1, P/+	External DC reactor terminal	Normally connected by the short-circuit bar. Remove the short-circuit bar between +1 and P/+2 when a DC reactor is connected.
P/+, N/-	Regenerative braking unit connection terminal	Connect optional regenerative braking units (If a braking torque is required)
⊕	Grounding	For grounding (grounding should conform to the local grounding code.)

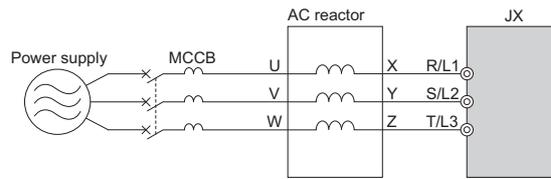
Control Circuit

Type	No.	Signal name	Function	Signal level
Digital input signals	PCS	Input power supply	External power supply terminal for input signal (input) ...At sink logic Internal power supply output terminal for input signal (output) ...At source logic	24 VDC ±10%
	P24	Internal 24 VDC	24 VDC internal power supply	24 VDC ±10% 30 mA
	1	Multi-function Input selection 1	Factory setting: Forward/ Stop	
	2	Multi-function Input selection 2	Factory setting: Reverse/ Stop	
	3	Multi-function Input selection 3	Factory setting: Fault reset	
	4	Multi-function Input selection 4	Factory setting: Emergency stop fault	
	5	Multi-function Input selection 5	Factory setting: Multi-step speed reference 1	
L	Multi-function Input selection common	--	--	
Analog input signal	H	Frequency reference power supply	10 VDC 10 mA max	
	O	Voltage frequency reference signal	0 to 10 VDC (10 KΩ)	
	OI	Current frequency reference signal	4 to 20 mA (250 Ω)	
	L	Frequency reference common	--	
Digital output signals	AL2	NC output	Factory default relay settings Under normal operation: AL2-AL0 Closed Under abnormal operation or power shutdown: AL1-AL0 Open	250 VAC 2.5 A 30 VDC 3 A
	AL1	NO output		
	AL0	Relay Output common		250 VAC 1 A 30 VDC 1 A
	11	Multi-function output terminal	Factory setting: Frequency arrival signal at a constant speed	27 VDC 50 mA max
	CM2	Output signal common	--	
Monitor Signal	AM	Analog frequency monitor/Analog output current monitor	Factory setting: Analog frequency monitor	0 to 10 VDC 1 mA

Side by side mounting

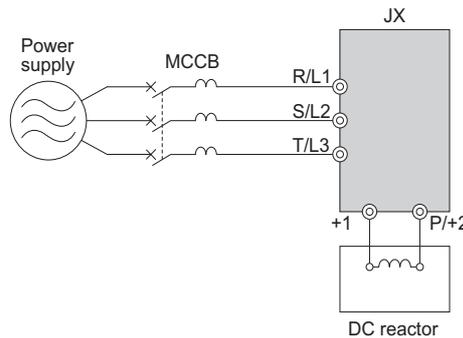


Input AC Reactor



3 phase 200 V class				400 V class			
Max. applicable motor output kW	Reference	Current value A	Inductance mH	Max. applicable motor output kW	Reference	Current value A	Inductance mH
0.1 to 1.5	AX-RAI02800080-DE	8.0	2.8	0.4 to 1.5	AX-RAI07700042-DE	4.2	7.7
2.2 to 3.7	AX-RAI00880175-DE	17.5	0.88	2.2 to 4.0	AX-RAI03500090-DE	9.0	3.5
5.5 to 7.5	AX-RAI00350335-DE	33.5	0.35	5.5 to 7.5	AX-RAI01300170-DE	17.0	1.3

DC Reactor

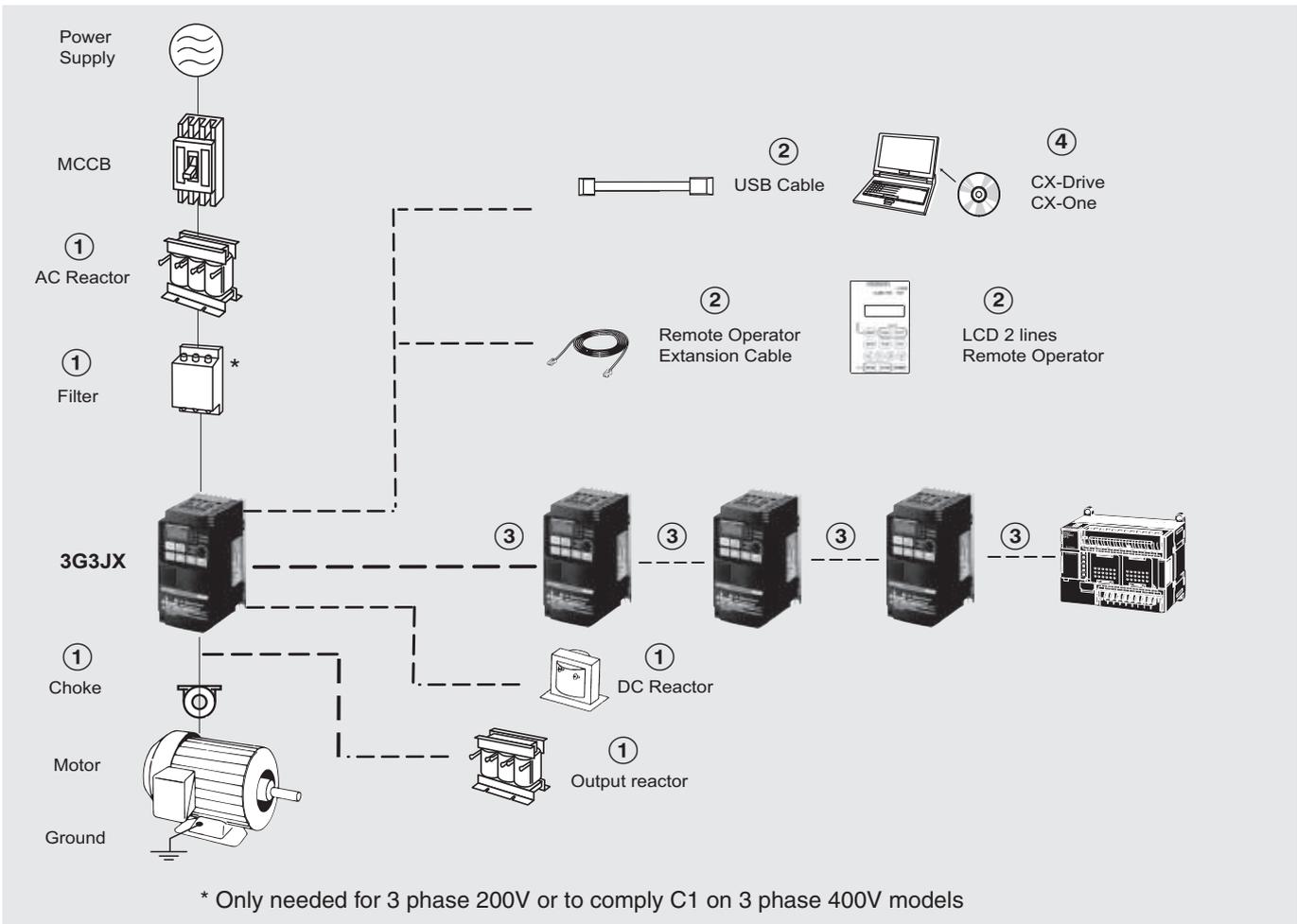


200 V class				400 V class			
Max. applicable motor output kW	Reference	Current value A	Inductance mH	Max. applicable motor output kW	Reference	Current value A	Inductance mH
0.2	AX-RC21400016-DE	1.6	21.4	-	-	-	-
0.4	AX-RC10700032-DE	3.2	10.7	0.4	AX-RC43000020-DE	2.0	43.0
0.7	AX-RC06750061-DE	6.1	6.75	0.7	AX-RC27000030-DE	3.0	27.0
1.5	AX-RC03510093-DE	9.3	3.51	1.5	AX-RC14000047-DE	4.7	14.0
2.2	AX-RC02510138-DE	13.8	2.51	2.2	AX-RC10100069-DE	6.9	10.1
3.7	AX-RC01600223-DE	22.3	1.60	4.0	AX-RC06400116-DE	11.6	6.40
5.5	AX-RC01110309-DE	30.9	1.11	5.5	AX-RC04410167-DE	16.7	4.41
7.5	AX-RC00840437-DE	43.7	0.84	7.5	AX-RC03350219-DE	21.9	3.35

Output AC Reactor

200 V class				400 V class			
Max. applicable motor output kW	Reference	Current value A	Inductance mH	Max. applicable motor output kW	Reference	Current value A	Inductance mH
0.1 to 0.4	AX-RAO11500026-DE	2.6	11.50	0.4 to 1.5	AX-RAO16300038-DE	3.8	16.30
0.75	AX-RAO07600042-DE	4.2	7.60	2.2	AX-RAO11800053-DE	5.3	11.80
1.5	AX-RAO04100075-DE	7.5	4.10	4.0	AX-RAO07300080-DE	8.0	7.30
2.2	AX-RAO03000105-DE	10.5	3.00	5.5	AX-RAO04600110-DE	11.0	4.60
3.7	AX-RAO01830160-DE	16.0	1.83	7.5	AX-RAO03600160-DE	16.0	3.60
5.5	AX-RAO01150220-DE	22.0	1.15				
7.5	AX-RAO00950320-DE	32.0	0.95				

Ordering information



3G3JX AC Drives (Inverters)

Voltage class	Specifications		Model
	Max. applicable motor output (kW)	Rated output current (A)	Standard
Single-phase 200 V	0.2	1.4	3G3JX-AB002-EF
	0.4	2.6	3G3JX-AB004-EF
	0.75	4	3G3JX-AB007-EF
	1.5	7.1	3G3JX-AB015-EF
	2.2	10	3G3JX-AB022-EF
Three-phase 200 V	0.2	1.4	3G3JX-A2002-E
	0.4	2.6	3G3JX-A2004-E
	0.75	4	3G3JX-A2007-E
	1.5	7.1	3G3JX-A2015-E
	2.2	10	3G3JX-A2022-E
	3.7	15.9	3G3JX-A2037-E
	5.5	24	3G3JX-A2055-E
Three-phase 400 V	0.4	1.5	3G3JX-A4004-EF
	0.75	2.5	3G3JX-A4007-EF
	1.5	3.8	3G3JX-A4015-EF
	2.2	5.5	3G3JX-A4022-EF
	4.0	8.6	3G3JX-A4040-EF
	5.5	13	3G3JXA4055-EF
	7.5	16	3G3JXA4075-EF

① Line Filters 3G3AX-FIJ

Inverter		Line filter Rasmi		
Voltage	Model JX-□	Reference	Rated current (A)	Weight (kg)
1-Phase 200 VAC	AB002 / AB004	AX-FIJ1006-RE	6	0.5
	AB007	AX-FIJ1010-RE	10	0.6
	AB015 / AB022	AX-FIJ1026-RE	26	0.8
3-Phase 200 VAC	A2002 / A2004 / A2007	AX-FIJ2006-RE	6	1.0
	A2015 / A2022 / A2037	AX-FIJ2020-RE	20	1.3
	A2055 / A2075	AX-FIJ2040-RE	40	2.3
3-Phase 400 VAC	A4004 / A4007 / A4015	AX-FIJ3005-RE	5	0.9
	A4022 / A4040	AX-FIJ3011-RE	11	1.1
	A4055 / A4075	AX-FIJ3020-RE	20	1.7

① Input AC Reactors 3G3AX-RAI

Inverter		AC Reactor
Voltage	Model JX-□	Reference
3-Phase 200 VAC	A2002 / A2004 / A2007	AX-RAI02800080-DE
	A2015 / A2022 / A2037	AX-RAI00880175-DE
	A2055 / A2075	AX-RAI00350335-DE
1-Phase 200 VAC	AB002 / AB004	Under development
	AB007	
	AB015 / AB022	
3-Phase 400 VAC	A4004 / A4007 / A4015	AX-RAI07700042-DE
	A4022 / A4040	AX-RAI03500090-DE
	A4055 / A4075	AX-RAI01300170-DE

① DC Reactors 3G3AX-RC

200V single phase		200V 3-phase		400V 3-phase	
Inverter	DC Reactor	Inverter	DC Reactor	Inverter	DC Reactor
JX-AB002	AX-RC10700032-DE	JX-A2002	AX-RC21400016-DE	-	-
JX-AB004	AX-RC06750061-DE	JX-A2004	AX-RC10700032-DE	JX-A4004	AX-RC43000020-DE
JX-AB007	AX-RC03510093-DE	JX-A2007	AX-RC06750061-DE	JX-A4007	AX-RC27000030-DE
JX-AB015	AX-RC02510138-DE	JX-A2015	AX-RC03510093-DE	JX-A4015	AX-RC14000047-DE
JX-AB022	AX-RC01600223-DE	JX-A2022	AX-RC02510138-DE	JX-A4022	AX-RC10100069-DE
-	-	JX-A2037	AX-RC01600223-DE	JX-A4040	AX-RC06400116-DE
-	-	JX-A2055	AX-RC01110309-DE	JX-A4055	AX-RC04410167-DE
-	-	JX-A2075	AX-RC00840437-DE	JX-A4075	AX-RC03350219-DE

① Chokes 3G3AX-FER

Model	Diameter	Description
AX-FER2102-RE	21	For 2.2 KW motors or below
AX-FER2515-RE	25	For 7.5 KW motors or below

① Output AC Reactors 3G3AX-RAO

Inverter		AC Reactor
Voltage	Model JX-□	Reference
200 VAC	A2001 / A2002 / A2004 AB001 / AB002 / AB004	AX-RAO11500026-DE
	A2007/AB007	AX-RAO07600042-DE
	A2015 / AB015	AX-RAO04100075-DE
	A2022 / AB022	AX-RAO03000105-DE
	A2037	AX-RAO01830160-DE
	A2055	AX-RAO01150220-DE
	A2075	AX-RAO00950320-DE
400 VAC	A4004 / A4007 / A4015	AX-RAO16300038-DE
	A4022	AX-RAO11800053-DE
	A4040	AX-RAO07300080-DE
	A4055	AX-RAO04600110-DE
	A4075	AX-RAO03600160-DE

② Accessories

Types	Model	Description	Functions
Digital operator	3G3AX-OP05	LCD remote operator	2 Line LCD remote operator with copy function, cable length max. 3m.
	3G3AX-CAJOP300-EE	Remote operator cable	3 meters cable for connecting remote operator
Accessories	3G3AX-PCACN2	USB converter / USB cable	RJ45 to USB connection cable
	3G3AX-CTB020-EE	RJ45 T-Branch cable	T cable for RS-422 connection

④ Computer software

Types	Model	Description	Installation
Software	CX-Drive	Computer software	Configuration and monitoring drives
	CX-One	Computer software	Configuration and monitoring FA systems

ALL DIMENSIONS SHOWN ARE IN MILLIMETERS.  
To convert millimeters into inches, multiply by 0.03937. To convert grams into ounces, multiply by 0.03527.



**PROYECTO DE GRADO - BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



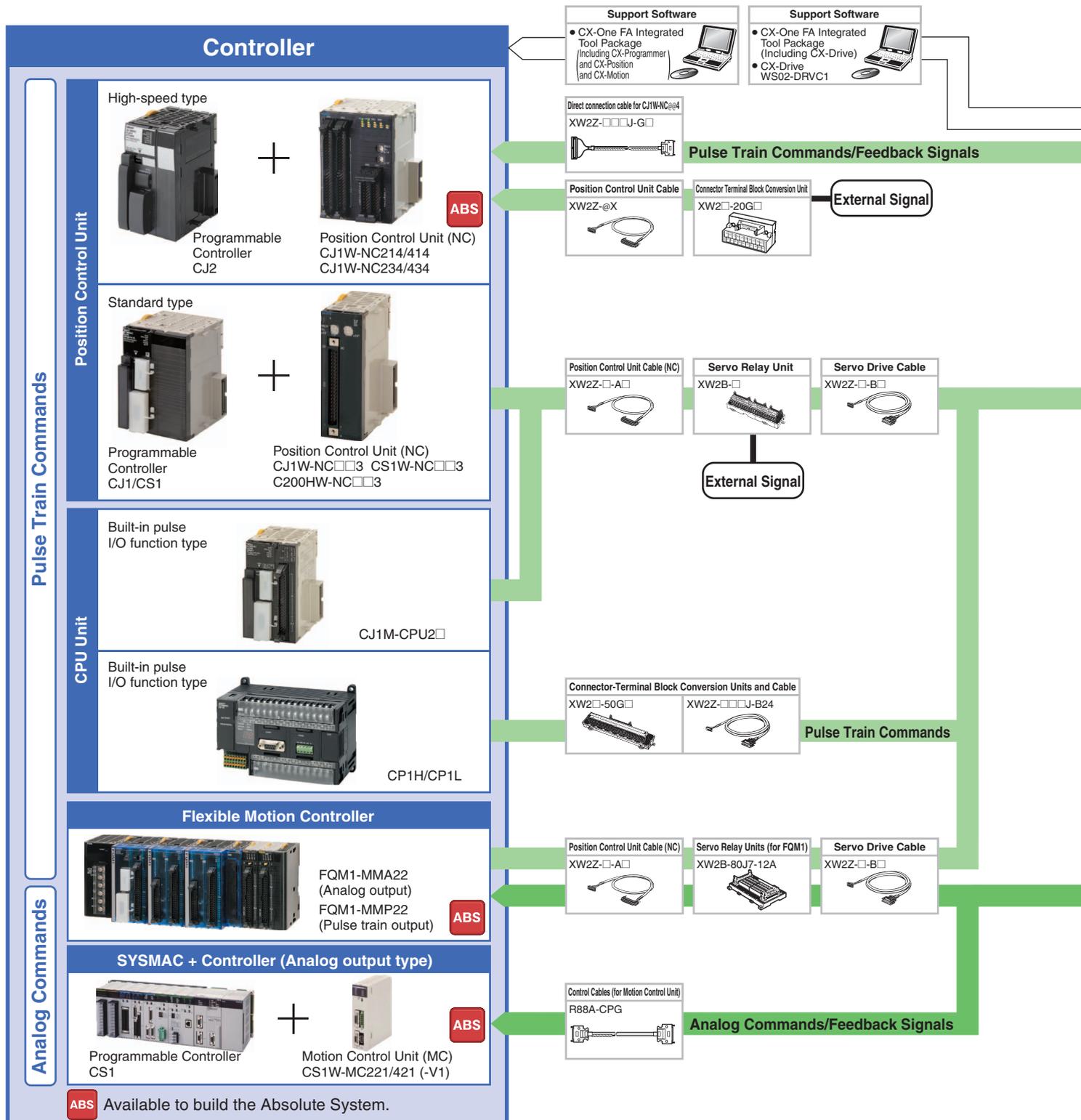
**ANEXO I.**

**Información Técnica del servosistema utilizado para el diseño**

# G5-series AC Servomotors/Servo Drives with General-purpose Pulse Train or Analog Inputs

# R88M-K/R88D-KT

## System Configuration



# The Preeminent Servo That Revolutionizes Motion Control



- Industry Top-class Tracking Performance.  
Speed Response Frequency of 2 kHz.
- Best Positioning Accuracy.  
Featuring a 20-bit high-resolution incremental encoder.
- High-precision Positioning.  
Fully Closed Loop Control Is a Standard Feature.
- Conforms to the Latest International Standards.  
Safety and Productivity.
- Globalization. Lineup of 400 VAC Servomotors.

USB communications

## Servo Drive



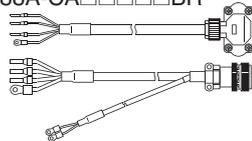
• G5 Series driver  
R88D-KT

100 VAC  
200 VAC  
400 VAC

## Motor power signals

### Power Cables

- Non-flexible Cables
  - Without Brake  
R88A-CA□□□□□S
  - With Brake  
R88A-CA□□□□□B
- Flexible Cables
  - Without Brake  
R88A-CA□□□□□SR
  - With Brake  
R88A-CA□□□□□BR



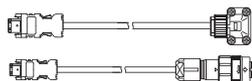
### Brake Cables (50 to 750 W max.)

- Non-flexible Cables  
R88A-CAKA□□□□B
- Flexible Cables  
R88A-CAKA□□□□BR

## Feedback Signals

### Encoder Cables

- Non-Flexible Cables
  - 750W or less  
R88A-CRK□□□□□C
  - 1.0kW or more  
R88A-CRK□□□□□N
- Flexible Cables
  - 750W or less  
R88A-CRK□□□□□CR
  - 1.0kW or more  
R88A-CRK□□□□□NR



## AC Servomotors



• G5 Series motor  
R88M-K

3,000 r/min  
2,000 r/min  
1,500 r/min  
1,000 r/min



## Peripheral Devices

External scale

- Reactors  
3G3AX-DL  
3G3AX-AL
- External Regeneration Resistors  
R88A-RR

## Absolute Encoder Battery Cable

R88A-CRGD0R3C (-BS)  
(One Battery is included with Servo Drivers with model numbers ending in "BS.")



\* Not required if a battery is connected to the control connector (CN1).

## Decelerators



General-purpose Inputs  
System Configuration

ML-II Type  
System Configuration

General-purpose Inputs  
Servo Drive

ML-II Type  
Servo Drive

Servomotors

# G5-Series AC Servo Drives with General-purpose Pulse Train or Analog Inputs

# R88D-KT

## Contents

- Ordering Information
- Specifications
  - General Specifications
  - Characteristics
    - Servo Drives with Single-phase 100 VAC Input Power
    - Servo Drives with Single-phase or three-phase 200 VAC Input Power
    - Servo Drives with Three-phase 200 VAC Input Power
    - Servo Drives with 400 VAC Input Power
- Names and Functions
  - Servo Drive Part Names
  - Functions
- Dimensions



## Ordering Information

Refer to the Ordering Information.

## Specifications

### General Specifications

Item		Specifications	
Ambient operating temperature and humidity		0 to 55°C, 90% max. (with no condensation)	
Storage ambient temperature and humidity		-20 to 65°C, 90% max. (with no condensation)	
Operating and storage atmosphere		No corrosive gases	
Vibration resistance		10 to 60 Hz and at an acceleration of 5.88 m/s <sup>2</sup> or less (Not to be run continuously at the resonance point)	
Insulation resistance		Between power supply terminal/power terminal and FG terminal: 0.5 MΩ min. (at 500 VDC Megger)	
Dielectric strength		Between power supply/power line terminals and FG terminal: 1,500 VAC for 1 min at 50/60 Hz	
Protective structure		Built into panel	
International standard	EC directives	EMC directive	EN55011, EN61000-6-2, IEC61800-3
		Low voltage command	EN61800-5-1
		Machinery directives	EN954-1 (Cat.3), EN ISO 13849-1: 2008 (PLC,d), ISO 13849-1: 2006 (PLC,d), EN61508 (SIL2), EN62061 (SIL2), EN61800-5-2 (STO), IEC61326-3-1 (SIL2)
	UL standards	UL508C	
CSA standards		CSA22.2 No.14	

**Note: 1.** The above items reflect individual evaluation testing. The results may differ under compound conditions.

**Note: 2.** Never perform dielectric strength or other megameter tests on the Servo Drive. Failure to follow this guideline may result in damaging the internal elements.

**Note: 3.** Depending on the operating conditions, some Servo Drive parts will require maintenance. For details, refer to the G5 series USER'S MANUAL. Confirm the Manual No. that is listed in Related Manuals.

General-purpose Inputs System Configuration

ML-II Type System Configuration

General-purpose Inputs Servo Drive

ML-II Type Servo Drive

Servomotors

## Characteristics

### ● Servo Drives with 100 VAC Input Power for Single-phase input type

Item			R88D-KTA5L	R88D-KT01L	R88D-KT02L	R88D-KT04L
Continuous output current (rms)			1.2A	1.7A	2.5A	4.6A
Input power supply	Main circuit	Power supply capacity	0.4KVA	0.4KVA	0.5KVA	0.9KVA
		Power supply voltage	Single-phase 100 to 115 VAC (85 to 127 V), 50/60 Hz			
		Rated current	1.7A	2.6A	4.3A	7.6A
		Heat value*1	11W	16.6W	21W	25W
	Control circuit	Power supply voltage	Single-phase 100 to 120 VAC (85 to 132 V), 50/60 Hz			
		Heat value*1	4W	4W	4W	4W
Weight			Approx. 0.8 kg	Approx. 0.8kg	Approx. 1.0kg	Approx. 1.6kg
Maximum applicable motor capacity			50W	100W	200W	400W
Applicable Servomotors	3,000 r/min Servomotors	<b>INC</b>	K05030H	K10030L	K20030L	K40030L
		<b>ABS</b>	K05030T	K10030S	K20030S	K40030S
	2,000 r/min Servomotors	<b>ABS</b>	-	-	-	-
		<b>ABS</b>	-	-	-	-

\*1. The heat value is given for rated operation.

### ● Servo Drives with 200 VAC Input Power for Single-phase/Three-phase input type

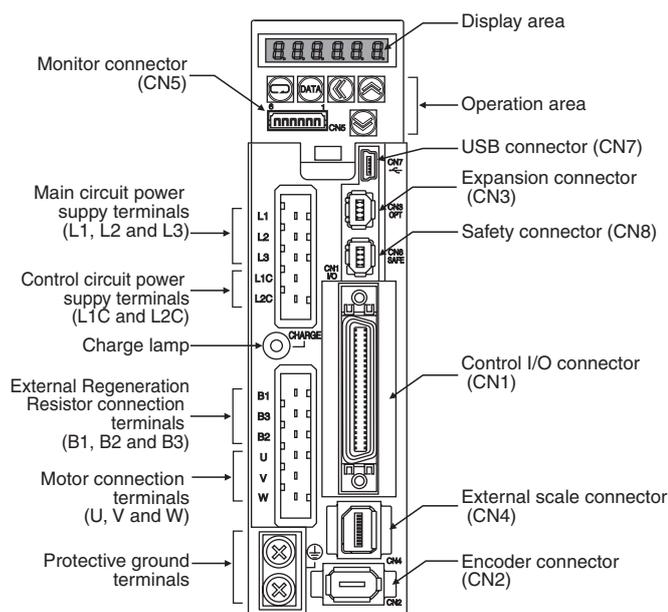
Item			R88D-KT01H	R88D-KT02H	R88D-KT04H	R88D-KT08H	R88D-KT10H	R88D-KT15H
Continuous output current (rms)			1.2A	1.6A	2.6A	4.1A	5.9A	9.4A
Input power supply	Main circuit	Power supply capacity	0.5KVA	0.5KVA	0.9KVA	1.3KVA	1.8KVA	2.3KVA
		Power supply voltage	Single-phase or Three-phase 200 to 240 VAC (170 to 264 V), 50/60 Hz					
		Rated current	1.6/0.9A*1	2.4/1.3A*1	4.1/2.4A*1	6.6/3.6A*1	9.1/5.2A*1	14.2/8.1A*1
		Heat value*2	14.3/13.7W*1	23/19W*1	33/24W*1	30/35.5W*1	57/49W*1	104/93W*1
	Control circuit	Power supply voltage	Single-phase 200 to 240VAC (170 to 264V), 50/60Hz					
		Heat value*2	4W	4W	4W	4W	7W	7W
Weight			Approx. 0.8kg	Approx. 0.8kg	Approx. 1.1kg	Approx. 1.6kg	Approx. 1.8kg	Approx. 1.8kg
Maximum applicable motor capacity			100W	200W	400W	750W	1kW	1.5kW
Applicable Servomotors	3,000 r/min Servomotors	<b>INC</b>	K05030H K10030H	K20030H	K40030H	K75030H	-	K1K030H K1K530H
		<b>ABS</b>	K05030T K10030T	K20030T	K40030T	K75030T	-	K1K030T K1K530T
	2,000 r/min Servomotors	<b>INC</b>	-	-	-	-	K1K020H	K1K520H
		<b>ABS</b>	-	-	-	-	K1K020T	K1K520T
	1,000 r/min Servomotors	<b>INC</b>	-	-	-	-	-	K90010H
		<b>ABS</b>	-	-	-	-	-	K90010T

\*1. The left value is for single-phase input power and the right value is for three-phase input power.

\*2. The heat value is given for rated operation.

## Components and Functions

### Servo Drive Part Names



#### Display area

A 6-digit 7-segment LED display shows the Servo Drive status, alarm codes, parameters, and other information.

#### Operation area

Monitors the parameter setting and driver condition.

#### Charge Lamp

Lits when the main circuit power supply is turned ON.

#### Control I/O Connector (CN1)

Used for command input signals and I/O signals.

#### Encoder connector (CN2)

Connector for the encoder installed in the Servomotor.

#### Expansion Connector (CN3)

A spare connector for expansion. Do not connect anything.

#### External Scale Connector (CN4)

Connector for an encoder signal used during full closing control.

#### Monitor Connector (CN5)

Uses a specified cable to monitor the motor rotation speed, torque command value, etc.

#### USB connector (CN7)

Communications connector for the computer.

#### Safety Connector (CN8)

Connector for the safety devices.

If no safety device is used, keep the factory-set safety bypass connector installed.

#### Main Circuit Terminal (CNA)

Main-circuit power terminals (L1, L2, L3)

Control-circuit power terminals (CNA)

#### Motor connection terminals (CNB)

External Regeneration Resistor connection terminals (B1,B2,B3)

Servomotor connection terminals (U, V, W)

## Functions

### Basic control

Position control	Internally set speed control
Speed control	Switching control
Torque control	Full closing control *

\* Absolute type external encoder can not connected.

### Advanced control

Vibration control	Gain switching	Friction torque compensation function
Adaptive filter	Torque limit	Inertia ratio switching function
Notch filter	Sequence I/O signal	Hybrid Vibration Suppression Function
Electronic gear function	Forward and reverse drive prohibition functions	Feed-forward function
Encoder dividing function	Disturbance observer function	Instantaneous speed observer function
Brake interlock	Gain switching 3 function	

### Other functions

#### Safe Torque OFF (STO) Function

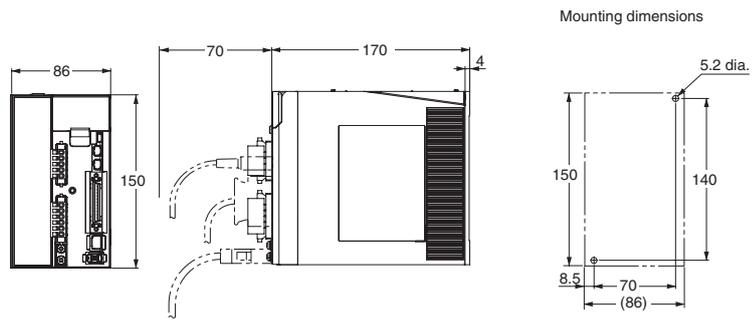
#### Realtime autotuning

#### Manual tuning

#### Various parameters

Basic Parameters	Interface Monitor Setting Parameters
Gain Parameters	Extended Parameters
Vibration Suppression Parameters	Special Parameters
Analog Control Parameters	

Single-phase/Three-phase 200 VAC R88D-KT10H/-KT15H (900W to 1.5kW)



CAD data

# G5-series AC Servomotors

# R88M-K INC ABS/INC

## Contents

- Ordering Information
- Specifications
  - General Specifications
  - Characteristics/Torque and Rotation Speed Characteristics
  - <Cylinder type>
    - 3,000 r/min servomotors (100V, 200V, 400V)
    - 2,000 r/min servomotors (200V, 400V)
    - 1,500 r/min servomotors (200V/400V)
    - 1,000 r/min servomotors (200V/400V)
  - Encoder Specifications
- Dimensions



## Ordering Information

Refer to the Ordering Information.

## Specifications

### General Specifications

Item	3,000-r/min motors		1,000-r/min motors 1,500-r/min motors 2,000-r/min motors
	50 to 750W	1 to 5kW	900 W to 15kW
<b>Ambient operating temperature and operating humidity</b>	0 to 40°C 20 to 85% RH (with no condensation)		
<b>Storage ambient temperature and humidity</b>	-20 to +65°C, 20% to 85% RH (with no condensation) Guaranteed maximum temperature: 72 hours at 80°C		
<b>Operating and storage atmosphere</b>	No corrosive gases		
<b>Vibration resistance *1</b>	Acceleration of 49 m/s <sup>2</sup> 24.5 m/s <sup>2</sup> max. in X, Y, and Z directions when the motor is stopped		
<b>Impact resistance</b>	Acceleration of 98 m/s <sup>2</sup> max. 3 times each in X, Y, and Z directions		
<b>Insulation resistance</b>	Between power terminal and FG terminal: 20 MΩ min. (at 500 VDC Megger)		
<b>Dielectric strength</b>	1,500 VAC between power terminal and FG terminal (sensed current 10 mA) for 1 min (voltage 100 V, 200 V) 1,800 VAC between power terminal and FG terminal (sensed current 10 mA) for 1 min (voltage 400 V) 1,000 VAC between brake terminal and FG terminal (sensed current 10 mA) for 1 min		
<b>Insulation class</b>	Class B	Class F	
<b>Protective structure</b>	IP67 (except for through-shaft parts and motor and encoder connector pins)		
<b>International standard</b>	<b>EC directive</b>	<b>EMC directive</b>	EN55011 classA group1 EN61000-6-2, IEC61800-3, IEC61326-3-1
		<b>Low voltage directive</b>	EN60034-1/-5
	<b>UL standards</b>	UL1004-1	
	<b>CSA standards</b>	CSA 22.2 No.100	
			UL1004-1, UL1004-6 *2

\*1. The amplitude may be amplified by machine resonance. Do not exceed 80% of the specified value for extended periods of time.

\*2. UL 1004-6 applies only to 1,500-r/min Servomotors of 7.5 to 15 kW and 1,000-r/min Servomotors of 4.5 to 6 kW.

**Note: 1.** Do not use the cable when it is laying in oil or water.

**Note: 2.** Do not expose the cable outlet or connections to stress due to bending or the weight of the cable itself.

General-purpose Inputs  
System Configuration

ML-II Type  
System Configuration

General-purpose Inputs  
Servo Drive

ML-II Type  
Servo Drive

Servomotors

# AC Servomotor/Drive G5-series

## Characteristics

### 1,000 r/min Servomotors (200/400 VAC Input Power)

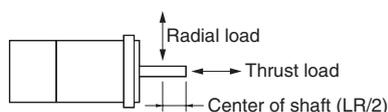
Model (R88M-)		200 VAC					400 VAC					
		K90010H	K2K010H	K3K010H	–	–	K90010F	K2K010F	K3K010F	–	–	
Item	Unit	K90010T	K2K010T	K3K010T	K4K510T	K6K010T	K90010C	K2K010C	K3K010C	K4K510C	K6K010C	
Rated output <sup>*1</sup>	W	900	2,000	3,000	4,500	6,000	900	2,000	3,000	4,500	6,000	
Rated torque <sup>*1</sup>	N • m	8.59	19.1	28.7	43.0	57.0	8.59	19.1	28.7	43.0	57.3	
Rated rotation speed	r/min	1,000										
Momentary maximum rotation speed	r/min	2,000										
Momentary maximum torque <sup>*1</sup>	N • m	19.3	47.7	71.7	107.0	143.0	19.3	47.7	71.7	107.0	143.0	
Momentary maximum current <sup>*1</sup>	A (rms)	7.6	17.0	22.6	29.7	38.8	3.8	8.5	11.3	14.8	19.4	
Momentary maximum current <sup>*1</sup>	A (rms)	24	60	80	110	149	12	30	40	55	74	
Rotor inertia	Without brake	kW/s	6.70×10 <sup>-4</sup>	30.3×10 <sup>-4</sup>	48.4×10 <sup>-4</sup>	79.1×10 <sup>-4</sup>	101×10 <sup>-4</sup>	6.70×10 <sup>-4</sup>	30.3×10 <sup>-4</sup>	48.4×10 <sup>-4</sup>	79.1×10 <sup>-4</sup>	101×10 <sup>-4</sup>
	With brake	kW/s	7.99×10 <sup>-4</sup>	31.4×10 <sup>-4</sup>	49.2×10 <sup>-4</sup>	84.4×10 <sup>-4</sup>	107×10 <sup>-4</sup>	7.99×10 <sup>-4</sup>	31.4×10 <sup>-4</sup>	49.2×10 <sup>-4</sup>	84.4×10 <sup>-4</sup>	107×10 <sup>-4</sup>
Applicable load inertia	–	10 times the rotor inertia max. <sup>*2</sup>										
Torque constant <sup>*1</sup>	N • m/A	0.86	0.88	0.96	1.02	1.04	1.72	1.76	1.92	2.05	2.08	
Power rate <sup>*1</sup>	Without brake	kW/s	110	120	170	233	325	110	120	170	233	325
	With brake	kW/s	92.4	116	167	219	307	92.4	116	167	219	307
Mechanical time constant	Without brake	ms	0.66	0.75	0.63	0.55	0.54	0.66	0.76	0.61	0.55	0.54
	With brake	ms	0.78	0.78	0.64	0.63	0.57	0.79	0.78	0.62	0.63	0.57
Electrical time constant	ms	11	18	21	20	23	11	18	22	20	23	
Allowable radial load <sup>*3</sup>	N	686	1176	1470	1470	1764	686	1176	1470	1470	1764	
Allowable thrust load <sup>*3</sup>	N	196	490	490	490	588	196	490	490	490	588	
Weight	Without brake	kg	Approx. 6.7	Approx. 14.0	Approx. 20.0	Approx. 29.4	Approx. 36.4	Approx. 6.7	Approx. 14.0	Approx. 20.0	Approx. 29.4	Approx. 36.4
	With brake	kg	Approx. 8.2	Approx. 17.5	Approx. 23.5	Approx. 33.3	Approx. 40.4	Approx. 8.2	Approx. 17.5	Approx. 23.5	Approx. 33.3	Approx. 40.4
Radiator plate dimensions (material)	–	270×260×115 (Al)			470×440×t30 (Al)	550×520×t30 (Al)	270×260×t15 (Al)	470×440×t30 (Al)			550×520×t30 (Al)	
Applicable drives (R88D-)	–	KT15H/ KN15H- ML2/ KN15H- ECT	KT30H/ KN30H- ML2/ KN30HF- ECT	KT50H/ KN50H- ML2/ KN50H- ECT	KT50H/ KN50H- ECT	KT75H/ KN75H- ECT	KT15F/ KN15F- ML2/ KN15F- ECT	KT30F/ KN30F- ML2/ KN30F- ECT	KT50F/ KN50F- ML2/ KN50F- ECT	KT50F/ KN50F- ECT	KT75F/ KN75F- ECT	
Brake specifications	Brake inertia	kg • m <sup>2</sup>	1.35×10 <sup>-4</sup>	4.7×10 <sup>-4</sup>	4.7×10 <sup>-4</sup>	4.7×10 <sup>-4</sup>	4.7×10 <sup>-4</sup>	1.35×10 <sup>-4</sup>	4.7×10 <sup>-4</sup>	4.7×10 <sup>-4</sup>	4.7×10 <sup>-4</sup>	4.7×10 <sup>-4</sup>
	Excitation voltage <sup>*4</sup>	V	24 VDC±10%									
	Power consumption (at 20°C)	W	19	31	34	34	34	19	31	34	34	34
	Current consumption (at 20°C)	A	0.79±10%	1.3±10%	1.4±10%	1.4±10%	1.4±10%	0.79±10%	1.3±10%	1.4±10%	1.4±10%	1.4±10%
	Static friction torque	N • m	13.7 min.	24.5 min.	58.8 min.	58.8 min.	58.8 min.	13.7 min.	24.5 min.	58.8 min.	58.8 min.	58.8 min.
	Attraction time <sup>*5</sup>	ms	100 max.	80 max.	150 max.	150 max.	150 max.	100 max.	80 max.	150 max.	150 max.	150 max.
	Release time <sup>*5</sup>	ms	50 max. <sup>*6</sup>	25 max. <sup>*7</sup>	50 max. <sup>*7</sup>	50 max.	50 max.	50 max. <sup>*6</sup>	25 max. <sup>*7</sup>	50 max. <sup>*7</sup>	50 max.	50 max.
	Backlash	–	±1°									
	Allowable work per braking	J	1,176	1,372	1,372	1,372	1,372	1,176	1,372	1,372	1,372	1,372
	Allowable total work	J	1.5×10 <sup>6</sup>	2.9×10 <sup>6</sup>	2.9×10 <sup>6</sup>	2.9×10 <sup>6</sup>	2.9×10 <sup>6</sup>	1.5×10 <sup>6</sup>	2.9×10 <sup>6</sup>	2.9×10 <sup>6</sup>	2.9×10 <sup>6</sup>	2.9×10 <sup>6</sup>
	Allowable angular acceleration	rad/s <sup>2</sup>	10,000			5,000		10,000			5,000	
	Brake limit	–	10 million times min.									
Rating	–	Continuous										
Insulation class	–	Type F										

\*1. These are the values when the motor is combined with a driver at normal temperature (20°C, 65%). The momentary maximum torque indicates the standard value.

\*2. Applicable load inertia.

- The operable load inertia ratio (load inertia/rotor inertia) depends on the mechanical configuration and its rigidity. For a machine with high rigidity, operation is possible even with high load inertia. Select an appropriate motor and confirm that operation is possible.
- If the dynamic brake is activated frequently with high load inertia, the Dynamic Brake Resistor may burn. Do not repeatedly turn the servo ON/OFF while the dynamic brake is enabled.
- The dynamic brake is designed only for emergency stops. Design the system so that the Servomotor remains stopped for at least 3 minutes after applying the dynamic brake. Otherwise the dynamic brake circuits may fail.

\*3. The allowable radial and thrust loads are the values determined for a limit of 20,000 hours at normal operating temperatures. The allowable radial loads are applied as shown in the following diagram.



\*4. This is a non-excitation brake. (It is released when excitation voltage is applied.)

\*5. The operation time is the value (reference value) measured with a surge suppressor (CR50500 by Okaya Electric Industries Co., Ltd.).

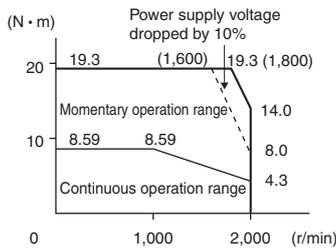
\*6. Direct current switching with a varistor (Z15D151 by Ishizuka Electronics Co.).

\*7. Direct current switching with a varistor (TNR9G820K by Nippon Chemi-Con Corporation).

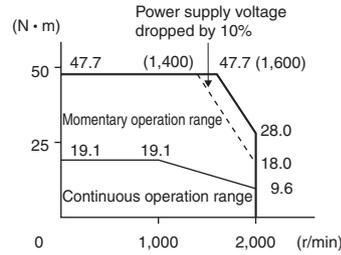
## Torque and Rotation Speed Characteristics 1,000 r/min Servomotors (200/400 VAC Input Power)

The following graphs show the characteristics with a 3 m standard cable and a 200 VAC input.

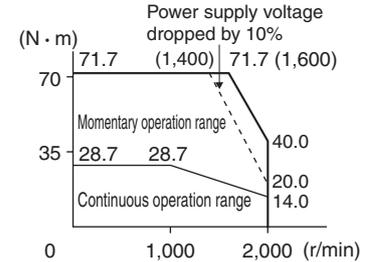
- R88M-K90010H/T/F/C (900W)



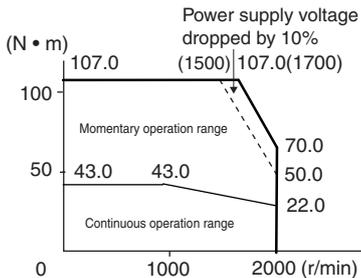
- R88M-K2K010H/T/F/C (2kW)



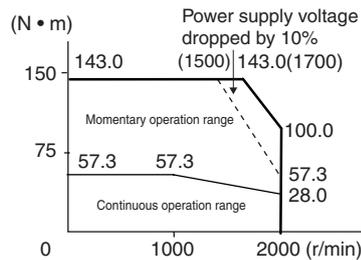
- R88M-K3K010H/T/F/C (3kW)



- R88M-K4K510T/C (4.5kW)



- R88M-K6K010T/C (6kW)



**Note 1:** The continuous operation range is the range in which continuous operation is possible. Continuous operation at the maximum speed is also possible. However, doing so will reduce the output torque.

**Note 2:** If the motor power cable exceeds 20 m, the voltage drop will increase and the momentary operation range will become narrower.

## Encoder Specifications

### Incremental Encoders

Item	Specifications
Encoder system	Optical encoder 20 bits
No. of output pulses	Phases A and B: 262,144 pulses/rotation Phase Z: 1 pulse/rotation
Power supply voltage	5 VDC±5%
Power supply current	180 mA (max.)
Output signals	+S, -S
Output interface	RS-485 compliance

### Absolute Encoders

Item	Specifications
Encoder system	Optical encoder 17 bits
No. of output pulses	Phases A and B: 32,768 pulses/rotation Phase Z: 1 pulse/rotation
Maximum rotations	-32,768 to +32,767 rotations
Power supply voltage	5 VDC±5%
Power supply current	110 mA (max.)
Applicable battery voltage	3.6 VDC
Current consumption of battery	265 μA for a maximum of 5 s right after power interruption 100 μA for operation during power interruption 3.6 μA when power is supplied to Servo Drive
Output signals	+S, -S
Output interface	RS-485 compliance

**Note: Multi-rotation Data Backup**

- The multi-rotation data will be lost if the battery cable connector is disconnected at the motor when connecting the battery cable for the absolute encoder and battery.
- The multi-rotation data will be lost if CN2 is disconnected when connecting the battery to CN1 without the use of a battery cable for the absolute encoder.

# AC Servomotor/Drive G5-series

## 1,000 r/min Servomotors (200 VAC)

900W

• **Without brake**

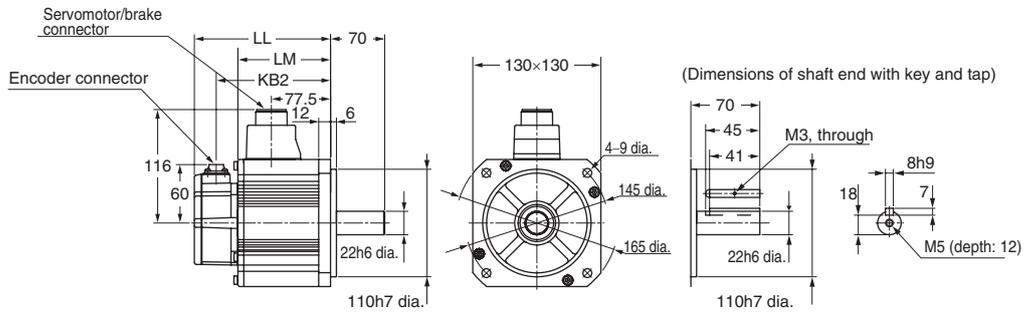
- R88M-K90010H (-S2) **INC**
- R88M-K90010T (-S2) **ABS**

• **With brake**

- R88M-K90010H-B (S2) **INC**
- R88M-K90010T-B (S2) **ABS**

Model	Dimensions (mm)		
	LL	LM	KB2
R88M-K90010□	155.5	111.5	133.5
R88M-K90010□-B□	180.5	136.5	158.5

**CAD data**





**PROYECTO DE GRADO - BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**ANEXO J.**

**Información Técnica de la pantalla touchscreen adquirida por la Industria Militar (INDUMIL)**

## Terminales de Interfase Operador-Máquina



Mejore la agilidad en la producción y el desempeño del operador con herramientas de visualización y diagnóstico desde un mismo punto

# Modelos de la Serie NS

Esta selección de productos despliega el valor único de Omron. Elija de entre 3 tipos según su aplicación y sus requerimientos.

**Serie NS** Distintas variantes de pantallas y funciones diversas para su uso en un amplia gama de aplicaciones.

## Modelos Estándar

### 5.7 pulgadas

USB Esclavo	USB Maestro	Ethernet	RS-232C x 2
Controller Link	Mon. Escalera	Video	Tarjeta Mem.

#### NS5-MQ Monocromático STN



- 16 graduaciones monocromáticas
- QVGA 320 x 240 pixeles
- Memoria de pantalla: 20 MB

#### NS5-SQ Color STN



- 4,096 colores
- QVGA 320 x 240 pixeles
- Memoria de pantalla: 20 MB

#### NS5-TQ Color TFT



- 32,768 colores
- QVGA 320 x 240 pixeles
- Memoria de pantalla: 20 MB

### 8.4 pulgadas

USB Esclavo	USB Maestro	Ethernet	RS-232C x 2
Controller Link	Mon. Escalera	Video	Tarjeta Mem.

#### NS8-TV Color TFT



- 32,768 colores
- VGA 640 x 480 pixeles
- Memoria de pantalla: 60 MB

### 10.4 pulgadas

USB Esclavo	USB Maestro	Ethernet	RS-232C x 2
Controller Link	Mon. Escalera	Video	Tarjeta Mem.

#### NS10-TV Color TFT



- 32,768 colores
- VGA 640 x 480 pixeles
- Memoria de pantalla: 60 MB

### 12.1 pulgadas

USB Esclavo	USB Maestro	Ethernet	RS-232C x 2
Controller Link	Mon. Escalera	Video	Tarjeta Mem.

#### NS12-TS Color TFT



- 32,768 colores
- SVGA 800 x 600 pixeles
- Memoria de pantalla: 60 MB

¡NUEVO!

## NS-Runtime

### NS-NSRCL

Este software permite la comunicación con el PLC desde una computadora personal mediante la manipulación de pantallas de interfase HMI creadas con el CX-Designer.



## Productos Opcionales

Para ampliar las funciones de la Serie NS, tales como procesamiento de imágenes y conexión a redes.



Unidad de Entrada de Video

#### NS-CA001

- Entradas NTSC/PAL (4 canales)



Unidad de Entrada Video/RGB

#### NS-CA002

- NTSC/PAL (2 canales)
- Entrada RGB (1 canal)



Unidad de Interfase

#### Controller Link NS-CLK21



Unidad Convertidora RS-232C/RS-422A

#### NS-AL002

- Distancia de trans.: 500 m máx.



Cable de Comunicación

#### XWZ2-5002

## Serie NSH

Ahora se cuenta con una versión portátil del NS5 para realizar operaciones en el sitio de producción.

## Modelos Portátiles

### 5.7 pulgadas

USB Esclavo	USB Maestro	Ethernet	RS-232C x 2
Controller Link	Mon. Escalera	Video	Tarjeta Mem.



#### NSH5-SQR Color STN

- Equipado con interruptor rojo para el paro de emergencia.
- 4,096 colores
- QVGA 320 x 240 pixeles
- Paro de emergencia (3 entradas)



#### NSH5-SQG Color STN

- Equipado con interruptor gris para el paro de emergencia (3 entradas).
- 4,096 colores
- QVGA 320 x 240 pixeles

## Cable HMI Portátil

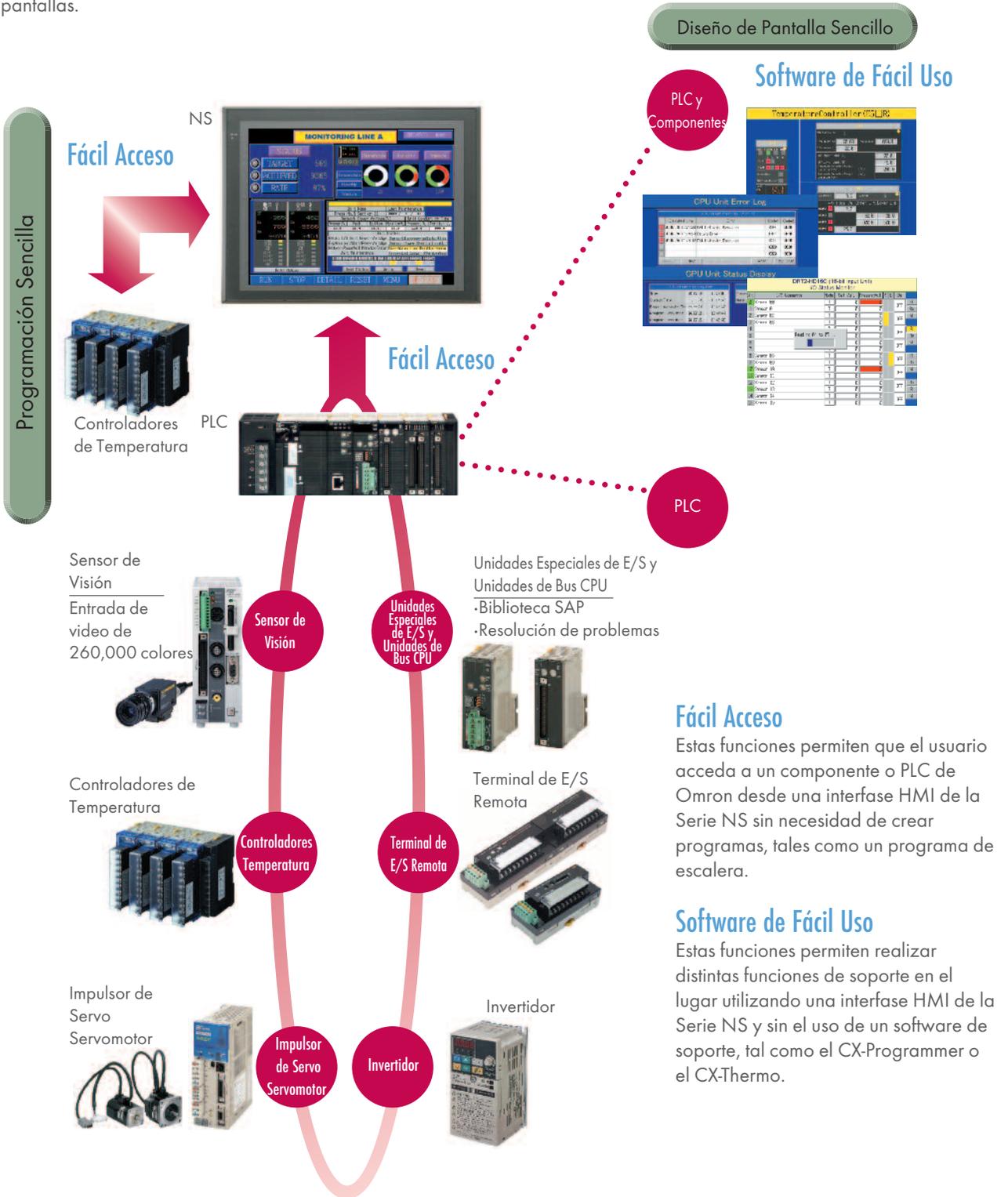
RS-422A	RS-232C
---------	---------



# La Mejor Opción

Los Productos de Omron Reducen el Tiempo Empleado en la Programación y el Diseño de Pantallas

La biblioteca de Partes Inteligentes Activas (SAP) de la Serie NS facilita su conexión a los componentes y PLCs de Omron sin necesidad de crear programas de escalera y datos de visualización. Omron provee un entorno de desarrollo que simplifica la programación y el diseño de las pantallas.



## Partes Activas Inteligentes (Biblioteca SAP)

Reducen considerablemente el esfuerzo necesario para crear pantallas y programas de escalera.

Se cuenta con más de 2,000 partes en la biblioteca (Partes Activas Inteligentes) para acceder directamente a los componentes y PLCs de Omron. Los objetos pueden trasladarse de la biblioteca SAP a la pantalla; no es necesario crear pantallas y programas de escalera.

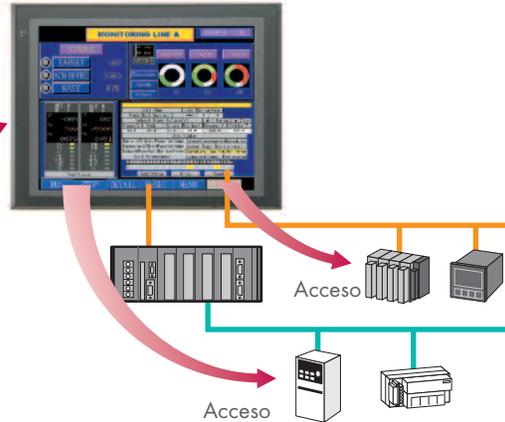
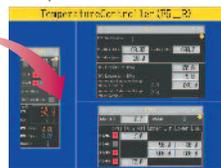
**Fácil Acceso**  
Característica Estándar

La configuración del Controlador de Temperatura y las pantallas de monitoreo se realizan en poco tiempo.

Software de Diseño de Pantallas CX-Designer



Biblioteca SAP, Partes del Controlador de Temperatura

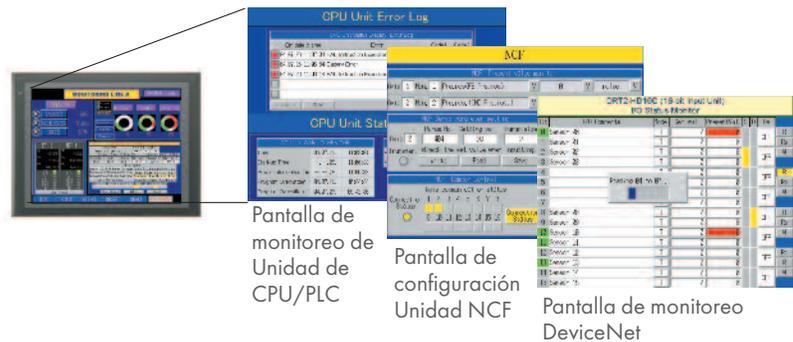


Es posible incorporar objetos de herramientas de soporte para configurar y detectar errores, incluso sin una computadora.

Se cuenta con una gran cantidad de objetos en las herramientas de soporte (Biblioteca SAP de Herramientas de Funciones), mismas que pueden incorporar fácilmente las funciones de las herramientas de soporte en las interfaces HMI de la Serie NS. Basta con pegar los objetos de las herramientas de soporte en la pantalla para detectar los errores y realizar las configuraciones, incluso sin una computadora.

**Sencillas Herramientas de Soporte**

Pantallas de muestra utilizando los objetos de las herramientas de soporte (Biblioteca SAP de Herramientas de Funciones)

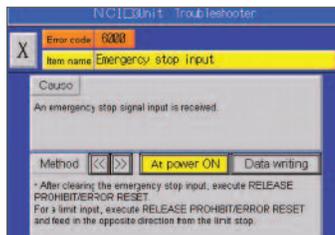


También se puede realizar la resolución de problemas con Unidades Especiales de E/S y Unidades de Bus CPU.

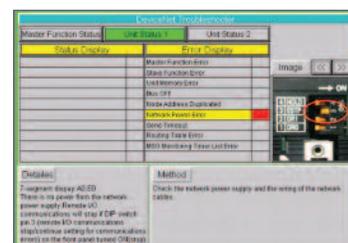
Se cuenta con una Biblioteca SAP de Resolución de Problemas a fin de resolver los problemas de cada unidad en el PLC. Cuando ocurre un error en una unidad, la Biblioteca SAP de Resolución de Problemas provee una explicación fácil de entender sobre la causa del error y las medidas para resolverlo.

**Fácil Acceso**

Biblioteca SAP de Resolución de Problemas para una Unidad de Control de la Posición



Biblioteca SAP de Resolución de Problemas para una Unidad DeviceNet



# La Mejor Opción

## Acceso Múltiple de Puerto Sencillo (SPMA)

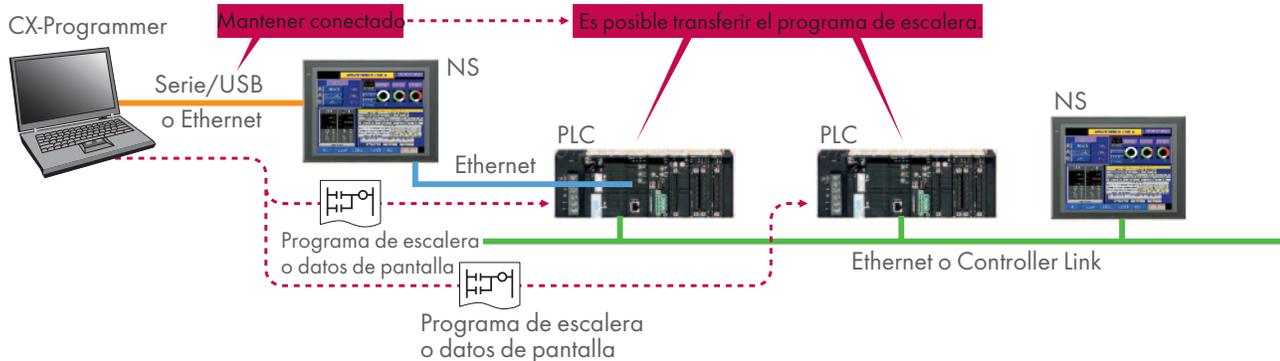
¡Es posible transferir el programa de escalera y los datos de la pantalla desde un sólo puerto!

El programa de escalera puede transferirse a través del PLC al igual que los datos de la pantalla de la interfase HMI mientras la computadora permanece conectada al puerto de la interfase HMI (tal como un puerto USB).

**Fácil Acceso**  
Característica Estándar

La interfase HMI puede transferir datos a través de la red mediante las siguientes rutas.

Computadora (Serie/USB) → HMI de la Serie NS (Ethernet) → PLC (Ethernet o Controller Link) → PLC



## Monitor de Escalera

¡Monitoree el programa de escalera en el sitio de trabajo sin una computadora portátil!

Es posible monitorear el programa de escalera con los comentarios de E/S desde la pantalla de la interfase HMI. Además, las tablas de datos pueden editarse con la función de la Consola de Programación.

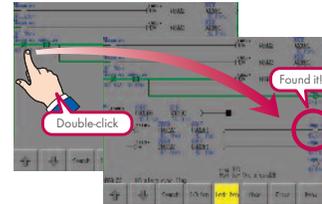
Nota: La función del Monitor de Escalera no está soportada en los modelos de 5.7 pulgadas, pero es posible utilizar la Consola de Programación si se copia el software requerido a la tarjeta de memoria.

Pantalla de operación



PLC de la Serie CS/CJ/CP

Haga doble click sobre el bit para buscar el Monitor de Escalera



Función de Consola de Programación



También es útil para desplegar los dispositivos en el sitio de trabajo, en vez del programa de escalera.

### Función de Caja de Interruptor

El operador puede verificar el estatus del PLC desplegando únicamente los comentarios de E/S y el estatus.

**Sencillas Herramientas de Soporte**  
Característica Estándar

### Función de Monitoreo de Dispositivos

Despliega el contenido del dispositivo y permite ingresar la configuración, verificarla y hacer que las operaciones de arranque sean más eficientes.

Función de Caja de Interruptor

Operación	Comentario	Estado	Operación	Comentario	Estado
POWER ON	Power On	ON	POWER OFF	Power Off	OFF
POWER STOP	Power Stop	STOP	POWER RUN	Power Run	RUN
POWER ERROR	Power Error	ERROR	POWER OK	Power OK	OK
POWER ALARM	Power Alarm	ALARM	POWER CLEAR	Power Clear	CLEAR
POWER LOCK	Power Lock	LOCK	POWER UNLOCK	Power Unlock	UNLOCK
POWER TEST	Power Test	TEST	POWER PASS	Power Pass	PASS
POWER FAIL	Power Fail	FAIL	POWER REPAIR	Power Repair	REPAIR
POWER MAINT	Power Maint	MAINT	POWER END	Power End	END

Función de Monitoreo de Dispositivos

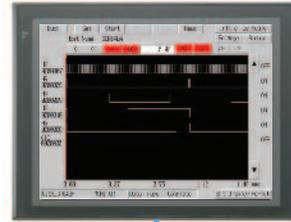
Dispositivo	Nombre	Estado	Operación	Comentario	Estado
DIS1	Dispositivo 1	ON	DIS1	Dispositivo 1	ON
DIS2	Dispositivo 2	OFF	DIS2	Dispositivo 2	OFF
DIS3	Dispositivo 3	ALARM	DIS3	Dispositivo 3	ALARM
DIS4	Dispositivo 4	LOCK	DIS4	Dispositivo 4	LOCK
DIS5	Dispositivo 5	TEST	DIS5	Dispositivo 5	TEST
DIS6	Dispositivo 6	FAIL	DIS6	Dispositivo 6	FAIL
DIS7	Dispositivo 7	MAINT	DIS7	Dispositivo 7	MAINT
DIS8	Dispositivo 8	END	DIS8	Dispositivo 8	END

## Rastreo de Datos del PLC

### ¡Verifique la operación de los PLC!

La función de Rastreo de Datos de PLC está integrada en la interfase HMI además del Monitor de Escalera y el Monitor de Dispositivos. Es posible visualizar el estatus y la operación de un bit en una gráfica de tiempo con sólo configurar la dirección del bit deseado del PLC en la interfase HMI.

Nota: Existen algunas diferencias entre esta función de Rastreo de Datos y la función de Rastreo de Datos del software CX-Programmer. Consulte el Manual de Programación de la Terminal Programable de la Serie NS (Cat. Núm. V073) para obtener información.



**Sencillas Herramientas de Soportes**  
Característica Estándar



## Resolución de Problemas del PLC

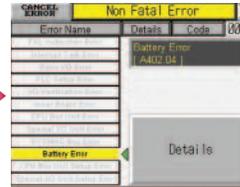
### Monitoreo constante de los errores del PLC.

Detecta automáticamente los errores del PLC y despliega los detalles del error y el procedimiento de recuperación en la pantalla. Incluso si ocurre un problema, éste puede resolverse rápidamente sin consultar los manuales.

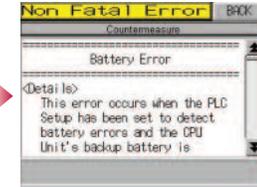
**Sencillas Herramientas de Soporte**



Visualización de detalles sobre errores.



Visualización del procedimiento del programa.



PLC de la Serie CS/CJ/CP

Nota: Se requiere de una plantilla especial al utilizar esta función. Consulte a su representante de Omron para obtener mayor información. Esta función es una característica estándar en la interfase HMI de la Serie NSJ.

## Conexión Directa a Controladores de Temperatura

### Conecte los Controladores de Temperatura de Omron Directamente a la Interfase HMI de la Serie NS.

Es posible conectar los Controladores de Temperatura de Omron directamente al puerto RS-232C de la interfase HMI de la Serie NS. Los datos no pasan a través del PLC, por lo que no se requiere de un programa de escalera. Se cuenta con una amplia variedad de objetos en la Biblioteca SAP para crear fácilmente Controladores de Temperatura y pantallas de Controladores de Temperatura copiar y pegar objetos de la Biblioteca SAP a las pantallas.

**Fácil Acceso**  
Característica Estándar



Adaptador en Serie RS-422A CJ1W-CIF11



Controladores de Temperatura de Omron

Nota: Se requiere de un Adaptador en Serie RS-422A para realizar una conexión directa a un Controlador de Temperatura. Consulte la página 38 para conocer una lista de Controladores de Temperatura que pueden conectarse.

# La Mejor Opción

Las pantallas de los Controladores de Circuito pueden crearse de manera sencilla y automática.

La compatibilidad con CX-Process es excepcional.

## WS02-NSFC1-EV3

### Creación Automática de Placas Frontales para NS

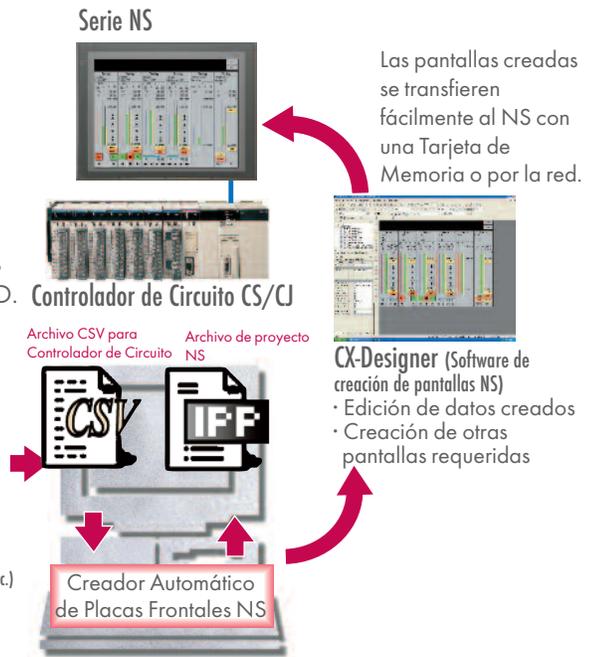
Reduce significativamente el esfuerzo necesario para utilizar un Controlador de Circuito con una interfase HMI de la Serie NS.

- Generación sencilla y automática de placas frontales, tales como aquellas para el monitoreo de Valores Actuales y la configuración de Valores Establecidos, además de las pantallas de ajuste, tales como aquellas para configurar y auto-ajustar un PID.
- Soporta un total de 17 bloques de función, con la adición de once bloques de función nuevos, tales como Configuración de Índices y Manipuladores de Motores (versión 3 o superior).
- Los comentarios se ingresan automáticamente para la unidad asignada y las configuraciones de escala al generar un proyecto (versión 3 o superior).

Nota: Consulte el Catálogo de Control de Procesos Basados en PLC (Cat. Núm. P051) y el Catálogo Unidades de CPU de Control de Circuito (Cat. Núm. R128) para obtener información sobre los Controladores de Circuito.



**Herramienta CX-Process**  
(Programación de Controladores de Circ.)  
· Creación de programas de Controlador de Circuito (método de bloques de función)  
· Salida a archivo CSV



## Pantalla de Video de 260,000 Colores

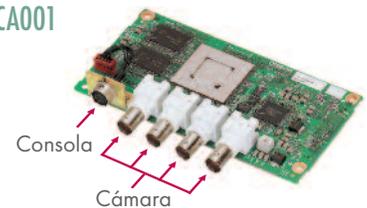
Los movimientos del equipo y de las piezas de trabajo también pueden renderizarse en una pantalla de video a todo color.

Se cuenta con dos tipos de interfases de video para conectar a las distintas aplicaciones. Estas interfases son compatibles con los Sensores de Visualización de Omron, además de las conexiones de video y cámaras CCD. No se requiere de una Unidad de Consola.

### Unidad de Entrada de Video NS-CA001

Permite conectar cuatro entradas de video o cámaras CCD y desplegar hasta cuatro imágenes de manera simultánea si el tamaño de la imagen es de 320x240 pixeles. También es compatible con los Sensores de Visualización F150/F160/F210/F250/F270/F500.

NS-CA001

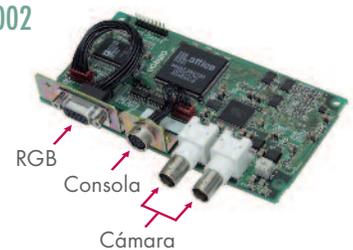


### Unidad de Entrada de Video/RGB NS-CA002

Cuenta con una terminal de entrada RGB analógica además de dos terminales de entrada de video. Puede desplegar cualquiera de las señales de video o la señal RGB analógica en la interfase HMI de la Serie NS. Es compatible con los Sensores de Visualización FZ y ZFX.

Nota: No es posible utilizar algunos modelos de las Unidades de Entrada de Video y las Unidades de Entrada de Video RGB. Consulte la página 4 para obtener mayor información.

NS-CA002



## También es Compatible con los Sensores de Visualización de Omron



NS

Unidad de Entrada de Video/RGB



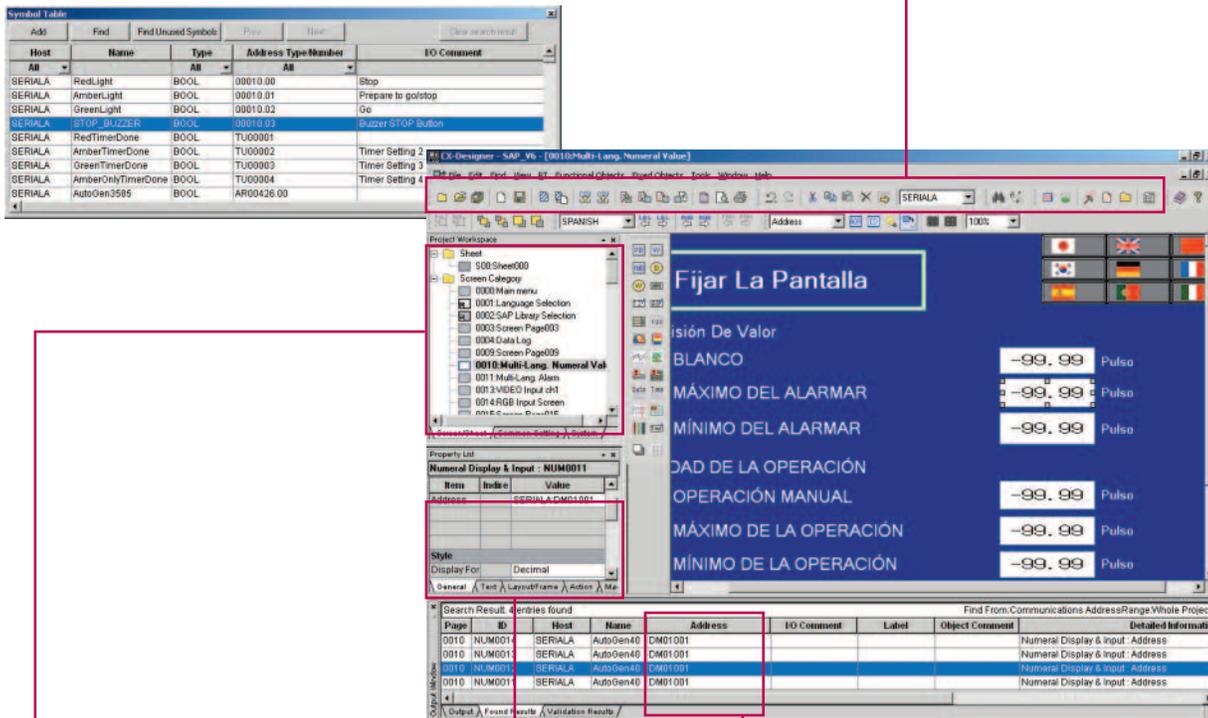
Sensor de Visualización

## Ahorre tiempo con este sencillo proceso de desarrollo de pantallas

El Software de Diseño de Pantallas CX-Designer es rápido y sencillo de utilizar sin necesidad de hacer uso de programas de escalera o de procesos complejos para crear pantallas.

Todas las direcciones y los comentarios pueden gestionarse utilizando una sola Tabla de Símbolos.

Muestra una lista de direcciones, nombres y comentarios utilizados en los datos de las pantallas del proyecto. Las direcciones, los nombres y los comentarios de E/S del CX-Programmer también pueden ser importados.



Iconos y Ayuda Mejorados

El Espacio de Trabajo del proyecto permite que el usuario visualice el proyecto en su totalidad.

- Permite abrir de inmediato las pantallas a editar.
- Realice la gestión de las pantallas, tal como copiar o eliminar pantallas, haciendo click con el botón derecho.
- Es sencillo reutilizar pantallas de otros proyectos con el CX-Designer.
- También se puede acceder fácilmente a la configuración de alarmas, registros de datos, comunicaciones y otras funciones.

Reduce considerablemente la cantidad de clicks del proyecto.

Basta con hacer click una vez sobre el objeto para desplegar o cambiar sus propiedades. Permite seleccionar varios objetos para desplegarlos y cambiar sus propiedades todos a la vez.

La Ventana de Salida despliega los resultados de las búsquedas.

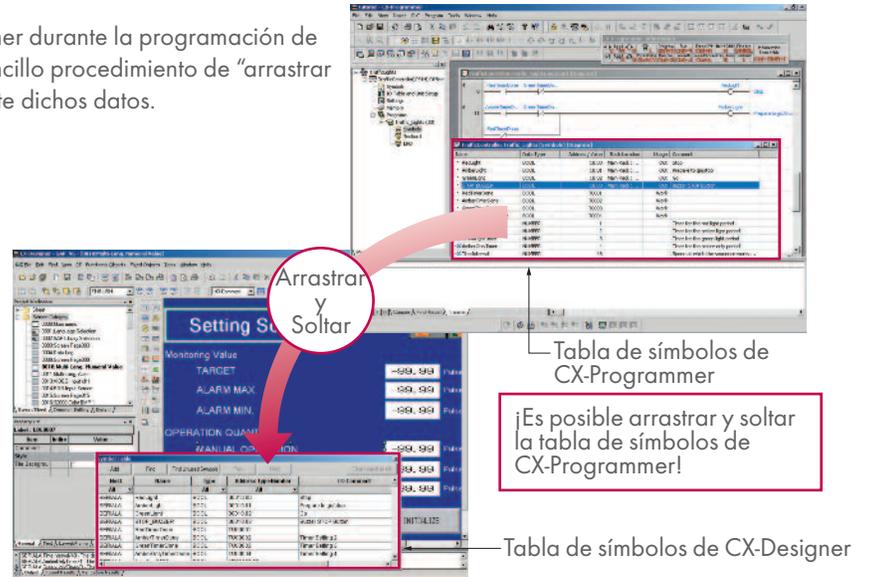
Además de las direcciones y los comentarios de E/S utilizados en los datos de las pantallas, también se pueden utilizar etiquetas (tales como cadenas de búsqueda) y desplegar los resultados.

# Software de Fácil Uso

## Lectura de la Tabla de Símbolos

Reduce considerablemente la necesidad de ingresar manualmente los datos, tales como direcciones y comentarios de E/S.

La tabla de símbolos creada en el software CX-Programmer durante la programación de escalera puede leerse en el CX-Designer mediante un sencillo procedimiento de "arrastrar y soltar", por lo que no es necesario ingresar manualmente dichos datos.

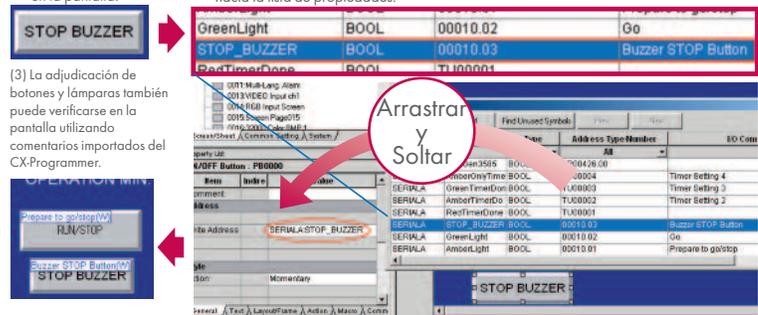


### Ejemplo de la Lectura de la Tabla de Símbolos

La tabla de símbolos del CX-Programmer puede "arrastrarse y soltarse" directamente sobre la lámpara y el interruptor táctil.

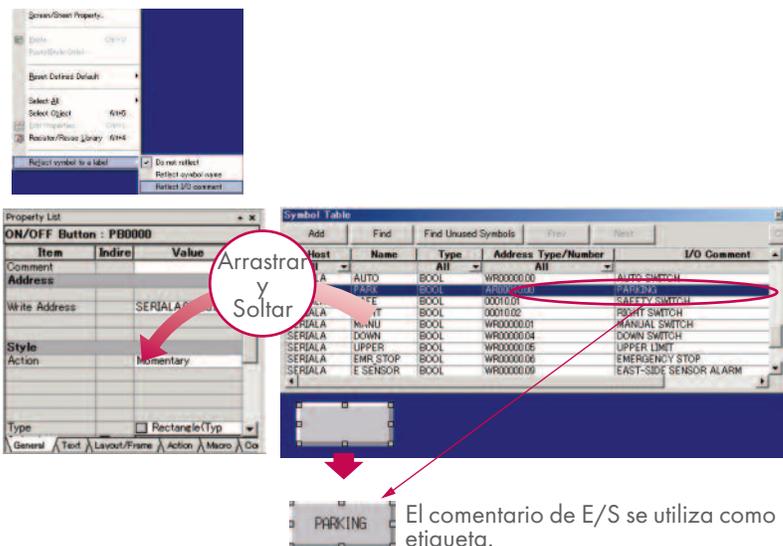
### Ejemplo de la Sencilla Adjudicación de Direcciones

- (1) Diseñe un interruptor en la pantalla.
- (2) Verifique el comentario y luego "arrastre y suelte" el símbolo desde la tabla de símbolos hacia la lista de propiedades.
- (3) La adjudicación de botones y lámparas también puede verificarse en la pantalla utilizando comentarios importados del CX-Programmer.



### Ejemplo de la Lectura de los Comentarios de E/S

Los comentarios de E/S se utilizan automáticamente como etiquetas al "arrastrar y soltar" direcciones desde la tabla de símbolos.



## Reutilización de los Objetos y Pantallas de Otros Proyectos

Es sencillo reutilizar los recursos de las pantallas con sólo “arrastrarlos y soltarlos”.

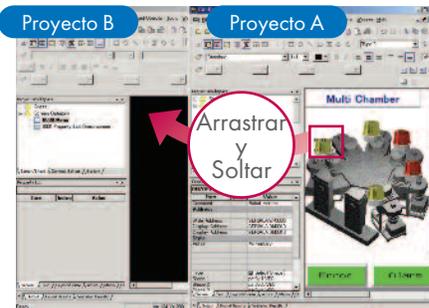
Resulta sencillo reutilizar los recursos de otro proyecto con sólo seleccionar la pantalla o los objetos deseados y “arrastrarlos y soltarlos” para poder crear las pantallas de manera intuitiva.

Ventana de muestra 1



Seleccione la pantalla que desea leer, arrástrela hasta el destino deseado y suéltela.

Ventana de muestra 2

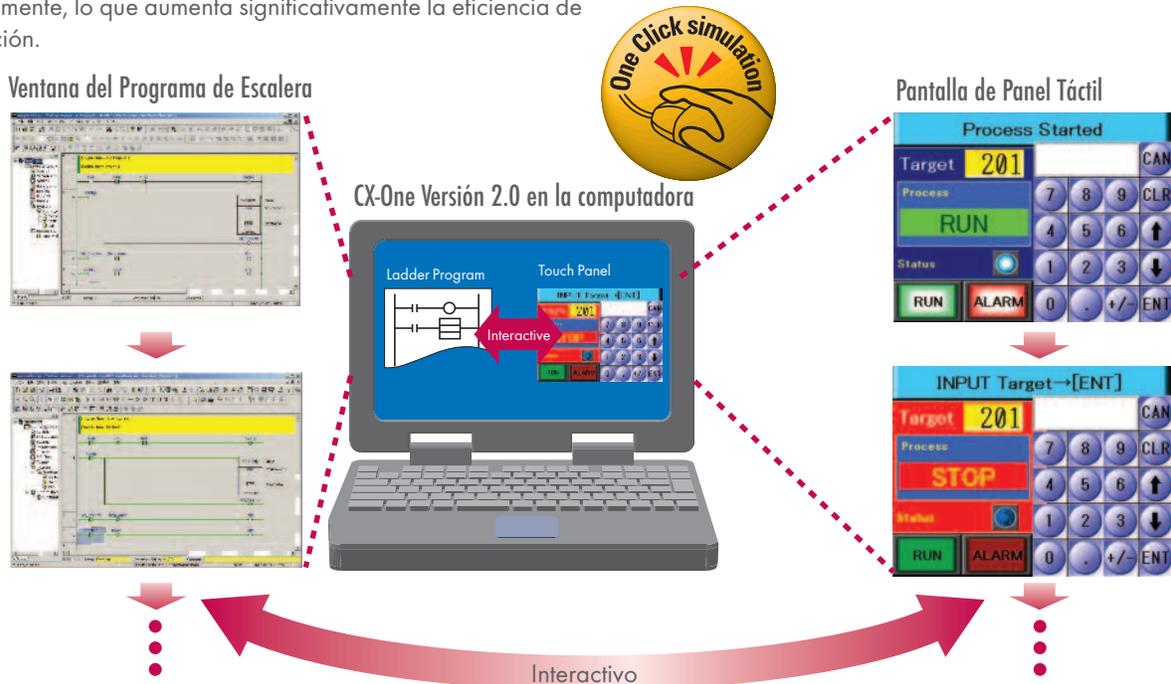


Seleccione la parte que desea leer, arrástrela hasta el destino deseado y suéltela.

## Simulación Integrada con el Programa de Escalera del PLC

Permite verificar simultáneamente los datos de la pantalla y el programa de escalera en la computadora.

El software CX-Designer y el CX-Programmer interconectan las funciones de prueba a través del CX-Simulator. La verificación de las pantallas y del programa de escalera se realiza simultáneamente, lo que aumenta significativamente la eficiencia de la depuración.



# Software de Fácil Uso

## Edición de Múltiples Objetos

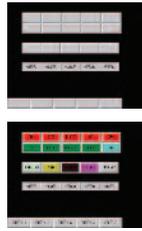
¡Los objetos pueden editarse eficazmente en una lista!

Es posible agregar las direcciones y otras configuraciones, tales como etiquetas y colores, en una lista para eficientar las operaciones de edición.

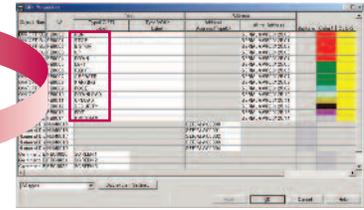
También es posible editar los atributos de múltiples partes.

Al cambiar los atributos comunes (tales como color de fondo y color de texto) de múltiples partes, los atributos pueden cambiarse de manera conjunta utilizando la lista de propiedades.

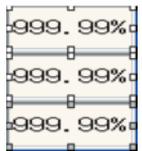
Pantalla de muestra 1



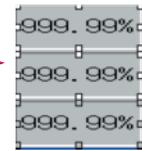
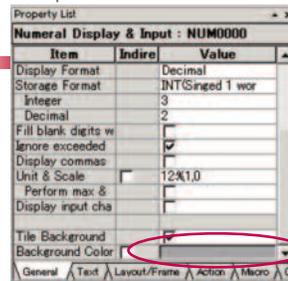
Después de editar la configuración en la lista, presione el botón OK para activar la configuración.



Pantalla de muestra 2



Si se cambia el color de fondo de blanco a gris en la lista de propiedades, el cambio aplicará a todos los objetos seleccionados.



## Edición de Objetos Sobrepuestos

¡El comando Seleccionar Objeto y la función de filtro son la solución para los objetos sobrepuestos!

El comando Seleccionar Objeto es una potente herramienta para editar los objetos ocultos por la sobreposición. También se puede utilizar la función de filtro para apoyar la edición al desplegar únicamente los objetos que desea editar.

Ventana de Selección de Objetos

Haga click con el botón derecho y elija Seleccionar Parte para desplegar los objetos en la pantalla.

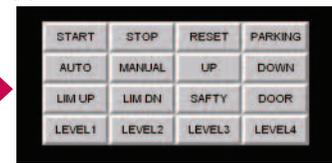


All types	Range Selection	Release All
Object	Comment	ID X Y
PLO000		96 186
PLO001		200 184
PLO002		304 184
PLO003		408 186
PLO004		96 184
PLO005		200 184
PLO006		304 184
PLO007		408 184
PLO008		96 232
PLO009		200 232
PLO010		304 232
PLO011		408 232
PLO012		96 280
PLO013		200 280
PLO014		304 280
PLO015		408 280
LBL0016		72 188
LBL0017		96 80

Función de Filtro

Utilice la función de filtro del comando Seleccionar Parte para seleccionar los objetos (botón ON/OFF) que desea editar.

Únicamente aparece el objeto editado y puede editarse con facilidad.



## Programación con Símbolos

Permite crear pantallas incluso cuando se desconocen las direcciones.

Es posible crear pantallas aún cuando no se hayan determinado las direcciones. Las direcciones pueden ingresarse como nombres o direcciones reales y además pueden tomarse de la tabla de símbolos una vez que se hayan determinado.



Símbolos ingresados como direcciones que no han sido determinadas.

SERIAL-PARK

Direcciones ingresadas como direcciones pues ya han sido determinadas.



Ingreso desde la Tabla de Símbolos

Add	Find	Find Unused Symbols	Print	Test
Host	Name	Type	Address Type/Number	I/O Comment
SEPALA	AutoGen01	BOOL	W#000001	UPPER LIMIT
SEPALA	AutoGen02	BOOL	W#000002	DOWN SWITCH
SEPALA	AutoGen03	BOOL	W#000003	MANUAL SWITCH
SEPALA	AutoGen04	BOOL	W#000004	AUTO SWITCH
SEPALA	AutoGen05	CHANNEL	0004	FLOOR 4
SEPALA	AutoGen06	CHANNEL	0003	FLOOR 3
SEPALA	AutoGen07	CHANNEL	0002	FLOOR 2
SEPALA	AutoGen08	CHANNEL	0001	FLOOR 1
SEPALA	LEFT	BOOL	0000	LEFT SWITCH
SEPALA	RIGHT	BOOL		RIGHT SWITCH
SEPALA	SAFE	BOOL		SAFETY SWITCH
SEPALA	PARK	BOOL		PARKING

Las direcciones se ingresan en la tabla de símbolos una vez que han sido determinadas.

# Múltiples Funciones Básicas

## Soporte Multi-lenguaje

Soporte para 41 lenguajes y útiles funciones de etiquetado integradas en la interfase HMI.

Se cuenta con soporte de Unicode y la posibilidad de combinar 41 lenguajes europeos y asiáticos en las pantallas. De igual manera, las interfaces HMI de la Serie NS permiten cambiar entre un máximo de 16 etiquetas utilizando la función de cambio de etiquetas, de modo que es posible soportar hasta 16 lenguajes en una misma pantalla con sólo especificar el idioma a desplegar en cada etiqueta.

Los atributos de texto de las etiquetas también pueden reflejarse al importar.

Al importar los datos de la pantalla, es posible aplicar los atributos de texto a las etiquetas específicas. Además, los atributos tales como el color del texto y la fuente pueden reflejarse en otras etiquetas de lenguaje.

Serie NS

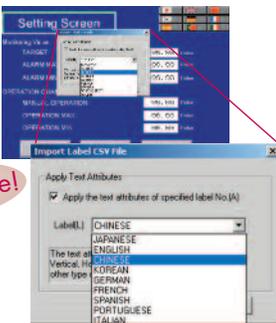


Datos CSV Multi-lenguaje

No.	Etiqueta	Chino	Japonés	Coreano	Indonesio
00	Setting Screen	設定画面	設定画面	設定画面	Setting Screen
01	Monitoring Screen	監視画面	監視画面	監視画面	Monitoring Screen
02	Alarm	警報	警報	警報	Alarm
03	Alarm Mute	警報消音	警報消音	警報消音	Alarm Mute
04	Alarm Mute	警報消音	警報消音	警報消音	Alarm Mute
05	OPERATION IDENTITY	操作者識別	操作者識別	操作者識別	OPERATION IDENTITY
06	MANUAL OPERATION	手動操作	手動操作	手動操作	MANUAL OPERATION
07	OPERATION MODE	操作モード	操作モード	操作モード	OPERATION MODE
08	OPERATION MODE	操作モード	操作モード	操作モード	OPERATION MODE
09	Pause	一時停止	一時停止	一時停止	Pause
10	Pause	一時停止	一時停止	一時停止	Pause
11	Pause	一時停止	一時停止	一時停止	Pause
12	Pause	一時停止	一時停止	一時停止	Pause
13	Pause	一時停止	一時停止	一時停止	Pause
14	Pause	一時停止	一時停止	一時停止	Pause
15	PLANEET TOP	PLANEET TOP	PLANEET TOP	PLANEET TOP	PLANEET TOP
16	AUTO MANUAL	自動/手動	自動/手動	自動/手動	AUTO MANUAL
17	INITIALIZE	初期設定	初期設定	初期設定	INITIALIZE

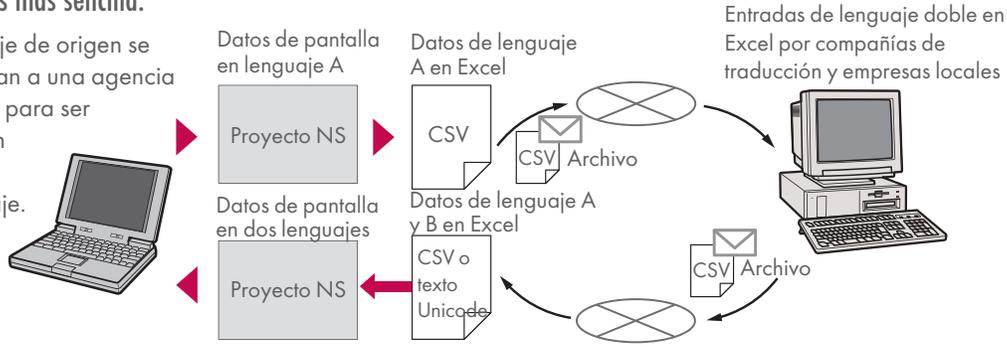
Importar

¡Conveniente!



### La conversión multi-lenguaje ahora es más sencilla.

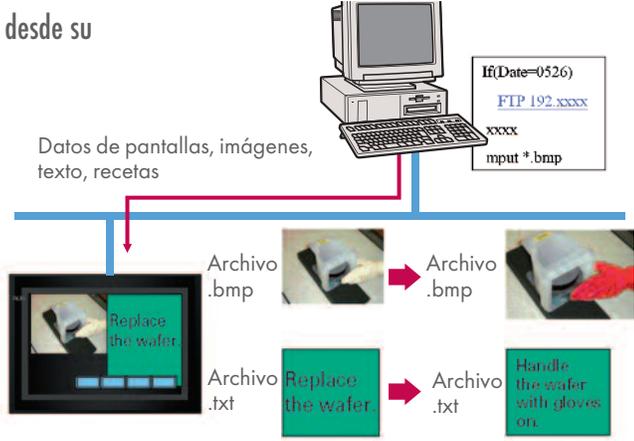
Los datos de la pantalla en el lenguaje de origen se exportan a un archivo CSV y se envían a una agencia de traducción por correo electrónico para ser traducidos. Posteriormente, basta con importar el archivo CSV traducido para proveer un soporte multi-lenguaje.



### Función FTP

Es posible reemplazar parcialmente el texto y las imágenes desde su computadora.

¡Se ha agregado la funcionalidad del FTP (protocolo de transferencia de archivos)! Se pueden reemplazar los textos, las listas y las recetas con el comando "put/get" desde su computadora. Incluso es posible reemplazar archivos BMP desde su computadora con facilidad.



# Múltiples Funciones Básicas

## Opciones de Visualización de Gráficas

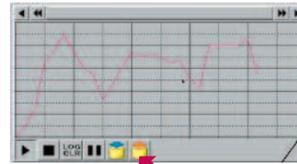
La operación de un dispositivo es más fácil de entender cuando se presenta visualmente.

Las interfases HMI cuentan con una amplia variedad de funciones de representación con gráficas, tales como las gráficas de tendencias, mismas que registran los datos a largo plazo, además de las graficas de línea, mismas que pueden desplegar las gráficas sobrepuestas. Resulta más sencillo comprender la operación de un dispositivo cuando se presenta visualmente.

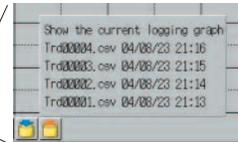
### Fácil registro y almacenamiento de datos a largo plazo.

#### Función de Gráficas de Tendencias (Registro de Datos)

El registro de los datos se almacena en un archivo CSV en la Tarjeta de Memoria montada en una interfase HMI de la Serie NS. Los datos almacenados en la Tarjeta de Memoria pueden leerse o borrarse desde la pantalla.



Los archivos del registro de datos en la Tarjeta de Memoria aparecen como se indica a continuación cuando se presiona el botón de leer archivo.



Los registros pueden guardarse automáticamente sin la necesidad de utilizar un programa. Basta con seleccionar la opción "Guardar periódicamente los datos" en la Ventana de Configuración de Registros de Datos.



Guardado automáticamente



El registro de los datos de cada día (43,200 puntos) se guarda en la Tarjeta de Memoria en formato CSV.

- LOG001.CSV 04/06/04 10:00
- LOG002.CSV 04/06/05 10:00
- LOG003.CSV 04/06/06 10:00
- LOG004.CSV 04/06/07 10:00
- LOG005.CSV 04/06/08 10:00
- LOG006.CSV 04/06/09 10:00
- LOG007.CSV 04/06/10 10:00

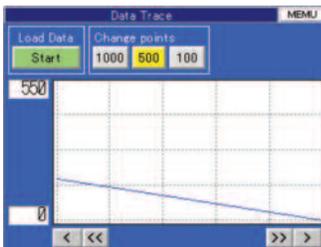
Los sufijos se agregan automáticamente a los nombres de archivo configurados en el CX-Designer.

Es posible realizar un registro de una semana guardando automáticamente los datos siete veces.

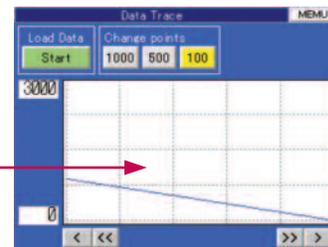
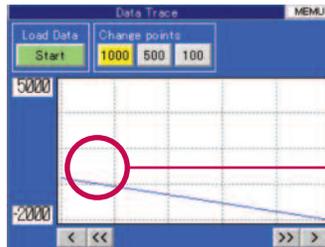
#### Función de Gráficas de Línea

Los datos registrados por el PLC pueden desplegarse en gráficas sobrepuestas, de modo que es posible comparar la operación de un dispositivo para su evaluación y análisis. Adicionalmente, es posible desplegar hasta 1,000 palabras de datos consecutivos como una gráfica de línea, por lo que los datos pueden desplegarse conjuntamente y cualquier región puede agrandarse.

(1) Las graficas pueden sobreponerse.



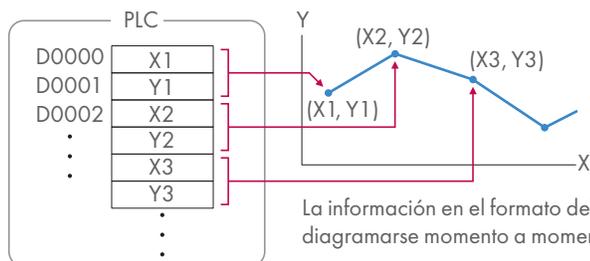
(2) La visualizacion puede ampliarse.



Cualquier posición del host (PLC) puede diagramarse como una gráfica.

#### Función de Línea Continua

Las gráficas pueden diagramarse en cualquier posición especificando las coordenadas X y Y de los vértices. De igual manera, la gráfica puede moverse en la pantalla especificando los movimientos desde el PLC.



La información en el formato del PLC puede diagramarse momento a momento.

## Amplia Memoria de 60 MB para Imágenes

¡Las imágenes reales pueden utilizarse liberalmente sin preocuparse por la capacidad de la memoria!

La memoria para imágenes de mayor capacidad en la industria: 60 MB. Aproveche al máximo la paleta de 32,768 colores y la amplia memoria para diseñar imágenes realistas.

Nota: La memoria estándar para imágenes de los modelos de 5.7 pulgadas (NS5, NSH5 y NSJ5) es de 20MB.

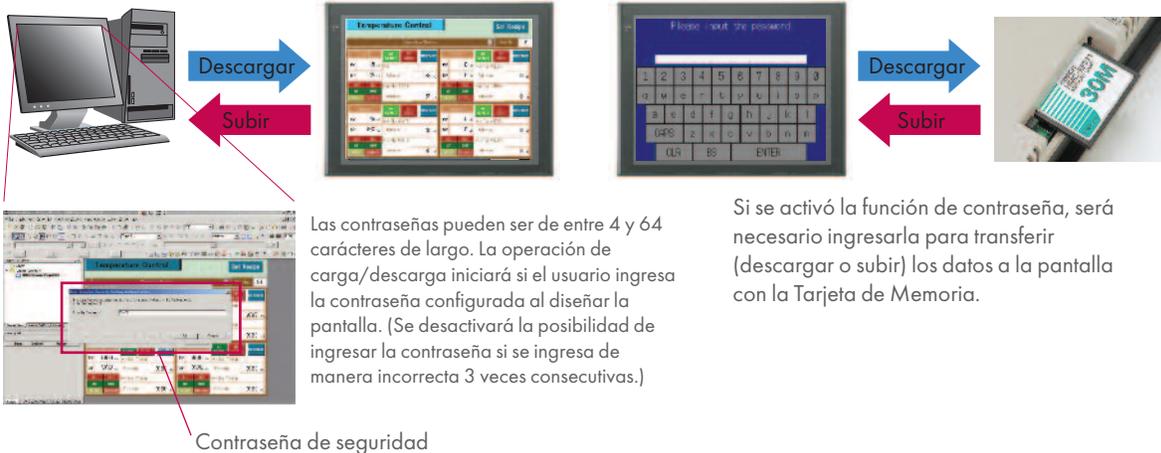
Si ocurre un error, la ubicación del mismo puede mostrarse de manera realista en una imagen.



## Funciones de Seguridad para los Datos en Pantalla

Proteja la información importante en la pantalla con una contraseña.

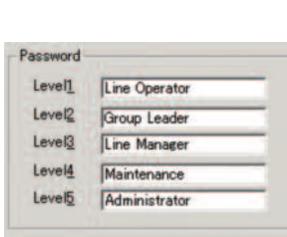
Si se activa la protección con contraseña en la configuración de seguridad para la transferencia de datos al diseñar los datos de la pantalla, será necesario ingresar una contraseña para descargar o subir los datos de la pantalla, de modo que se puede proteger la información importante en la pantalla.



## Funciones de Seguridad del Usuario

Permite configurar los derechos de acceso del operador y el formato operativo a uno de cinco niveles de contraseña.

Se puede asignar a cada operador uno de 5 niveles de contraseña utilizando la función de Seguridad del Usuario (autenticación del nivel). Es posible establecer un nivel de contraseña para cada objeto, de modo que los distintos objetos pueden ser inoperables o pueden ocultarse en base al nivel de acceso del operador.



Alto

Nivel 5 Las contraseñas del operador se administran en 5 niveles y pueden tener una longitud de hasta 16 caracteres. Los derechos de acceso se incrementan a medida que se incrementa el número de nivel.

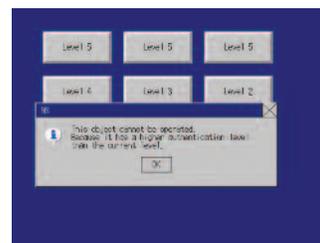
Nivel 4

Nivel 3

Nivel 2

Nivel 1

Bajo



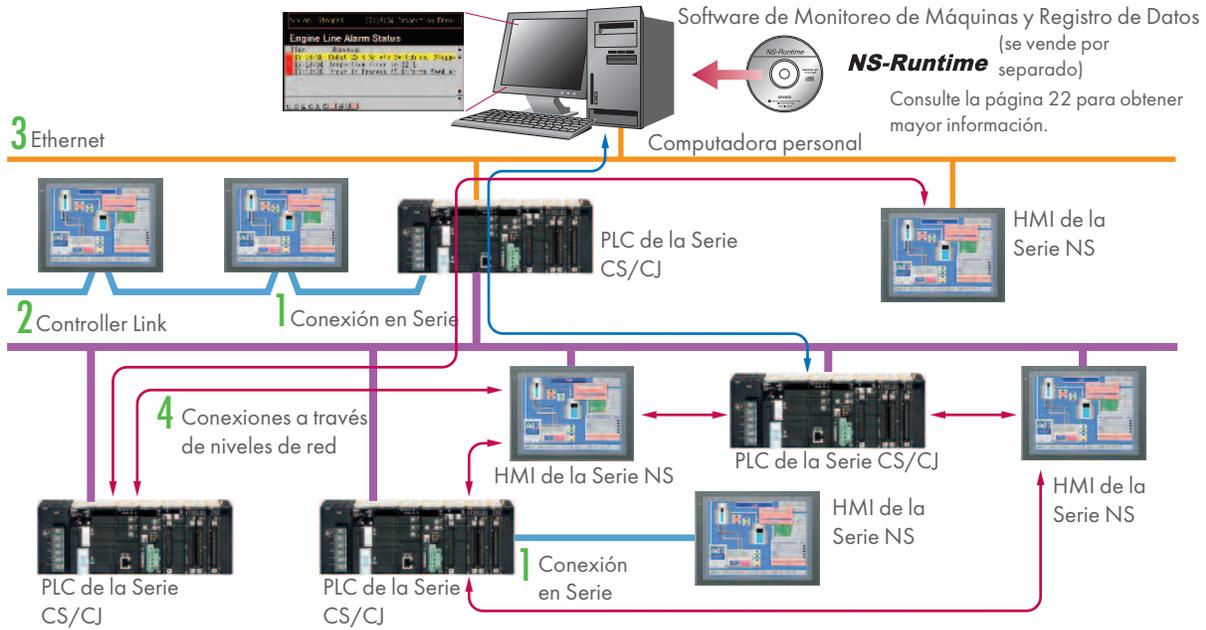
El operador no puede manipular objetos con un nivel de contraseña (nivel de autenticación) mayor al nivel de acceso del operador.

# Múltiples Funciones Básicas

Conecte. Expanda. Pruebe la Serie NS, el Poder de la Integración de Redes.

Las interfaces HMI de Omron proveen comunicaciones en serie por NT Link y soportan conexiones 1:1 y 1:N. El NT Link establece comunicaciones más eficientes que Host Link y sus capacidades son especialmente aparentes en aplicaciones donde varias interfaces HMI se conectan al PLC. Las interfaces HMI de la Serie NS también soportan la comunicación con varios PLCs y con múltiples interfaces HMI de la Serie NS a través de Controller Link y conexiones de Ethernet, lo que permite configurar la red libremente según los requerimientos y la escala de la aplicación. Adicionalmente, al utilizar el NS-Runtime es posible monitorear el estatus de la máquina y registrar los datos del host.

## Ejemplo de Configuración de Redes de la Serie NS



## 1) Conexión en Serie

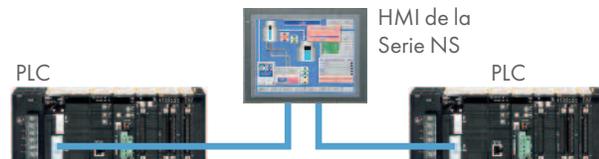
1:1 NT Link o Host Link

NS:PLC = 1:1

Conexión con el PLC a través de puerto A o B



NS:PLC = 1:2

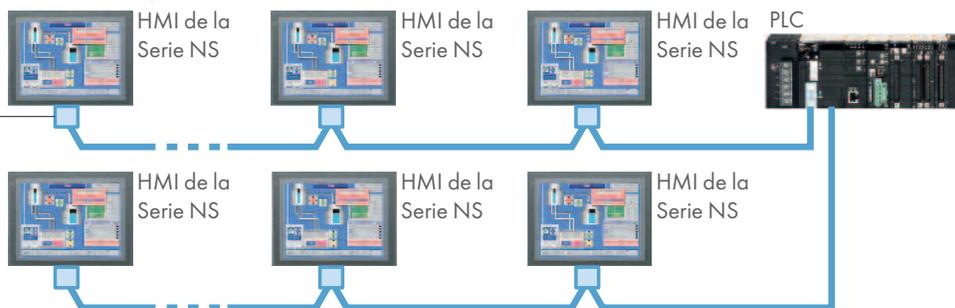


1:N NT Link

NS:PLC índice = 8:1 máx.

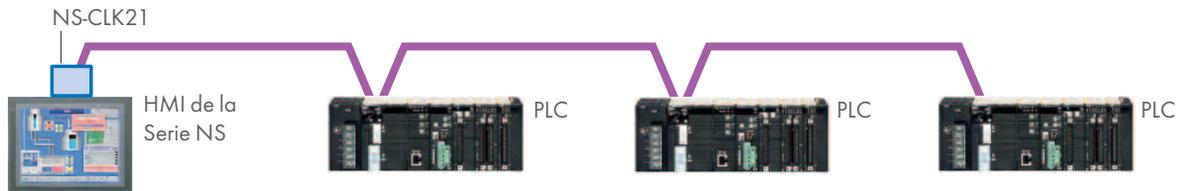
Hasta 8 interfaces HMI de la Serie NS pueden conectarse a cada uno de los puertos RS-232C/RS-422A del PLC.

Convertidor NS-AL002 (convierte entre RS-232C y RS-422A.)



## 2) Conexión Controller Link

La interfase HMI puede conectarse a la red Controller Link de Omron mediante una Unidad de Interfase Controller Link.



Si se utiliza una conexión Controller Link, se pueden establecer enlaces de datos entre los PLCs, además de que es posible monitorear/configurar varios PLCs desde la pantalla de la interfase HMI de la Serie NS.

Velocidad de transmisión  
2 Mbps (500 m máx.)  
1 Mbps (800 m máx.)  
500 kbps (1 km máx.)  
Núm. máx. de nodos: 32 nodos

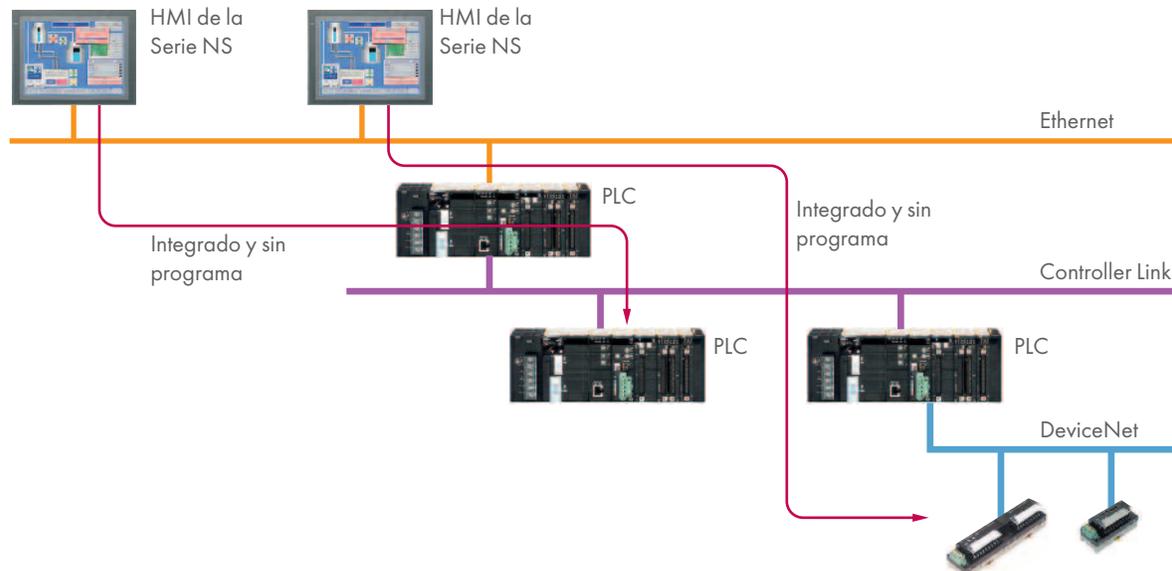
## 3) Conexión por Ethernet

Es posible conectar fácilmente una interfase HMI de la Serie NS compatible con Ethernet a un PLC.



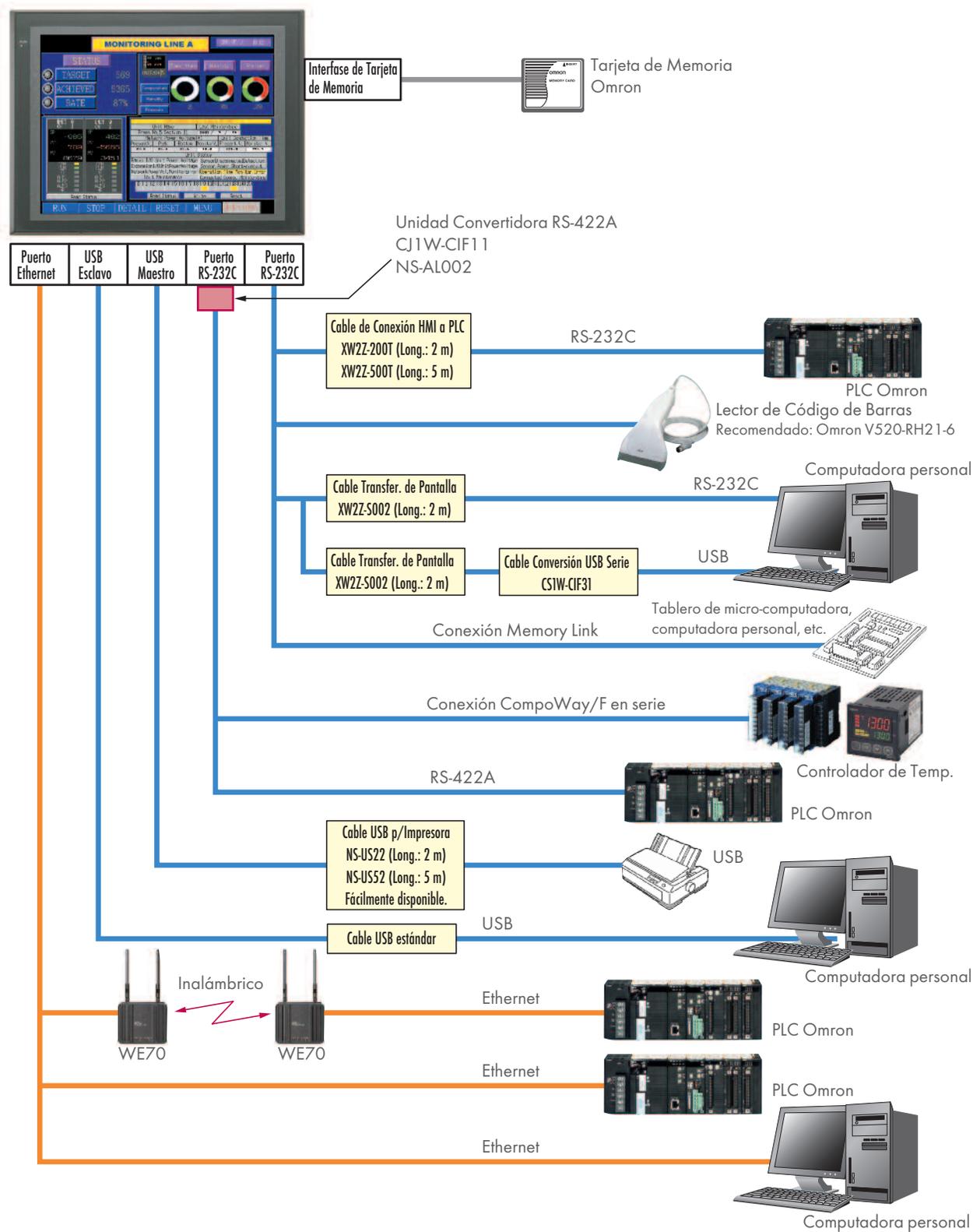
## 4) Conexión a Través de los Niveles de la Red

Las interfases HMI de la Serie NS pueden conectarse a distintos dispositivos en la red a través de un máximo de 3 niveles de red. Por ejemplo, se utilizan SAP (Partes Inteligentes Activas), es posible utilizar una interfase HMI de la Serie NS conectada por Ethernet para monitorear la información de un PLC conectado a través de Controller Link, así como la información en los dispositivos esclavos de DeviceNet conectados a ese PLC.

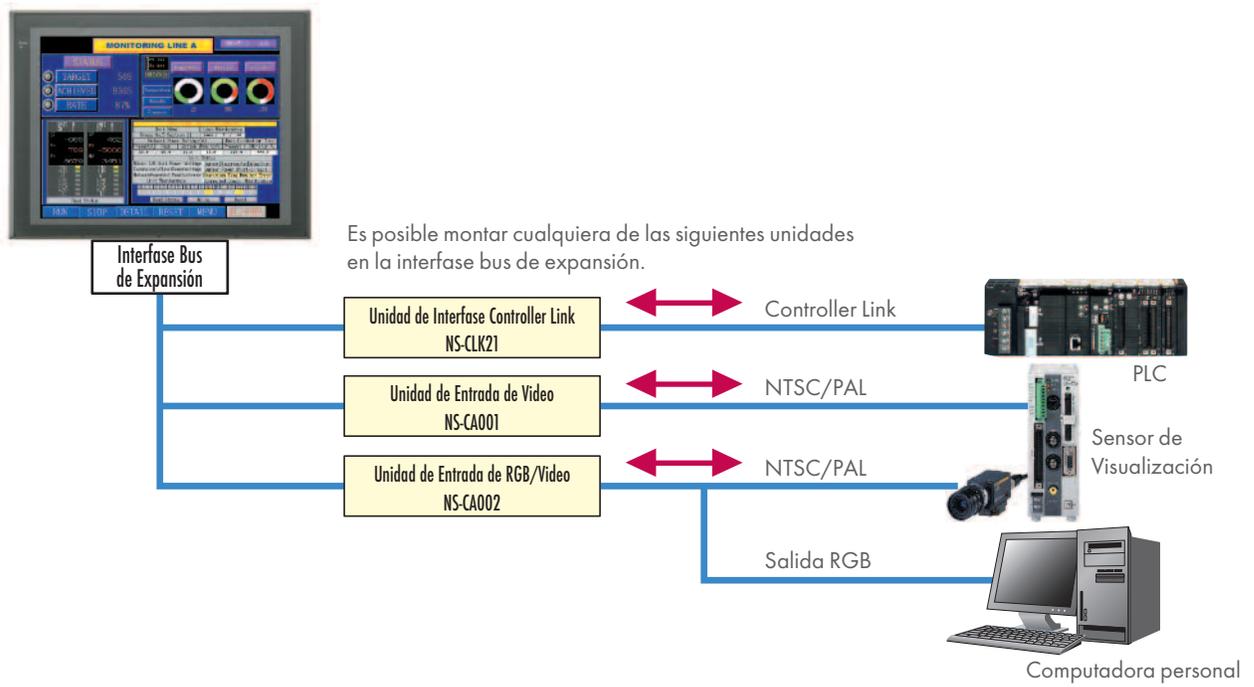


# Configuración del Sistema

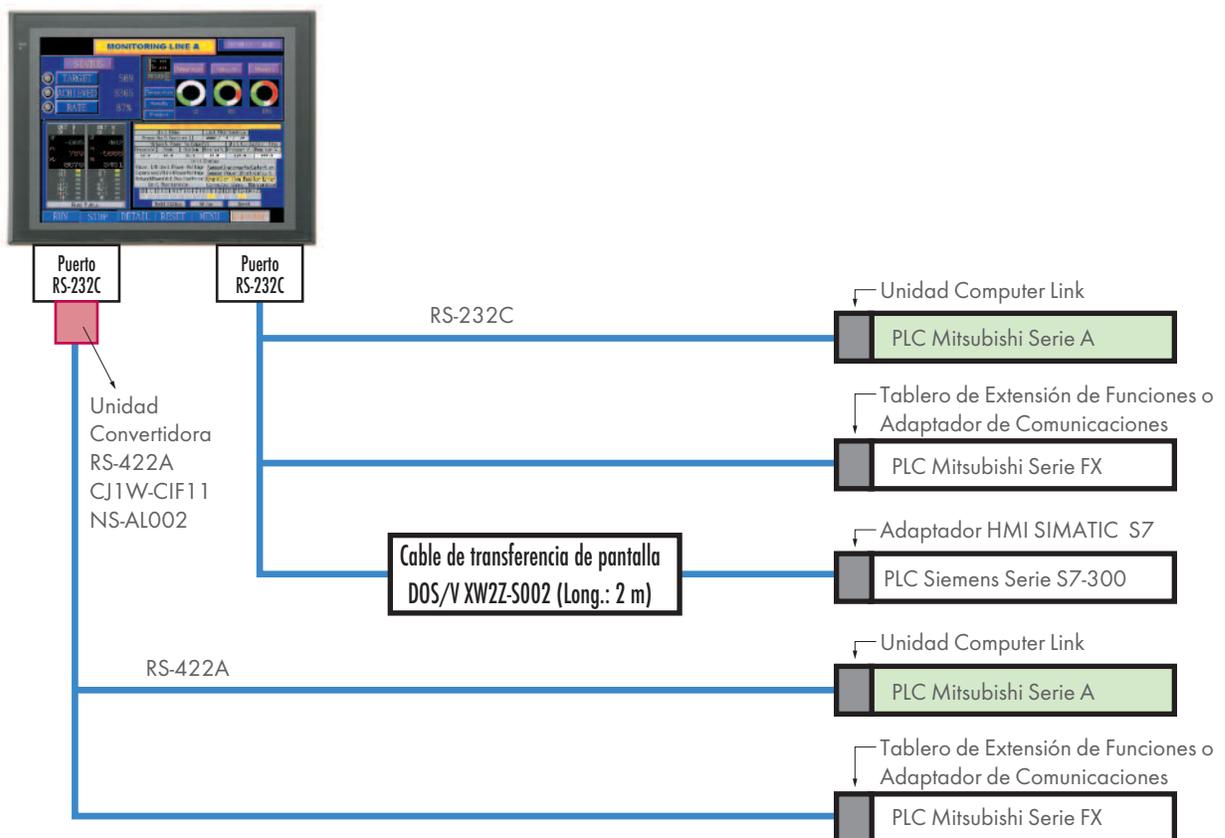
## Diagrama de Configuración del Sistema



## Diagrama de Configuración del Sistema (Interfase Bus de Expansión)



## Diagrama de Configuración del Sistema (Multi-proveedor)



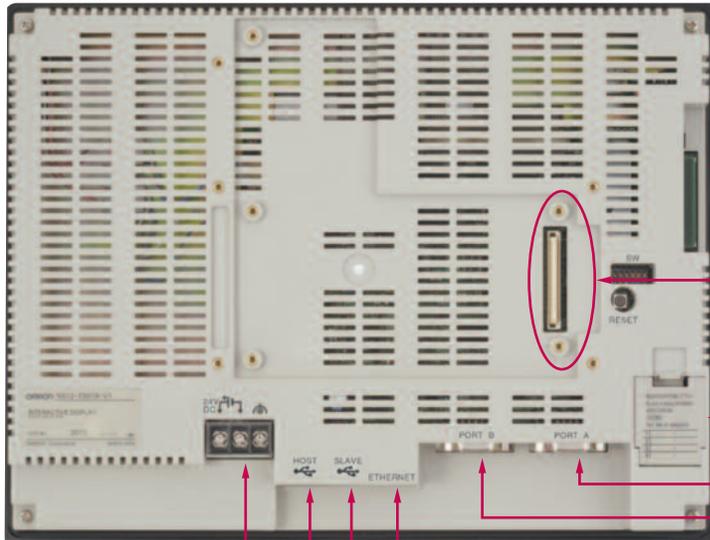
# Nombres de Componentes y Opciones

## Alta Confiabilidad y Funciones Avanzadas en la Interfase HMI más Delgada de la Industria

### Cuerpo Súper Delgado de 48.5 mm para Páneles de Control de Menor Tamaño

Este modelo de perfil delgado tiene pocos salientes, de modo que puede incorporarse fácilmente a un panel o una máquina. La interfase HMI puede ayudar a ahorrar espacio cuando esto sea un factor importante.

NS12, NS10



Suministro de energía (24 VCD)

Ethernet (10Base-T ó 100Base-TX)

USB SLAVE (Transferencia de datos)

USB HOST (Para impresora)

Interfase de Tarjeta de Memoria



Tarjeta de Memoria

Nota:  
Los colores y nombres de productos pueden variar de los colores y nombres reales.

Interfase de expansión

Batería

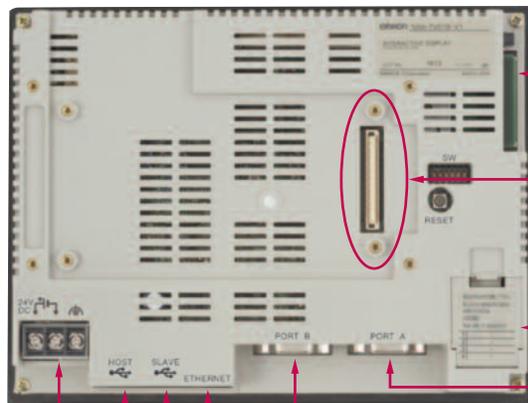
Puerto en serie A RS-232C

Puerto en serie B RS-232C

• Se puede conectar un lector de código de barras al puerto en serie.

Lector recomendado: V520-RH21-6

NS8



Suministro de energía (24 VCD)

Interfase de Tarjeta de Memoria

Interfase de expansión

Batería

Puerto en serie A RS-232C

Puerto en serie B RS-232C

Ethernet (10Base-T ó 100Base-TX)

USB SLAVE (Transferencia de datos)

USB HOST (Para impresora)



Tarjeta de Memoria

Nota:  
Los colores y nombres de productos pueden variar de los colores y nombres reales.

• Se puede conectar un lector de código de barras al puerto en serie.

Lector recomendado: V520-RH21-6

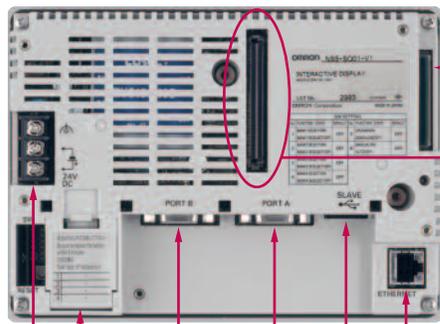
### Interfase de Expansión Integrada

Las HMI de la Serie NS tienen una Interfase de Expansión integrada.

### Puertos USB

Es posible conectar una impresora al puerto USB HOST. Consulte la sección *Soporte de Impresoras* en la página 35 para conocer las impresoras recomendadas.

NS5



Batería  
Suministro de  
energía  
(24 VCD)

Interfase de Tarjeta de Memoria



Tarjeta de Memoria

Nota:  
Los colores y nombres de  
productos pueden variar de  
los colores y nombres  
reales.

Interfase de expansión

Ethernet (10Base-T ó 100Base-TX)

USB SLAVE (Transferencia de datos)

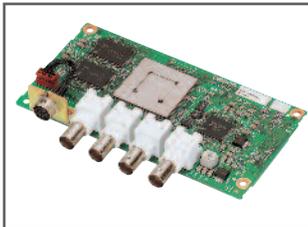
Puerto en Serie A RS-232C

Puerto en Serie B RS-232C

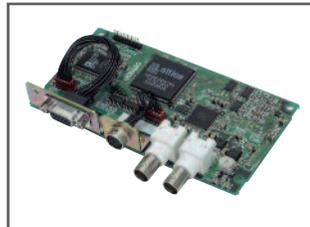
· Se puede conectar un lector de código de barra:  
al puerto en serie.

Lector recomendado: V520-RH21-6

## Productos Opcionales



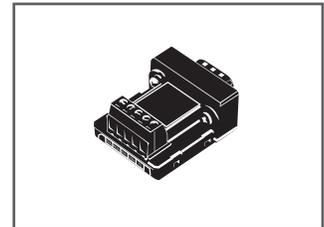
Unidad de Entrada de Video  
NS-CA001 (con Cubierta)



Unidad de Entrada RGB/Video  
NS-CA002 (con Cubierta)



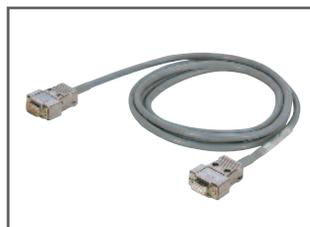
Unidad de Interfase Controller  
Link NS-CLK21 (con Cubierta)



Adaptador RS-422A  
CJ1W-CIF11



Unidad Convertidora  
RS-232C/RS-422A  
NS-AL002



Cable de Comunicaciones  
XW2Z-S002



Cubierta Protectora/Anti-  
Reflexión para HMI Serie NS  
NS□-KBA0□(N)  
NT30/NT31C-KBA05(N)



Cable de Conversión USB Serie  
CS1W-CIF31

Nota: Los colores que aparecen en las fotografías y los nombres de los productos pueden ser distintos a los colores y nombres reales.

# Modelos Estándar

## Especificaciones

### Terminales de Interfase Operador-Máquina

Modelo	Área de Visualización	Núm. de Puntos	Ethernet	Color de Carcasa	Número de Modelo	Normas
<b>NS5-V2</b>	5.7 pulgadas STN monocromático	320 x 240 puntos	No	Marfil	<b>NS5-MQ00-V2</b>	CU, CE
				Negro	<b>NS5-MQ00B-V2</b>	
			Sí	Marfil	<b>NS5-MQ01-V2</b>	
				Negro	<b>NS5-MQ01B-V2</b>	
	5.7 pulgadas STN	320 x 240 puntos	No	Marfil	<b>NS5-SQ00-V2</b>	
				Negro	<b>NS5-SQ00B-V2</b>	
			Sí	Marfil	<b>NS5-SQ01-V2</b>	
				Negro	<b>NS5-SQ01B-V2</b>	
	5.7 pulgadas TFT	320 x 240 puntos	No	Marfil	<b>NS5-TQ00-V2</b>	
				Negro	<b>NS5-TQ00B-V2</b>	
			Sí	Marfil	<b>NS5-TQ01-V2</b>	
				Negro	<b>NS5-TQ01B-V2</b>	
<b>NS8-V2</b>	8.4 pulgadas TFT	640 x 480 puntos	No	Marfil	<b>NS8-TV00-V2</b>	
				Negro	<b>NS8-TV00B-V2</b>	
				Sí	Marfil	<b>NS8-TV01-V2</b>
			Sí	Negro	<b>NS8-TV01B-V2</b>	
				No	Marfil	<b>NS10-TV00-V2</b>
					Negro	<b>NS10-TV00B-V2</b>
Sí	Marfil	<b>NS10-TV01-V2</b>				
	Negro	<b>NS10-TV01B-V2</b>				
<b>NS12-V2</b>	10.4 pulgadas TFT	640 x 480 puntos	No	Marfil	<b>NS12-TS00-V2</b>	
				Negro	<b>NS12-TS00B-V2</b>	
			Sí	Marfil	<b>NS12-TS01-V2</b>	
				Negro	<b>NS12-TS01B-V2</b>	
<b>NSH5-V2 Portátil</b>	5.7 pulgadas STN	320 x 240 puntos	No	Negro (Botón de paro: Rojo)	<b>NSH5-SQR00B-V2</b>	
				Negro (Botón de paro: Gris)	<b>NSH5-SQG00B-V2</b>	

### Software de Programación

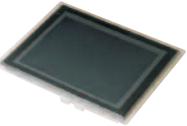
Modelo	Especificaciones	Medio	Número de Modelo	Normas
<b>CX-One Paquetería de Herramientas Integradas FA Ver. 2.1</b>	<p>El CX-One es una paquetería de herramientas integradas que consta de software de programación y monitoreo para los PLC y otros componentes de Omron.</p> <p>El CX-One puede ejecutarse en cualquiera de los siguientes sistemas operativos: Windows 98 SE, Me, NT 4.0 (Service Pack 6a), 2000 (Service Pack 3 o superior) o XP.</p> <p>El CX-Designer versión 2.□ viene incluido en el CX-One versión 2.0.</p> <p>Consulte el catálogo de CX-One (Cat. Núm. R134) para obtener mayor información.</p> <p>Nota: También se ofrecen licencias múltiples para aquellos usuarios que necesitan utilizar el CX-One en varias computadoras. Consulte a su representante de Omron.</p>	1 licencia	CD <b>CXONE-AL01C-EV2</b>	-
		3 licencias	DVD <b>CXONE-AL01D-EV2</b>	
			CD <b>CXONE-AL03C-EV2</b>	
		10 licencias	DVD <b>CXONE-AL03D-EV2</b>	
			CD <b>CXONE-AL10C-EV2</b>	
		30 licencias	DVD <b>CXONE-AL10D-EV2</b>	
			CD <b>CXONE-AL30C-EV2</b>	
		50 licencias	DVD <b>CXONE-AL30D-EV2</b>	
			CD <b>CXONE-AL50C-EV2</b>	
		DVD <b>CXONE-AL50D-EV2</b>		
El CX-Designer también puede ordenarse individualmente con el siguiente número de modelo.				
<b>CX-Designer Ver.2.□</b>	<p>Screen Designer para la Serie NS</p> <p>Sistema Operativo: Windows 98 SE, Me, NT 4.0 (Service Pack 6a), 2000 (Service Pack 3 o superior) o XP.</p> <p>El Software de Monitoreo de Escalera viene incluido en el CX-Designer versión 2.□.</p> <p>Nota: El Software de Monitoreo de Escalera se utiliza para monitorear los programas de escalera de los PLC de la Serie CS/CJ desde una interfase HMI de la Serie NS. Se requiere de una Tarjeta de Memoria y de un Adaptador de Tarjeta de Memoria (ambos de venden por separado) para utilizar el Software de Monitoreo de Escalera con el NS8-V1, NS10-V1 o NS12-V1, o bien, con el NS8-V2, NS10-V2 o NS12-V2 con el programa del sistema en versión 6.6 o anterior.</p>	1 licencia	<b>NS-CXDC1-V2</b>	-

## Cables y Ménsulas

Modelo	Especificaciones	Número de Modelo	Normas
<b>Cable (ver nota.)</b> 	Cable de transferencia para DOS/V (CX-Designer ↔ HMI)	Long.: 2 m <b>XW2Z-5002</b>	-
	Cable USB Host (Para una impresora)	Long.: 5 m <b>NS-US52</b>	
	Cable USB Host (Para una impresora)	Long.: 2 m <b>NS-US22</b>	
	Cable de Conversión USB-Serie	Long.: 0.5 m <b>CS1W-CIF31</b>	
<b>Cables NSH5</b>	Cable RS-422A (hilos sueltos)	Long.: 10 m <b>NSH5-422CW-10M</b>	-
	Cable RS-232C (hilos sueltos)	Long.: 3 m <b>NSH5-232CW-3M</b>	
	Cable RS-232C (hilos sueltos)	Long.: 10 m <b>NSH5-232CW-10M</b>	
<b>Cable NSH5 Normatividad UL</b>	Cable RS-422A (hilos sueltos)	Long.: 10 m <b>NSH5-422UL-10M</b>	-
	Cable RS-232C (hilos sueltos)	Long.: 3 m <b>NSH5-232UL-3M</b>	
	Cable RS-232C (hilos sueltos)	Long.: 10 m <b>NSH5-232UL-10M</b>	
<b>Cable de Conexión HMI a PLC</b>	Conexión Interfase HMI: 9 pines	Long.: 2 m <b>XW2Z-200T</b>	-
	Conexión PLC: 9 pines	Long.: 5 m <b>XW2Z-500T</b>	
	Conexión Interfase HMI: 9 pines	Long.: 2 m <b>XW2Z-200T-2</b>	
	Puerto de periféricos PLC	Long.: 5 m <b>XW2Z-500T-2</b>	
<b>Ménsula NSH5 p/Montaje</b>	-	<b>NSH5-ATT02</b>	-
<b>Visor NSH5</b>	-	<b>NSH5-ATT01</b>	-

Nota: Utilice un Cable USB Host de Omron para conectar una interfase HMI de la Serie NS a una impresora.

## Opciones

Modelo	Especificaciones	Número de Modelo	Normas	
<b>Unidad de Entrada de Video</b> 	Entradas: 4 canales Tipo de señal: NTSC/PAL	<b>NS-CA001</b>	cUL, CU, CE	
	Canales de entrada: 2 canales de video y 1 canal RGB (ver nota 2.) Tipo de señal: NTSC/PAL	<b>NS-CA002</b>		
<b>Cable Especial para Consola de Video</b>	Longitud del Cable: 2 m	<b>F150-VKP (2 m)</b>	-	
	Longitud del Cable: 5 m	<b>F150-VKP (5 m)</b>		
<b>Unidad de Interfase Controller Link</b> 	Para comunicaciones de Controller Link	<b>NS-CLK21</b>	cUL, CU, CE	
<b>Adaptador RS-422A</b> 	Distancia de transmisión: 500 m de longitud total Nota: Utilice este modelo al conectar modelos de HMI sin un sufijo V□. Nota: También permite conectar modelos de HMI con sufijo V□.	<b>NS-AL002</b>	-	
	Distancia de transmisión: 50 m total length Nota: Únicamente se pueden conectar modelos de HMI con sufijo V□. Utilice el NS-AL002 para conectar modelos sin un sufijo V□.	<b>CJ1W-CIF11</b>		cUL, CU, N, L, CE
<b>Hojas/Cubierta (ver nota 2.)</b> 	Hojas Anti-reflexión (5 hojas para superficie)	NS12/10	<b>NS12-KBA04</b>	-
		NS8	<b>NS7-KBA04</b>	
		NS5	<b>NT30-KBA04</b>	
	Cubiertas de protección (5 piezas) (recubrimiento anti-reflejante)	NS12/10	<b>NS12-KBA05</b>	
		NS8	<b>NS7-KBA05</b>	
		NS5	<b>NT31C-KBA05</b>	
Cubiertas de protección (5 cubiertas) (Transparentes)	NS12/10	<b>NS12-KBA05N</b>		
	NS8	<b>NS7-KBA05N</b>		
	NS5	<b>NT31C-KBA05N</b>		
<b>Adaptadores de Montaje</b>	Serie NT625C/631/631C a Serie NS12/10	<b>NS12-ATT01</b>	-	
	Serie NT625C/631/631C a Serie NS12/NS10 (Negro)	<b>NS12-ATT01B</b>		
	Serie NT610C a Serie NS12/10	<b>NS12-ATT02</b>		
	Serie NT620S/620C/600S a Serie NS8	<b>NS8-ATT01</b>		
	Serie NT600M/600G/610G/612G a Serie NS8	<b>NS8-ATT02</b>		
<b>Tarjeta de Memoria</b> 	128 MB	<b>HMC-EF183</b>	L, CE	
	256 MB	<b>HMC-EF283</b>		
	512 MB	<b>HMC-EF583</b>		
<b>Adaptador de Tarjeta de Mem.</b>	-	<b>HMC-AP001</b>	CE	
<b>Batería</b>	-	<b>CJ1W-BAT01</b>	-	
<b>Lector de Código de Barras</b>	Consulte el Catálogo para mayor información.	<b>V520-RH21-6</b>	-	

Nota:

- Una pantalla no puede desplegar dos entradas de video de manera simultánea.
- Se cuenta con una Cubierta Resistente a los Productos Químicos (NT30-KBA01) para el NS5.

# Desempeño / Especificaciones

## Especificaciones

Serie

NS5-V2



Tipo	5.7 pulg., STN monocromática				5.7 pulg., STN a colores				5.7 pulg., TFT a colores			
<b>Dispositivo de visualización</b>	LCD monocromática				LCD STN a colores				TFT a colores			
<b>Area de visualización real</b>	Ancho 117.2 x alto 88.4 mm (5.7 pulg.)				Ancho 117.2 x alto 88.4 mm (5.7 pulg.)				Ancho 117.2 x alto 88.4 mm (5.7 pulg.)			
<b>Color de carcasa</b>	Marfil		Negro		Marfil		Negro		Marfil		Negro	
<b>Puerto Ethernet integrado</b>	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí
<b>Número de modelo</b>	<b>N55-MQ00-V2</b>	<b>N55-MQ01-V2</b>	<b>N55-MQ00B-V2</b>	<b>N55-MQ01B-V2</b>	<b>N55-SQ00-V2</b>	<b>N55-SQ01-V2</b>	<b>N55-SQ00B-V2</b>	<b>N55-SQ01B-V2</b>	<b>N55-TQ00-V2</b>	<b>N55-TQ01-V2</b>	<b>N55-TQ00B-V2</b>	<b>N55-TQ01B-V2</b>
<b>Colores desplegados</b>	16 graduaciones				256 colores				256 colores			
<b>Número de puntos</b>	320 horizontal x 240 vertical				320 horizontal x 240 vertical				320 horizontal x 240 vertical			
<b>Campo de visión</b>	Izq./Der.: 45°, Superior: 20°, Inferior: 40°				Izq./Der.: 50°, Superior: 45°, Inferior: 50°				Izq./Der.: 70°, Superior: 70°, Inferior: 50°			
<b>Capacidad de datos</b>	20 Mbytes				20 Mbytes				20 Mbytes			
<b>Datos de imágenes (tipo BMP o JPG)</b>	16 graduaciones				4,096 colores				32,768 colores			
<b>Tarjeta de Memoria</b>	Soportado				Soportado				Soportado			
<b>Función Monitoreo Escalera</b>	No soportado				No soportado				No soportado			
<b>Soporte Unidad Entr. Video</b>	No soportado				No soportado				No soportado			
<b>Imagen desplegada por ent. video</b>	-				-				-			
<b>Soporte Unidad de Interfase Controller Link (cableado)</b>	No soportado				No soportado				No soportado			
<b>Retroiluminación (ver nota 1)</b>	50,000 horas mín.				75,000 horas mín.				75,000 horas mín.			
<b>Vida de servicio</b>	Nota: Tiempo estimado antes de que el brillo se reduzca a la mitad a temperatura ambiente y humedad normal. No es un valor garantizado. La vida de servicio se reducirá considerablemente si se utiliza la interfase HMI a bajas temperaturas. Por ejemplo, utilizando la interfase HMI a temperaturas de 0°C reducirá la vida de servicio a aproximadamente 10,000 horas (valor de referencia).											
<b>Ajuste del brillo</b>	Es posible configurar 3 niveles con el panel táctil. Nota: El brillo no puede ajustarse mucho.											
<b>Detección de errores de retroiluminación</b>	Los errores se detectan automáticamente y el indicador RUN parpadea de color verde como una notificación. Nota: Esta función no indica si se ha terminado la vida de servicio, sino que avisa cuando la retroiluminación está apagada debido a una desconexión u otros errores. Un error de retroiluminación indica que todas las luces de retroalimentación (2) están apagadas.											
<b>Panel táctil (tipo matricial)</b>	<b>Método</b> Membrana resistiva											
	<b>Número de interruptores</b> 300 (20 horizontal x 15 vertical) 16 x 16 puntos para cada interruptor											
	<b>Entrada</b> Sensible a la presión											
	<b>Vida de servicio</b> 1,000,000 operaciones de tacto.											
<b>Texto desplegado</b>	<b>Fuente rasterizada</b> Carácteres desplegados, tamaño base											
	<b>Fuente borrador</b> Carácteres desplegados: Alfanuméricos o katakana japonés. Tamaño base: 8 x 8. Magnificación: 1 x 1, 1 x 2, 2 x 1, 2 x 2, 3 x 3, 4 x 4, 8 x 8											
	<b>Fuente estándar</b> Carácteres desplegados: Alfanuméricos o japonés, chino (simplificado, tradicional) o coreano. Tamaño base: 8 x 16, 16 x 16. Magnificación: 1 x 1, 1 x 2, 2 x 1, 2 x 2, 3 x 3, 4 x 4, 8 x 8											
	<b>Fuente fina</b> Carácteres desplegados: Alfanuméricos o katakana/kanji japonés. Tamaño base: 16 x 32, 32 x 32. Magnificación: 1 x 1, 1 x 2, 2 x 1, 2 x 2, 3 x 3, 4 x 4, 8 x 8											
	<b>Fuente vectorial (objetos de texto)</b> Puede especificarse en el CX-Designer. Es posible especificar la fuente, el estilo y el tamaño.											
<b>Atributos del texto</b>	<b>Color</b> 256 colores											
	<b>Estilo de fuente (únicamente fuentes vectoriales)</b> Negritas o cursiva											
	<b>Alineación vertical</b> Superior, centro o inferior											
	<b>Alineación horizontal</b> Justificado a la izquierda, centrado o justificado a la derecha											
<b>Parpadeo</b>	<b>Objetos que soportan el parpadeo</b> Objetos funcionales: Es posible registrar hasta 10 tipos y configurar la velocidad y el rango del parpadeo. Objetos fijos: Selección de entre 3 tipos. La velocidad y el rango del parpadeo son fijos.											
	<b>Unidades y configuración de escala</b> 1,000 máx.											

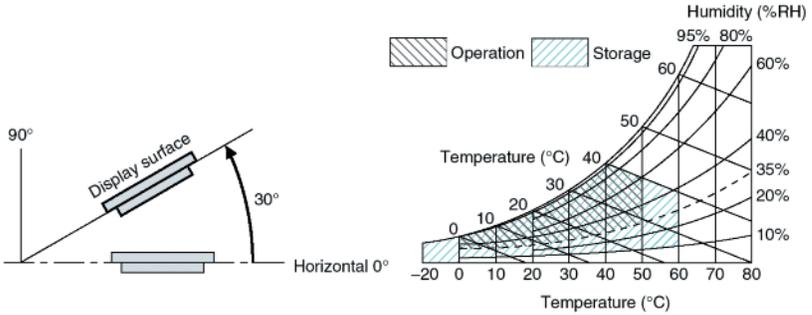
Nota 1: Consulte a su representante de Omron para reemplazar la luz de retroiluminación.

# Desempeño / Especificaciones

## Especificaciones

Serie		NS5-V2		
Tipo	5.7 pulg. STN monocromática	5.7 pulg., STN a colores	5.7 pulg., TFT a colores	
<b>Config. eventos de alarma</b>	5,000 máx.			
<b>Tarjeta de Memoria</b>				
<b>Interfase</b>	Una ranura de interfase ATA-Compact Flash			
<b>Funciones</b>	Utilizada para transferir y almacenar información sobre las pantallas y para almacenar registros de datos y datos históricos. (Historial de alarmas/eventos, registro de operaciones y registro de errores generados durante la ejecución de las macros).			
<b>Interfase de expansión</b>	Para Unidades de Interfase de Expansión			
<b>Comunicaciones en serie</b>				
<b>Puerto A</b>	<b>Conector</b>	Normatividad EIA RS-232C. Conector hembra D-Sub de 9 pines; salida de 5 V (250 mA máx.) a través del pin 6 (ver nota.) Nota: Las salidas de 5 V de los puertos en serie A y B no pueden utilizarse simultáneamente.		
	<b>Funciones</b>	Acceso al Host (PLC): 1:N NT Links (conexión con PLCs de la Serie CS/CJ/CP y PLCs C200HX/HG/HE(-Z), 1:1 NT Links o Host Link (conexión con PLCs de la Serie C o de la Serie CVM1/CV). Acceso directo a Controladores de Temperatura utilizando Partes Activas Inteligentes (SAP): conexiones CompoWay/F y para lector de código de barras (lectura directa de la pantalla.)		
<b>Puerto B</b>	<b>Conector</b>	Normatividad EIA RS-232C. Conector hembra D-Sub de 9 pines; salida de 5 V (250 mA máx.) a través del pin 6 (ver nota.) Nota: Las salidas de 5 V de los puertos en serie A y B no pueden utilizarse simultáneamente.		
	<b>Funciones</b>	Acceso al Host (PLC): 1:N NT Links (conexión con PLCs de la Serie CS/CJ/CP y PLCs C200HX/HG/HE(-Z) o 1:1 NT Links (conexión con PLCs de la Serie C o de la Serie CVM1/CV). Acceso directo a Controladores de Temperatura utilizando Partes Activas Inteligentes (SAP): conexiones CompoWay/F y para lector de código de barras (lectura directa de la pantalla.)		
<b>Especificaciones USB Esclavo</b>				
	<b>Clasificación USB</b>	USB1.1		
	<b>Conector</b>	Tipo B (Esclavo)		
	<b>Funciones</b>	Conexión con el CX-Designer (para transferencia de datos de pantalla)		
<b>Ethernet Integrado (NS□-□□01-V2 únicamente)</b>				
	<b>Normatividad</b>	Normatividad IEEE 802.3/Ethernet (10Base-T/100Base-TX).		
	<b>Función</b>	Acceso al Host (PLC) y conexión con el CX-Designer (para transferencia de datos de pantalla)		

## Especificaciones Generales

<b>Voltaje de suministro clasificado</b>	24 VCD
<b>Rango de voltaje permitido</b>	20.4 a 27.6 VCD (24 VCD ±15%)
<b>Consumo de energía</b>	25 W máx. (15 W máx. para el NS5)
<b>Temperatura operativa ambiente</b>	0 a 50°C Nota: La temperatura de operación está sujeta a las siguientes restricciones según el ángulo de montaje. · Ángulo de montaje de 0 a 30° sobre la horizontal: Rango de temperatura operativa de 0 de 45°C; si se montó una Unidad de Entrada de Video o una Unidad de Interfase Controller Link, la temperatura operativa ambiente es de 0 a 35°C. · Ángulo de montaje de 30 to 90° sobre la horizontal: NS12/NS10/NS5: Rango de temperatura operativa de 0 a 50°C NS8: Rango de temperatura operativa de 30° a menos de 90° sobre la horizontal: Rango de temperatura operativa de 0 a 45°C · Ángulo de montaje de 90° sobre la horizontal: Rango de temperatura operativa de 0 a 50°C
<b>Temperatura de almacenamiento</b>	-20 a 60°C Nota: La interfase HMI debe operarse dentro de los siguientes rangos de temperatura y humedad. 
<b>Humedad operativa ambiente</b>	35 a 85% (0 a 40°C) 35 a 60% (40 a 50°C) (sin condensación)
<b>Ambiente operativo</b>	Sin gases corrosivos.
<b>Inmunidad al ruido</b>	Normatividad IEC61000-4-4, 2 kV (líneas de energía).
<b>Resistencia a las vibraciones (durante la operación)</b>	10 a 57 Hz, 0.075 mm de amplitud, 57 a 150 Hz, 9.8 m/s <sup>2</sup> 30 min en cada dirección de X, Y y Z.
<b>Resistencia a los golpes (operación)</b>	147 m/s <sup>2</sup> 3 veces en cada dirección de X, Y y Z
<b>Peso</b>	NS5: 1.0 kg máx.; NS8: 2.0 kg máx.; NS10: 2.3 kg máx.; NS12: 2.5 kg máx.
<b>Grado de protección</b>	Panel operativo frontal: Equivalente a IP65F y NEMA4. Nota: Puede no ser aplicable en ubicaciones con una exposición prolongada al aceite.
<b>Puesta a tierra</b>	Puesta a tierra: 100 Ω o menor.
<b>Vida de la batería</b>	5 años (a 25°C): Reemplazar batería dentro de los primeros 5 días de haberse agotado (luz indicadora de color naranja).
<b>Normatividad</b>	cULus y directrices CE

## PLCs Compatibles de Omron

### Conexión 1:N NT Link

Serie del PLC	Modelo del PLC	Especificaciones	Número de Modelo
<b>Serie CS</b>	CS1G	Con conector RS-232C (tipo 9 pines)	<b>CS1G-CPU□□(-V1)</b> (ver nota 1.)
	CS1H		<b>CS1G-CPU□□H</b> (ver nota 1.)
	CS1D		<b>CS1H-CPU□□(-V1)</b> (ver nota 1.)
<b>Serie CJ</b>	CJ1G	Conexión al conector RS-232C de un Tablero de Opción RS-232C CP1WCIF01.	<b>CS1H-CPU63H/CPU64H/CPU65H/CPU66H/CPU67H</b> (ver nota 1.)
	Unidad CPU de Control de Circuito		<b>CS1D-CPU□□H</b> (ver nota 1.)
	CJ1H		<b>CJ1G-CPU□□H</b> (ver nota 2.)
	CJ1M		<b>CJ1G-CPU□□P</b>
<b>Serie CP</b>	CP1H	Conexión al conector RS-232C de un Tablero de Opción RS-232C CP1WCIF01.	<b>CJ1H-CPU□□H</b> (ver nota 2.)
			<b>CJ1M-CPU□□</b> (ver nota 2.)
<b>Serie C</b>	CQM1H	Con conector RS-232C (tipo 9 pines)	<b>CP1H-□□</b>
	C200HE(-Z)		<b>CP1L-□□</b>
	C200HG(-Z)		<b>CQM1H-CPU61/51 con un Tablero de Comunicaciones en Serie CQM1H-SCB41</b>
	C200HX(-Z)		<b>C200HE-CPU32(-Z)</b> (ver nota 3.)/ <b>CPU42(-Z)</b>
			<b>C200HG-CPU33(-Z)</b> (ver nota 3.)/ <b>CPU43(-Z)/CPU53(-Z)</b> (ver nota 3.)/ <b>CPU63(-Z)</b>
			<b>C200HX-CPU34(-Z)</b> (ver nota 3.)/ <b>CPU44(-Z)/CPU54(-Z)</b> (ver nota 3.)/ <b>CPU64(-Z)/CPU65-Z/CPU85-Z</b>

Nota:

1. También es posible conectar un Tablero de Comunicaciones en Serie CS1W-SCB□□-V1 o una Unidad de Comunicaciones en Serie CS1W-SCU□□-V1.
2. También es posible conectar una Unidad de Comunicaciones en Serie CJ1W-BCU□□-V1.
3. Se requiere de un Tablero de Comunicaciones C200HW-COM02/COM04/COM05/COM06(-V1).

### Conexión por Host Link

Serie del PLC	Modelo del PLC	Especificaciones	Número de Modelo
<b>Serie C</b>	CPM1	Adaptador RS-232C o RS-422A conectado al puerto de perif.	<b>CPM1-□□CDR-□/CPM1A-□□CD□-□</b>
	CPM2A	Con conector RS-232C (tipo 9 pines)	<b>CPM2A-□□CD□□-□</b>
	CPM2C	Los conectores de comunicaciones incluyen un puerto de periféricos y un puerto RS-232C (derivación posible con un Cable de Conversión CPM2C-CN111). Se utiliza como un puerto para periféricos por separado y un puerto RS-232C con el Cable de Conversión CS1WCN114/118.	<b>CPM2C-10/20□□□□□□-□</b>
	CQM1	Con conector RS-232C (tipo 9 pines)	<b>CQM1-CPU□□-V1</b>
	CQM1H	Con conector RS-232C (tipo 9 pines) (CQM1H-CPU11: puerto para periféricos únicamente)	<b>CQM1H-CPU□□</b>
	C200HS	Con conector RS-232C (conmutación/tipo 9 pines)	<b>C200HS-CPU□□</b>
	C200HE(-Z)		<b>C200HE-CPU□□(-Z)</b> (ver nota 1.)
	C200HG(-Z)		<b>C200HG-CPU□□(-Z)</b> (ver nota 1.)
	C200HX(-Z)		<b>C200HX-CPU34 (-Z)</b> (ver nota.)/ <b>CPU44 (-Z)/CPU54 (-Z)</b> (ver nota 1.)/ <b>CPU64 (-Z)/CPU65-Z/CPU85-Z</b>
<b>Serie CS</b>	CS1G	Con conector RS-232C (tipo 9 pines)	<b>CS1G-CPU□□(-V1)</b> (ver nota 2.)
	CS1H		<b>CS1G-CPU□□H</b> (ver nota 2.)
<b>Serie CJ</b>	CJ1G	Con conector RS-232C (tipo 9 pines)	<b>CS1H-CPU□□(-V1)</b> (ver nota 2.)
	Unidad CPU de Control de Circuito		<b>CS1H-CPU□□H</b> (ver nota 2.)
	CJ1H		<b>CJ1G-CPU□□H</b> (ver nota 3.)
	CJ1M		<b>CJ1G-CPU□□P</b>
<b>Serie CVM1/CV</b>	CV500/1000/2000	Con conector RS-232C (conmutación/tipo 9 pines)	<b>CJ1H-CPU□□H</b> (ver nota 3.)
	CVM1		<b>CJ1M-CPU□□</b> (ver nota 3.)
			<b>CV500-CPU01-V1/CV1000-CPU01-V1/CV2000-CPU01-V1</b>
			<b>CVM1-CPU□□-V2</b>

Nota:

1. Se requiere de un Tablero de Comunicaciones C200HW-COM02/COM04/COM05/COM06(-V1).
2. También es posible conectar un Tablero de Comunicaciones en Serie CS1W-SCB□□-V1 o una Unidad de Comunicaciones en Serie CS1W-SCU□□-V1.
3. También es posible conectar una Unidad de Comunicaciones en Serie CJ1W-BCU□□-V1.

# PLCs Que Pueden Conectarse

## Conexión a los PLCs de Otro Fabricante

Serie del PLC	Unidad de CPU	Adaptador de Interfase HMI SIMATIC S7
<b>Siemens Serie S7-300</b>	CPU313 CPU315-2DP CPU317-2PN/DP	<b>6ES7 972-0CAI□-0XA0</b>

Serie del PLC	Unidad de CPU	Unidad Computer Link
<b>Mitsubishi Electric Corporation, Serie A</b>	A1 SHCPU A2USHCPU-S1 A2US	<b>AISJ71UC24-R2</b> <b>AISJ71UC24-R4</b>

Serie del PLC	Unidad Básica	Adaptador de Comunic.	Tab. Extensión de Funciones
<b>Mitsubishi Electric Corporation, Serie FX</b>	FX0N FX1S FX1N FX1NC FX2N FX3UC	<b>FX□□(□)-232ADP</b> <b>FX□□(□)-485ADP</b>	<b>FX□□-232-BD</b> <b>FX□□-485-BD</b> <b>FX□□-422-BD</b>

# Controladores de Temperatura Que Pueden Conectarse

## Controladores de Temperatura Compatibles (Soporte de Conexión Directa)

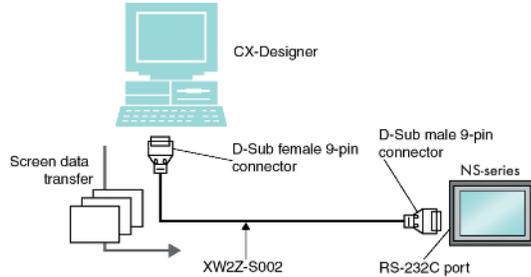
Los siguientes Controladores de Temperatura pueden conectarse directamente a una interfase HMI de la Serie NS.

Nombre de la Unidad	Serie	Número de Modelo	Comentarios
<b>Controlador Modular de Temp.</b>	EJ1	<b>Unidad de Extremo EJ1-EDU</b>	Pantallas SAP disponibles.
<b>Controlador Modular de Temp.</b>	E5ZN	<b>Unidad Terminal E5ZN-SCT24S</b>	
<b>Controlador Digital</b>	E5AR	<b>E5AR-□□□□□□□□□□-FLK</b>	
	E5ER	<b>E5ER-□□□□□□□□□□-FLK</b>	
<b>Controlador Digital de Temperatura</b>	E5CN	<b>E5CN-□□M□-500/E5CN-□□□U+. Se requiere de una Unidad de Opción Con Comunicaciones.</b>	
	E5AN/E5EN	<b>E5AN-□□□M□-500/E5EN-□□□M□-500. Se requiere de una Unidad de Opción Con Comunicaciones.</b>	
	E5GN	<b>E5GN-□□□TC-FLK, Tipo Entrada de Termopar</b> <b>E5GN-□□□P-FLK, Tipo Entrada de Termopar c/Resist. Platino</b>	

## Transferencia de las Pantallas (Conexión del CX-Designer y la Interfase HMI)

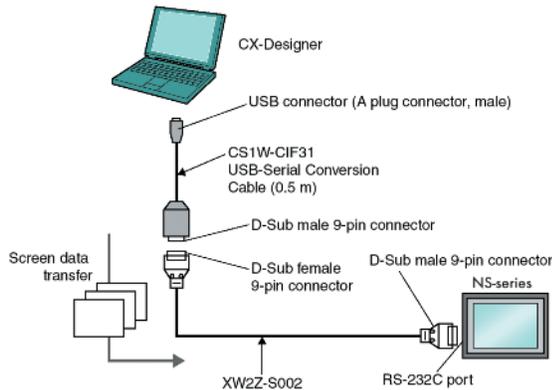
### Conexión al Puerto RS-232C de la Computadora

Uso de un Cable XW2Z-S002 para la transferencia de pantallas.

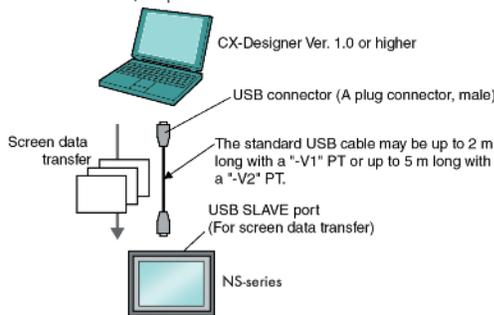


### Conexión al Puerto USB de la Computadora

Uso de un Cable de Conversión USB-Serie CS1W-CIF31 y un Cable XW2ZS002 para la transferencia de pantallas.

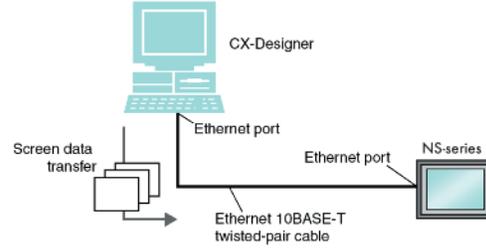


Es posible utilizar un cable USB estándar al conectar el CX-Designer a una interfase HMI de la Serie con número de lote 0325 (3 de febrero del 2005) o posterior.

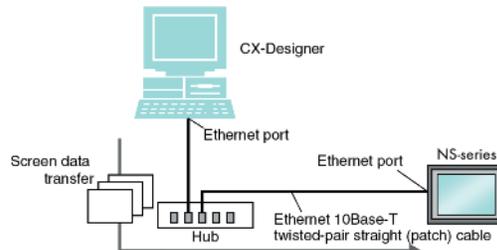


### Conexión al Puerto LAN (Ethernet) de la Computadora

Conexión Directa (1:1) a la Computadora



Conexión a la Computadora a través de un concentrador (hub)

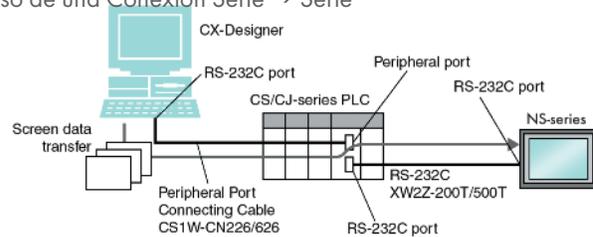


Nota: También es posible conectar una interfase HMI de la Serie NS a una red con configuración 10Base-5 utilizando un concentrador y un transceptor configurado para las comunicaciones 10Base-5.

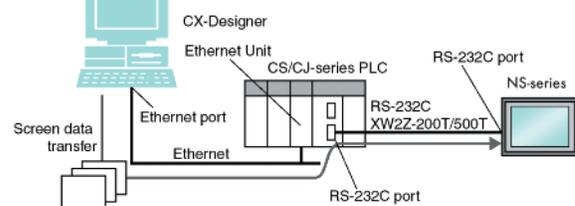
### Conexión a través de un PLC

Si el PLC es de la Serie CS/CJ y su Unidad de CPU tienen el número de lote 030201 o mayor, es posible transferir los datos de la pantalla a una interfase HMI de la Serie NS a través del PLC.

Uso de una Conexión Serie → Serie



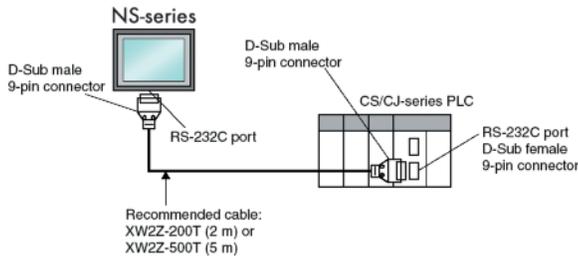
Uso de una Conexión Ethernet → Serie



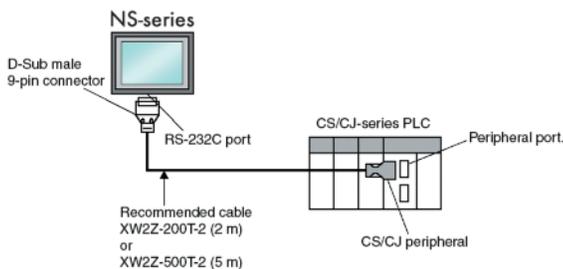
## Operación (Conexión entre Interfase HMI de la Serie NS y PLC)

### Uso de una Conexión en Serie

Al conectar una Interfase HMI al puerto RS-232C de un PLC de la Serie CS/CJ, utilice un Cable XW2Z-200T/500T.

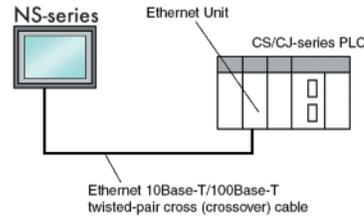


Al conectar una Interfase HMI al puerto para periféricos de un PLC de la Serie CS/CJ, utilice un Cable XW2Z-200T-2/500T-2.

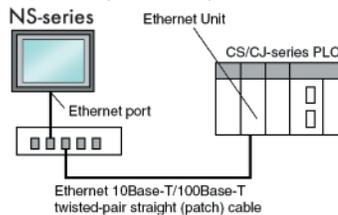


### Uso de una Conexión Ethernet

Conexión Directa (1:1) a la Computadora



Conexión a la Computadora por medio de un Concentrador



Note: An NS-series HMI can also connect to a network configured for 10Base-5 when using a hub and transceiver set for 10Base-5 communications.

Adicionalmente, la Interfase HMI de la Serie NS puede conectarse a través de Controller Link montando una Unidad de Interfase Controller Link NS-CLK21 a la Interfase HMI.

## Contenido de la Biblioteca de Partes Activas Inteligentes (SAP)

El CX-One/CX-Designer contiene las siguientes Partes Activas Inteligentes (SAP).

### Para Unidades de CPU CS/CJ

Monitor de Registro de Errores, Botón de Cambio de Batería en Línea, etc.

### Para Unidades/Tableros de Comunicaciones en Serie

Visualización de Estátus de Comunicaciones (Monitor de Errores), Configuración de Puertos, etc.

### Para Unidades de Ethernet/Unidades CLK

Visualización de Estátus de la Red (Monitor de Errores y Estátus de Nodo de Red), etc.

### Para Unidades de Control de Movimiento MC/Unidades MCH

Operación JOG, Posición de Búsqueda de Cero, Operación de Programa, Visualización de Errores, Monitor de Estátus de E/S, Monitor PV, etc.

### Para Unidades de Control de Posición NC/NCF

Operación JOG, Operación Directa, Operación de Memoria (NC únicamente), Visualización de Errores, Monitor de Estátus de E/S, Monitor PV, etc.

### Para Terminales Inalámbricas WT30

Monitoreo del Estátus Operativo del Esclavo en Entorno Inalámbrico

### Para Impulsores Servo (R88D-WT, R7D-AP) (ver nota)

Monitor PV, Configuración de Parámetros, Visualización de Errores, Visualización de Información de Impulsores, Monitor de Estátus de E/S, etc.

### Para Invertidores (ver nota)

Monitoreo de Frecuencia de Salida/Velocidad de Rotación, Otras Configuraciones de Parámetros, etc.

### Para DeviceNet

Mantenimiento DRT2/Información sobre el Estátus, Información Entrada/Salida, etc.

### Para Controladores de Temperatura (E5□R, E5ZN, E5□N, E1 y CJ1W-TC)

Monitor de Operación, Configuración PID, Configuración SP, Configuración de Alarma, Configuración de Entradas, etc.

### Para Sensores (E3X-DRT)

Configuración de Umbral, Monitoreo de Niveles de Recepción de Luz, etc.

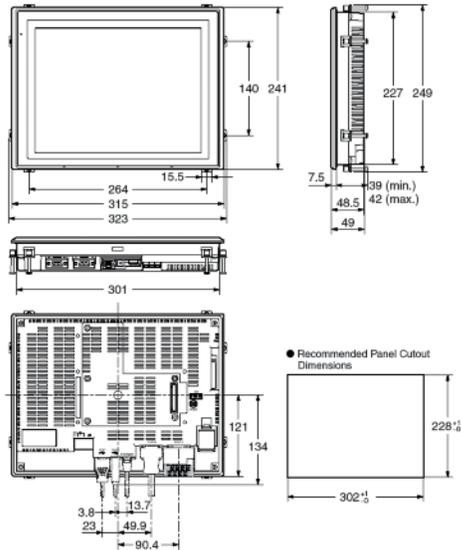
### Para las Terminales SmartSlice de E/S de la Serie GRT1

Estátus de Unidad de Comunicaciones, Indicadores de Alarma/Advertencia, Estátus de Acceso/Abandono de la Red

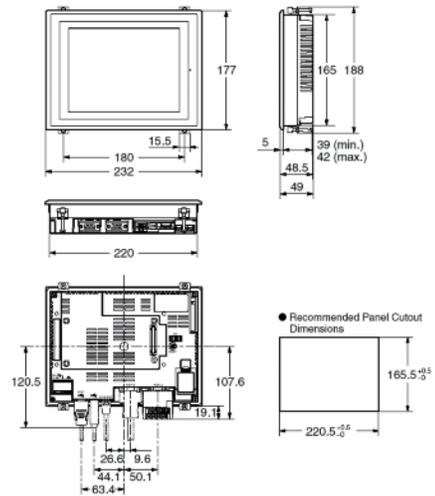
Nota: Las Partes Activas Inteligentes requieren de Tableros/Unidades de Comunicaciones en Serie (versión 1.2 o superior).

# Dimensiones (unidades: mm)

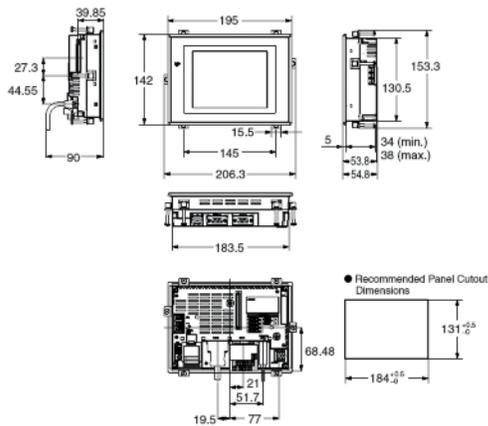
## NS12/10



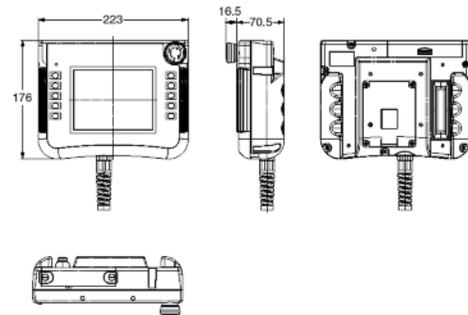
## NS8



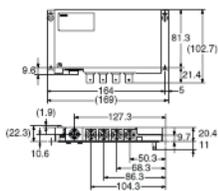
## NS5



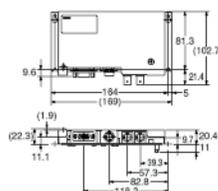
## NS5 Portátil



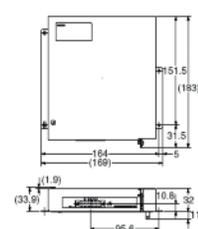
## Unidad de Entrada de Video NS-CA001



## Unidad de Entrada de Video NS-CA002



## Unidad de Interfase Controller Link NS-CLK21





**PROYECTO DE GRADO - BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**ANEXO K.**

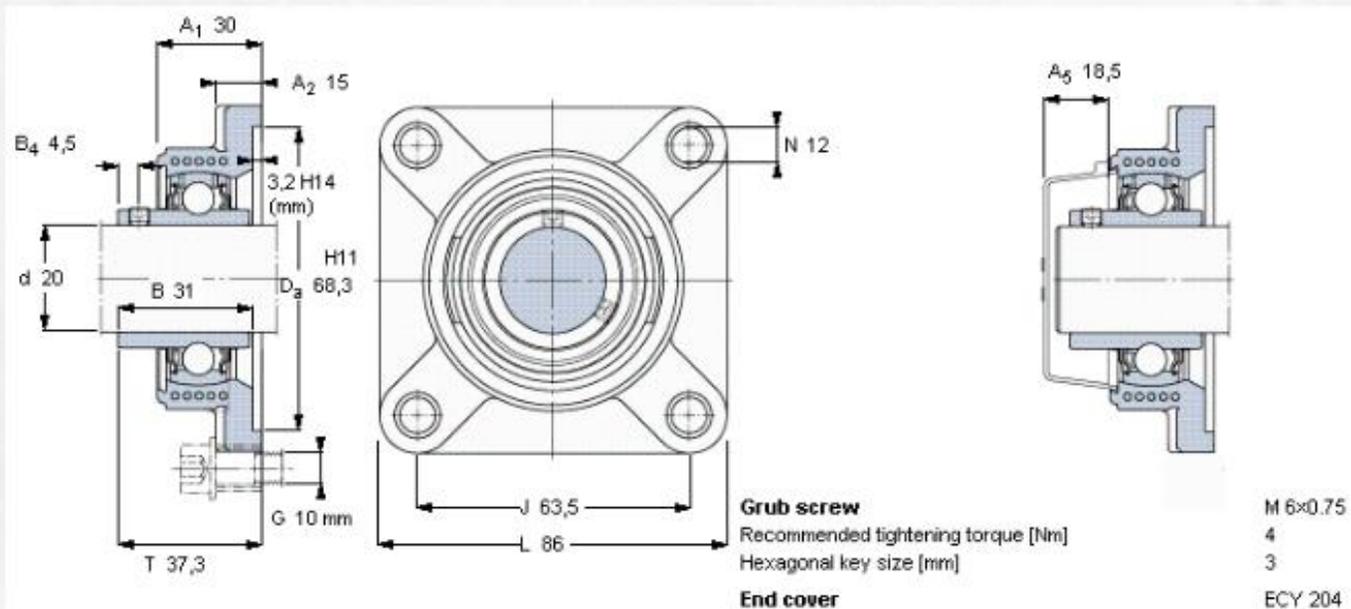
**Información Técnica de las chumaceras utilizadas para el diseño**

# ESPECIFICACIONES CHUMACERA DE 20 MM

## Y-bearing flanged units, Y-TECH housing, square flange, grub screw locking

### Product information

Dimensions					Basic load ratings		Limiting speed	Mass	Designations	
d	A <sub>1</sub>	J	L	T	dynamic	static	with shaft	Bearing unit	Housing tolerance h6	Bearing
mm					kN		r/min	kg		
20	30	63,5	86	37,3	12,7	6,55	8500	FYK 20 TF	FYK 504	YAR 204-2F





**PROYECTO DE GRADO - BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**ANEXO L.**

**Información Técnica de los acoples araña utilizados para el diseño**

## ESPECIFICACIONES ACOPLER ARAÑA



Acoplamientos  
Acoplamientos FRC, elementos FRAS

**PHE FRC70FR**

<b>Tamaño</b>	70
<b>Buje Nro.</b>	-
<b>Par nominal (Nm)</b>	31.5
<b>Par máximo (Nm)</b>	72
<b>Velocidad máxima (r/min)</b>	-
<b>Orificio mínimo (mm)</b>	-
<b>Orificio máximo (mm)</b>	-
<b>Peso (kg)</b>	0.02

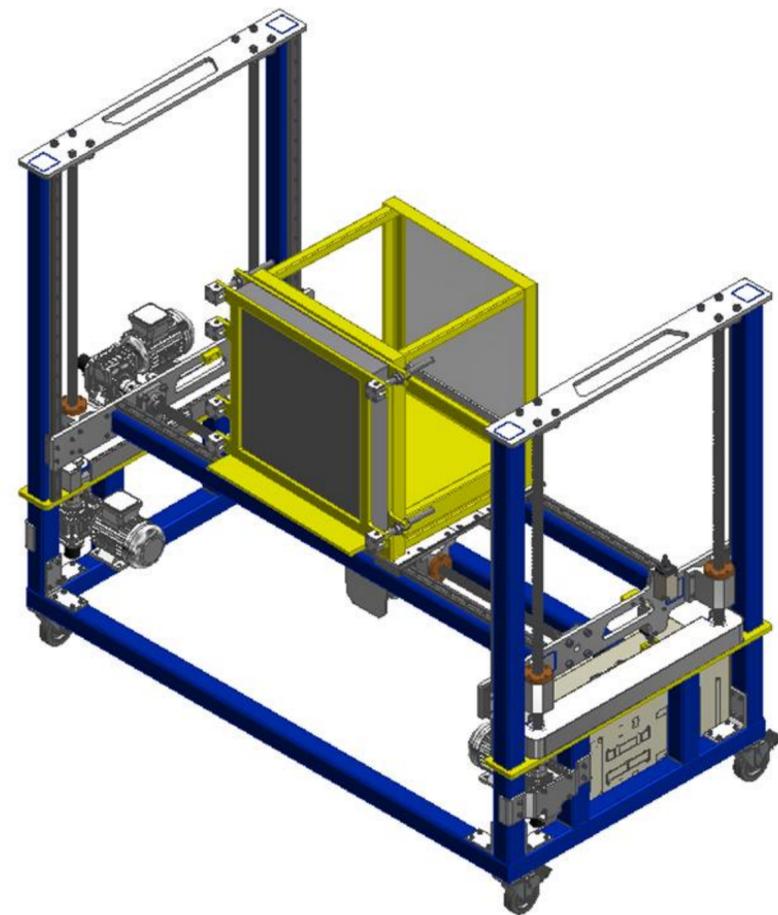
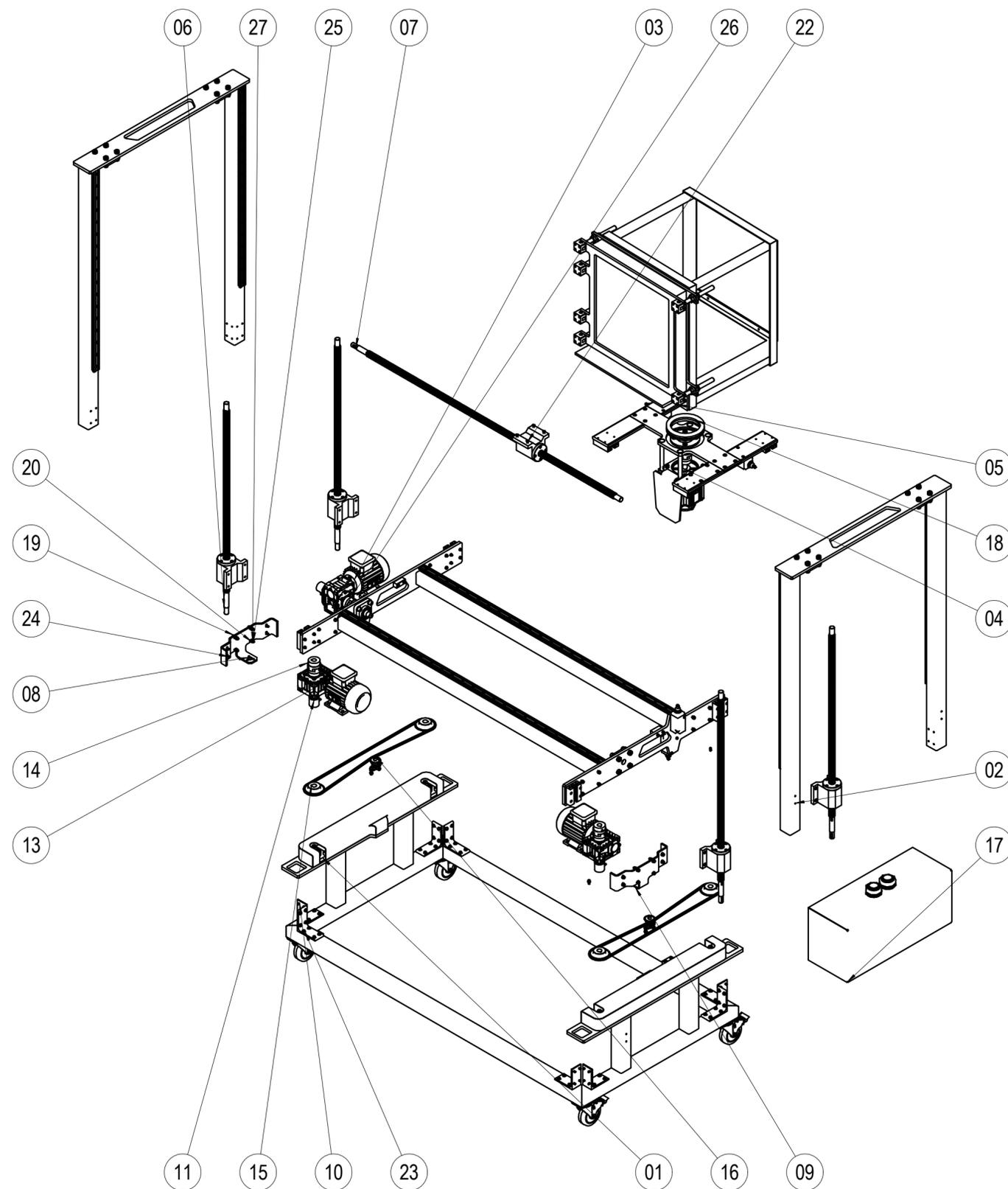


**PROYECTO DE GRADO - BANCO BALÍSTICO  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**ANEXO M.**

**Planos Banco Balístico de Pruebas**



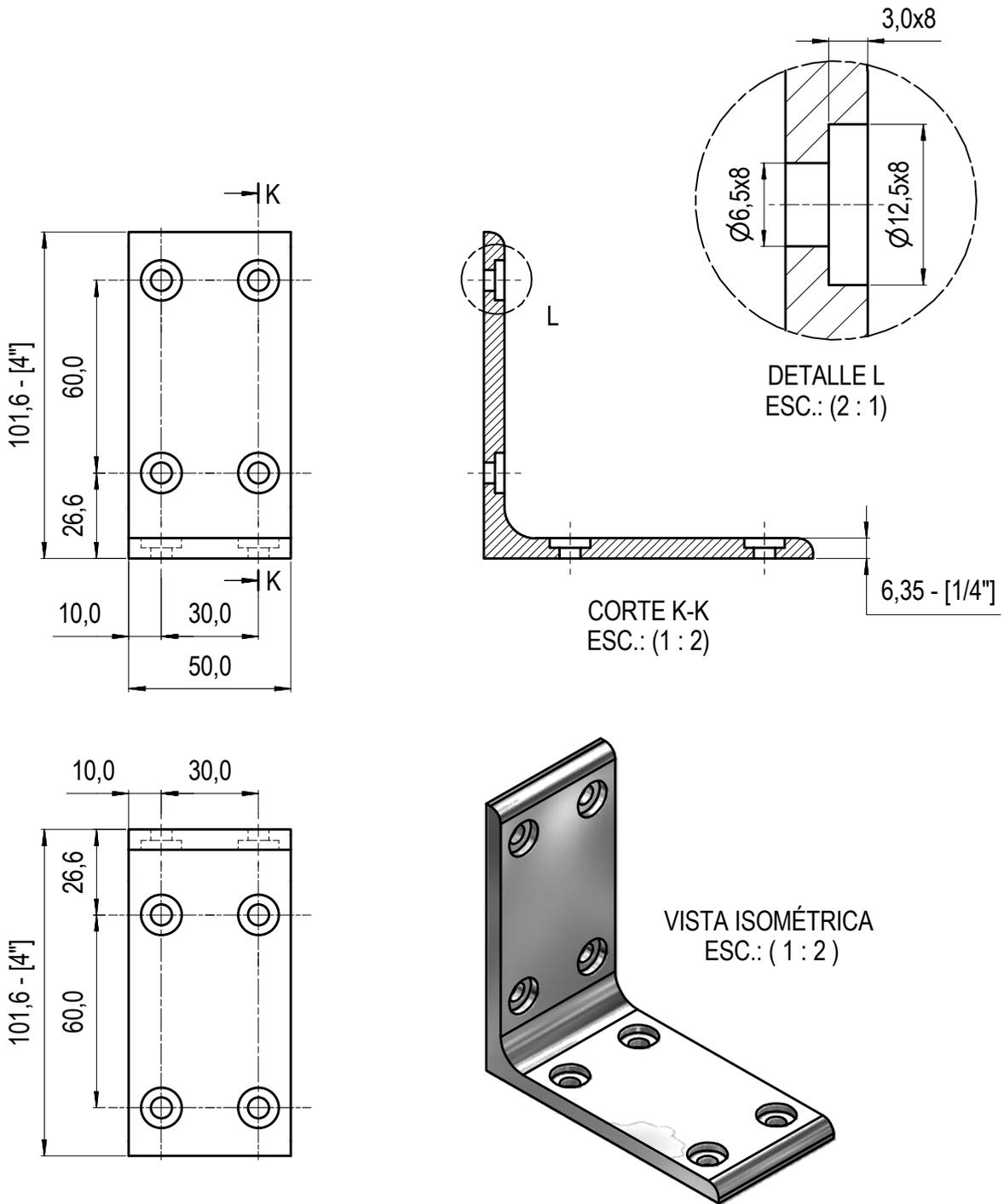
27	28	TUERCA HEXAGONAL M6 (DIN 934)
26	20	TORNILLO ALLEN M6x30 (DIN 912)
25	8	TORNILLO ALLEN M6x25 (DIN 912)
24	8	TORNILLO ALLEN M6x20 (DIN 912)
23	64	TORNILLO ALLEN M6x12 (DIN 912)
22	4	TORNILLO AVELLANADO M6x35 (DIN 7991)
21	4	TUERCA HEXAGONAL M6 (DIN 439)
20	104	ARANDELA DE PRESIÓN Ø6 (DIN 127)
19	20	ARANDELA Ø6,4 (DIN 125)
18	1	RODAMIENTO DE CARGA AXIAL DE BOLAS SKF Ø120 (51124)
17	1	CAJA DE CONTROL
16	2	TENSOR
15	2	SUBCONJUNTO TRANSMISIÓN DE CADENA
14	2	SUBCONJUNTO ACOPLÉ ARAÑA
13	4	MOTORREDUCTOR
12	2	ACOPLÉ ENCODER
11	2	ENCODER
10	8	ÁNGULO ACOPLÉ
09	1	SOPORTE MOTORREDUCTOR DERECHO
08	1	SOPORTE MOTORREDUCTOR IZQUIERDO
07	1	SUBCONJUNTO TORNILLO DE POTENCIA HORIZONTAL
06	4	SUBCONJUNTO TORNILLO DE POTENCIA VERTICAL
05	1	SUBCONJUNTO BASTIDOR
04	1	SUBCONJUNTO CARRO DEL BASTIDOR
03	1	SUBCONJUNTO MARCO HORIZONTAL
02	2	SUBCONJUNTO MARCO VERTICAL
01	1	SUBCONJUNTO ESTRUCTURA BASE
No.	CANT.	DESIGNACIÓN

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	
	440,80 kg	N/A		N/A	FACULTAD DE INGENIERÍA	
FORMATO A2	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	INGENIERÍA MECATRÓNICA	
PROYECTÓ	19/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	19/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	ENSAMBLE BANCO BALÍSTICO			No. PIEZA:	REV.:
1:2					00	A
	PERTENECE A	BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA 1 DE 1

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventoría/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventoría/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

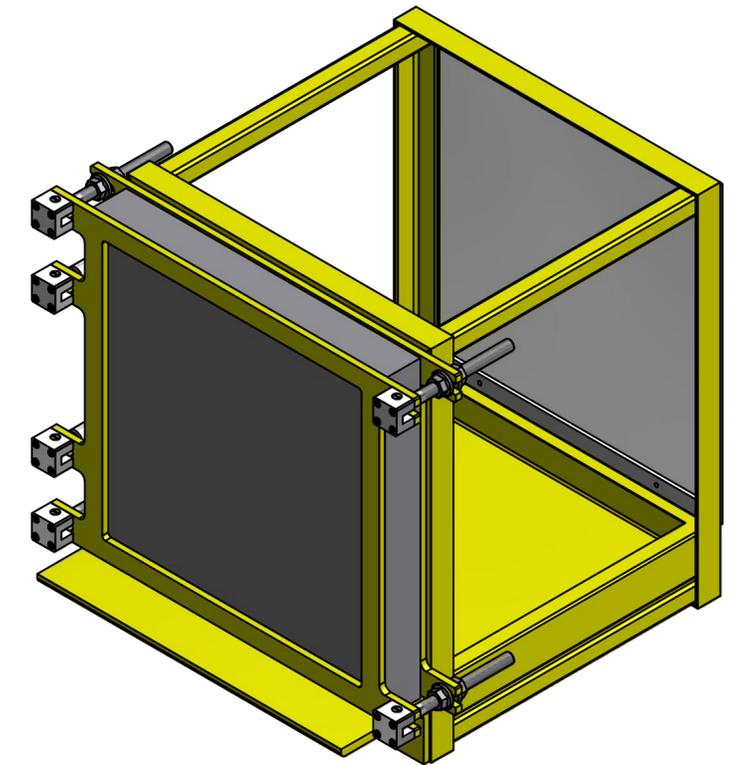
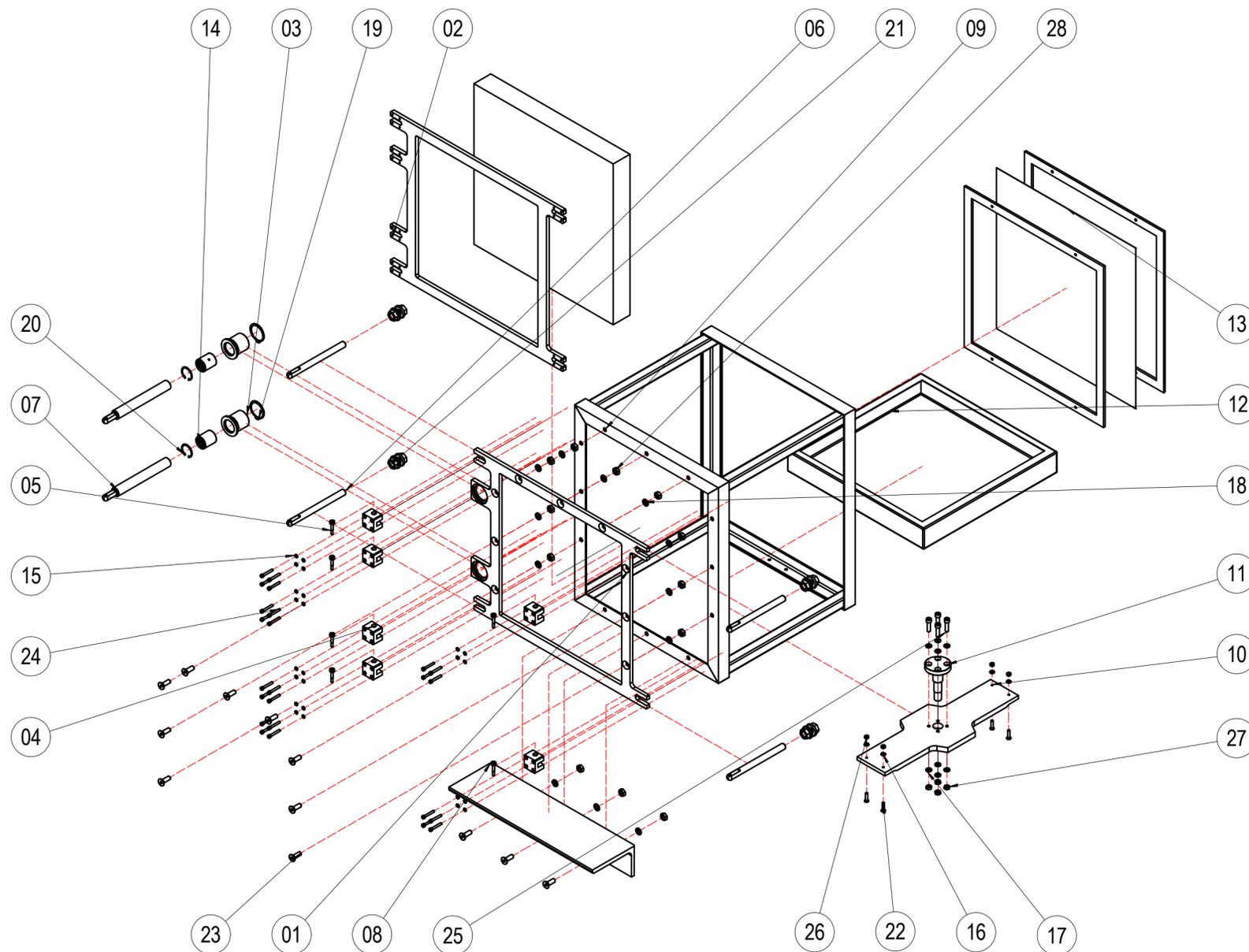


NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. OBTENER A PARTIR DE ÁNGULO DE 4" DE ALAS IGUALES.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERÍA MECATRÓNICA	
ASTM A36	0,465 kg	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	ÁNGULO ACOPLÉ			No. PIEZA.	REV.
1:2					10	A
	PERTENECE A	BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	1 DE 1



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1:6)

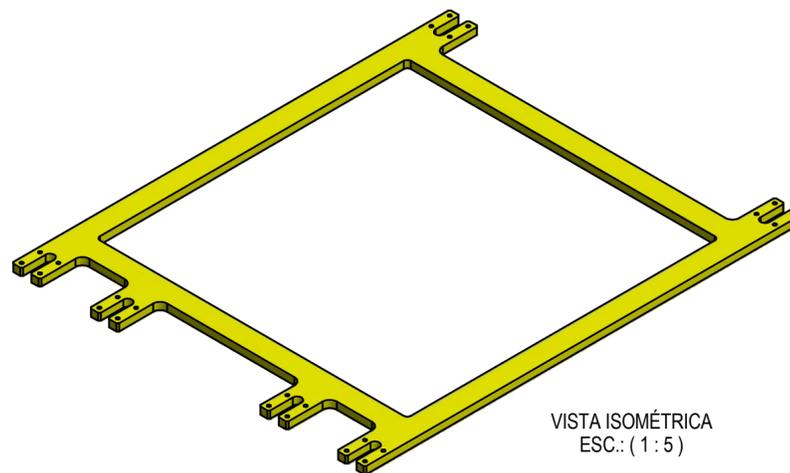
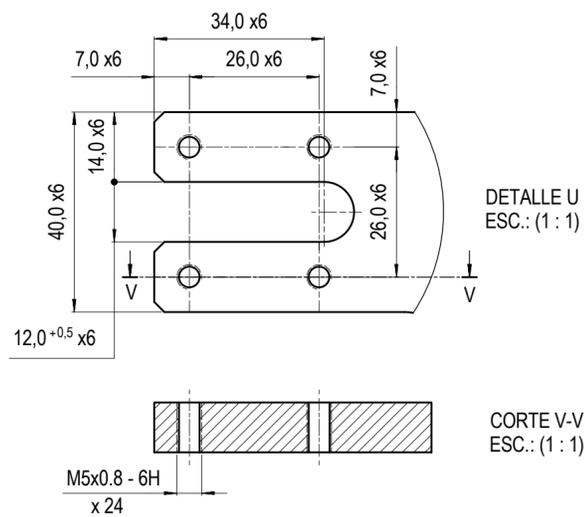
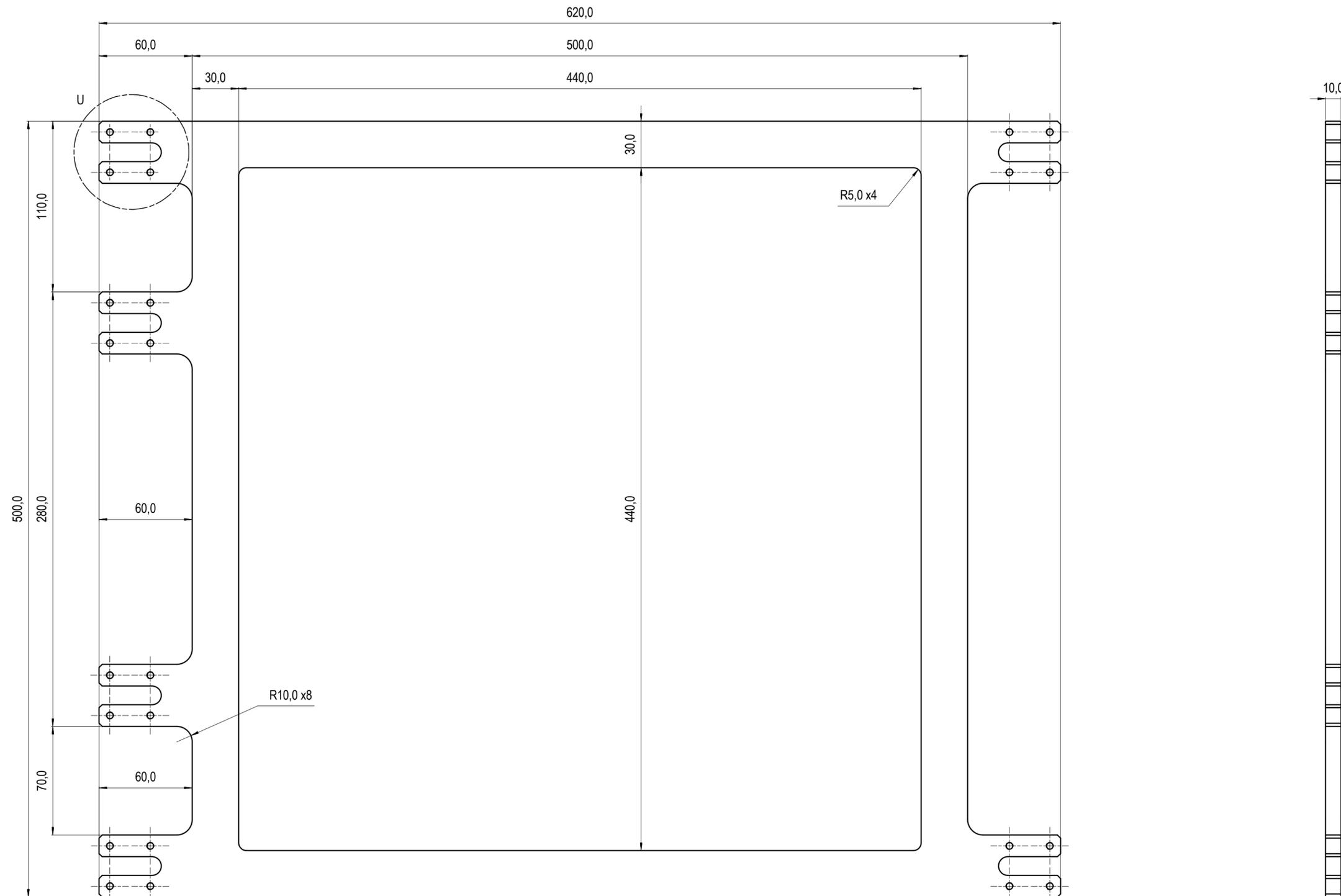
28	12	TUERCA HEXAGONAL M10 (DIN 934)
27	4	TUERCA HEXAGONAL M8 (DIN 934)
26	4	TUERCA HEXAGONAL M6 (DIN 934)
25	4	TORNILLO ALLEN M8x20 (DIN 912)
24	24	TORNILLO ALLEN M5x35 (DIN 912)
23	12	TORNILLO AVELLANADO M10x30 (DIN 7991)
22	4	TORNILLO AVELLANADO M6x25 (DIN 7991)
21	8	TUERCA HEXAGONAL CON COLLAR M16 (DIN 6923)
20	2	ANILLO DE RETENCIÓN INTERIOR Ø35x1,5 (DIN 472)
19	2	ANILLO DE RETENCIÓN EXTERIOR Ø45x1,75 (DIN 471)
18	12	ARANDELA DE PRESIÓN Ø10 (DIN 127)
17	8	ARANDELA DE PRESIÓN Ø8 (DIN 127)
16	4	ARANDELA DE PRESIÓN Ø6 (DIN 127)
15	24	ARANDELA DE PRESIÓN Ø5 (DIN 127)
14	2	BUJE GUÍA Ø25 IGUS
13	1	SUBCONJUNTO HOJA TESTIGO
12	1	CAJA DE FRAGMENTOS
11	1	EJE BASTIDOR
10	1	BASE BASTIDOR
09	1	ESQUELETO BASTIDOR
08	1	ÁNGULO SOPORTE PROBETA
07	2	EJE GUÍA FIJACIÓN PROBETA
06	4	TORNILLO FIJADOR PROBETA
05	6	PIVOT TORNILLO PROBETA
04	6	ANCLAJE DE FIJACIÓN
03	2	SOPORTE BUJE IGUS
02	1	SOPORTE FRONTAL PROBETA
01	1	SOPORTE POSTERIOR PROBETA
No.	CANT.	DESIGNACIÓN

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL		
	172,246 kg	N/A		N/A		
FORMATO	A2	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	
PROYECTO	18/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJO	18/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	SUBCONJUNTO BASTIDOR			No. PIEZA	REV.
1:10 - (1:6)					05	A
	PERTENECE A	BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA 1 DE 12

PROPIEDAD

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventos/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.





VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 5)

- NOTAS:
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
  2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
  3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
  4. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AMARILLO.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL
AISI/SAE 1045	5,325 kg	N/A	N7	VER NOTA 4
FORMATO A2	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA
PROYECTÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
DIBUJÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque	
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto	
ESCALA: 1:2 (1:1)	PIEZA	SOPORTE FRONTAL PROBETA		
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO		



UNIVERSIDAD DE  
SAN BUENAVENTURA

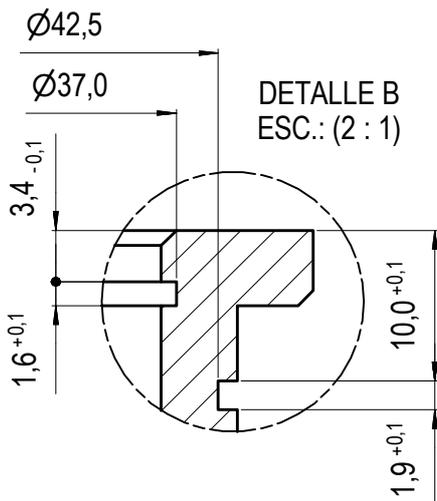
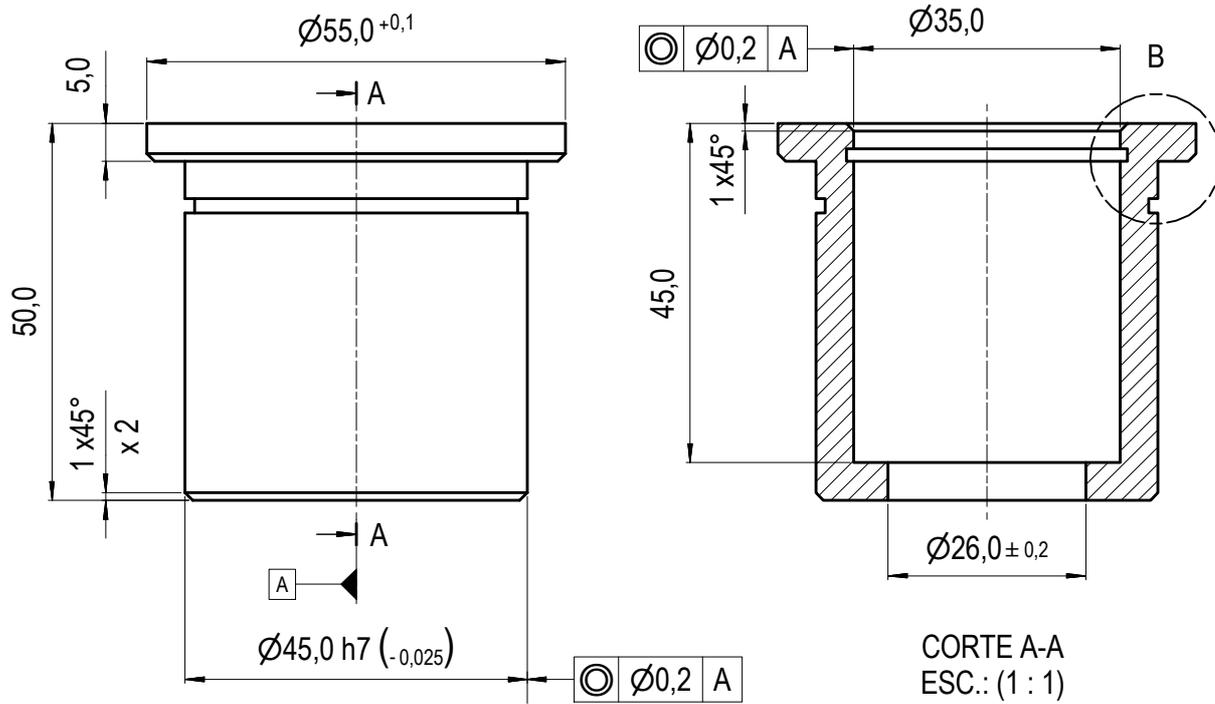
FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECATRÓNICA

No. PIEZA: 02  
REV. A  
PLANO HOJA 3 DE 12

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 2)

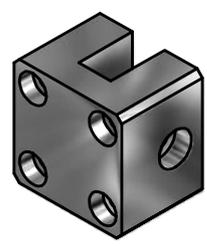
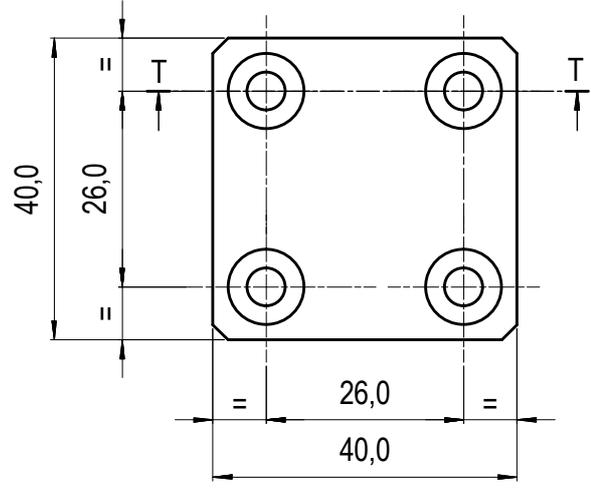
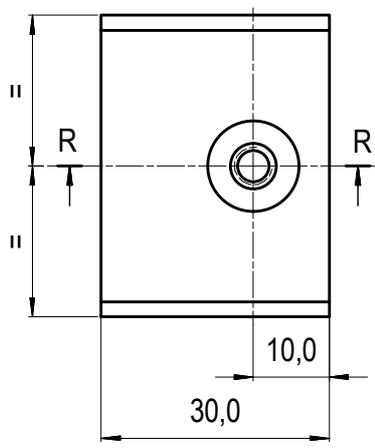
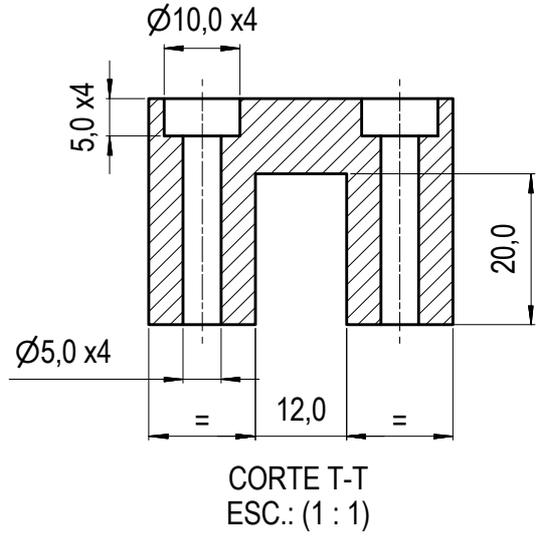
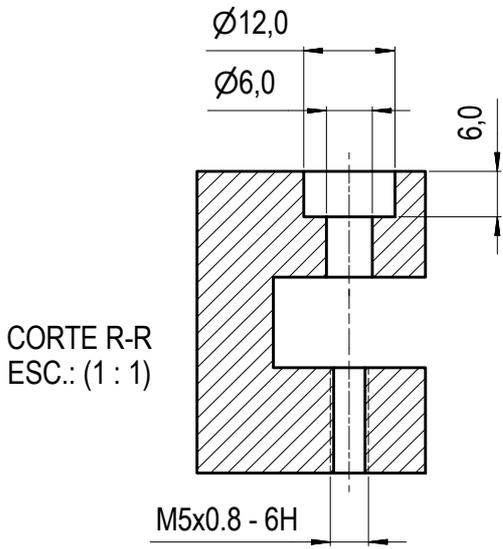
**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERÍA MECATRÓNICA	
AISI/SAE 1045	288,726 g	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	SOPORTE BUJE IGUS			No. PIEZA.	REV.
1:1 (2:1 - 1:2)					03	A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	4 DE 12

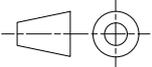
PROPIEDAD Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventación/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 2)

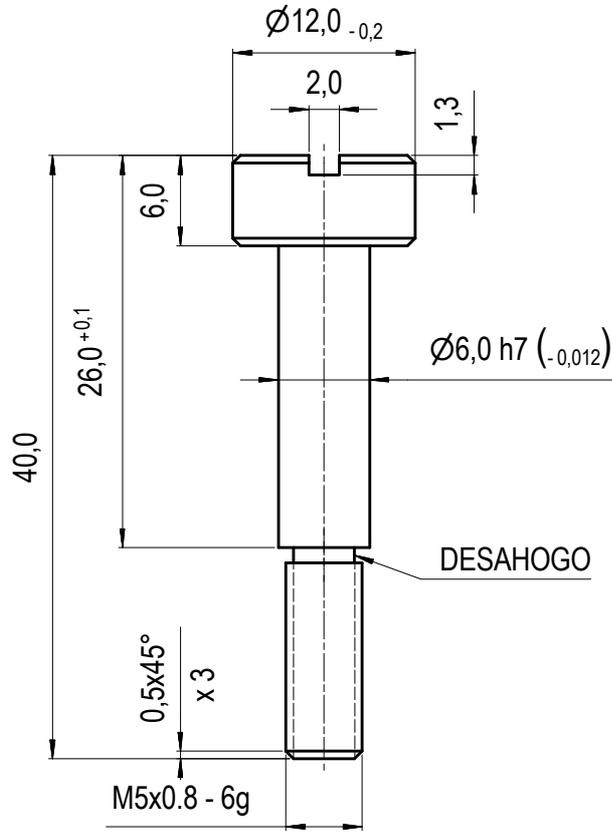
- NOTAS:
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
  2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
  3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
$\pm 1^\circ$	$\pm 0,1$
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
AISI/SAE 1045	0,263 kg	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	ANCLAJE DE FIJACIÓN			No. PIEZA.	REV.
1:1 - (1:2)					04	A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	5 DE 12

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventos/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completado o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 2 : 1 )

**NOTAS:**

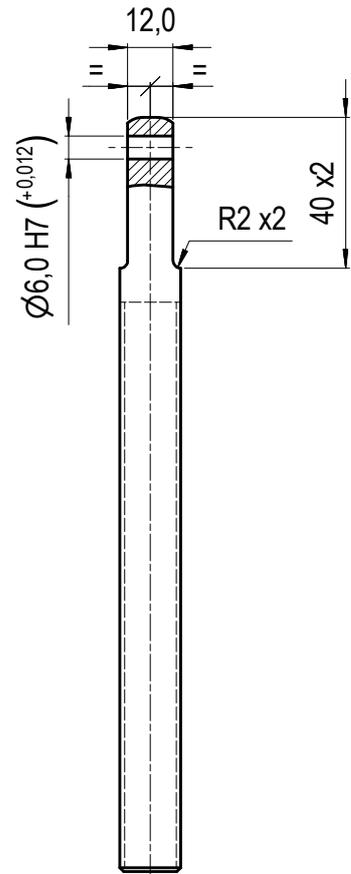
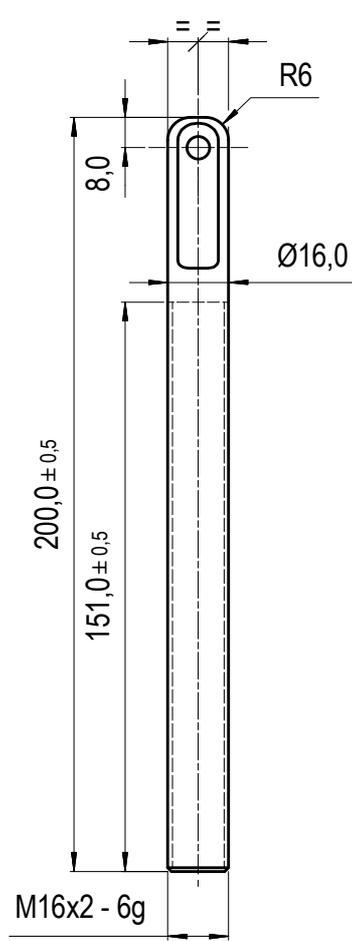
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 4140	11,542 g	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
ESCALA:	PIEZA	PIVOT TORNILLO PROBETA			No. PIEZA.	REV.
2:1					05	A
 PERTENECE A		SUBCONJUNTO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA 6 DE 12	

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

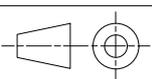


VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 2 )

**NOTAS:**

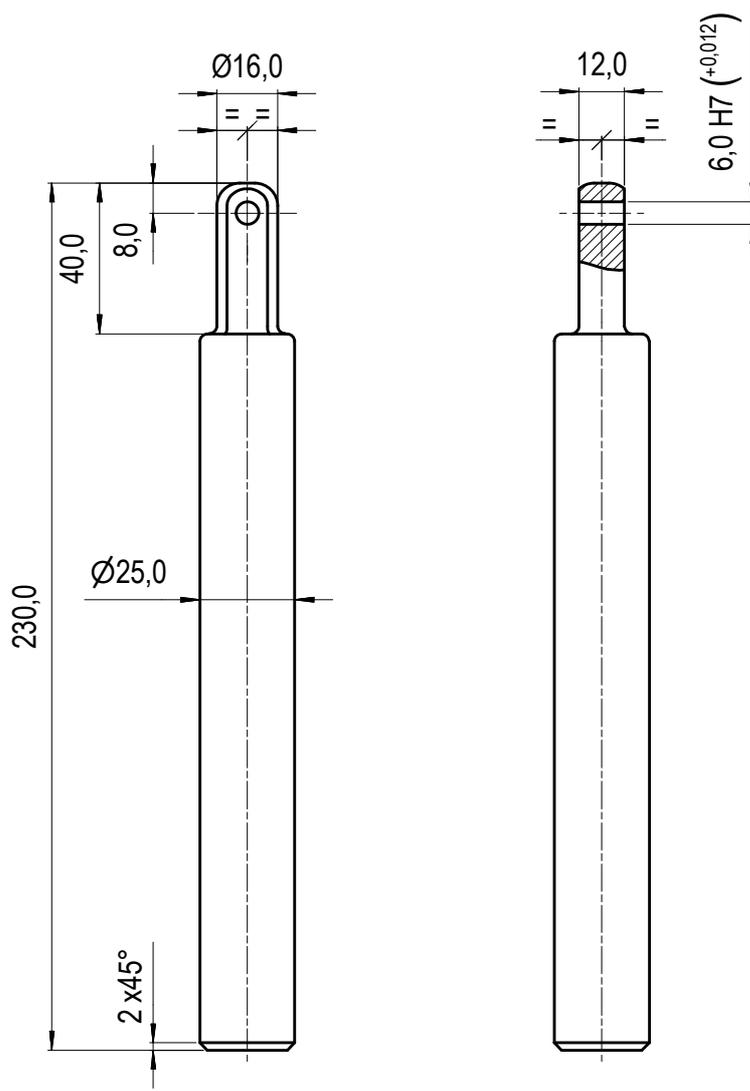
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERÍA MECATRÓNICA	
SAE/AISI 4140	302,066 g	NORMALIZADO	N7	PAVONADO		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	TORNILLO FIJADOR PROBETA			No. PIEZA.	REV.
1:2					06	A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	7 DE 12

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventación/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

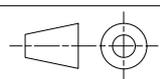


VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 2 )

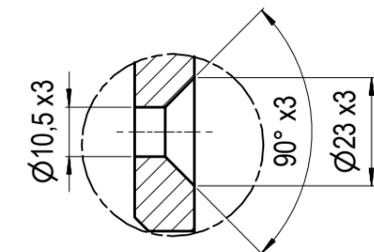
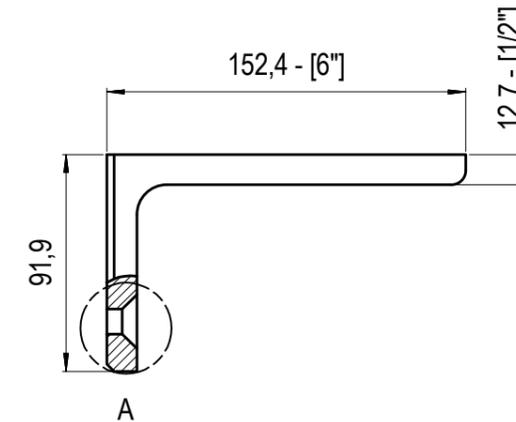
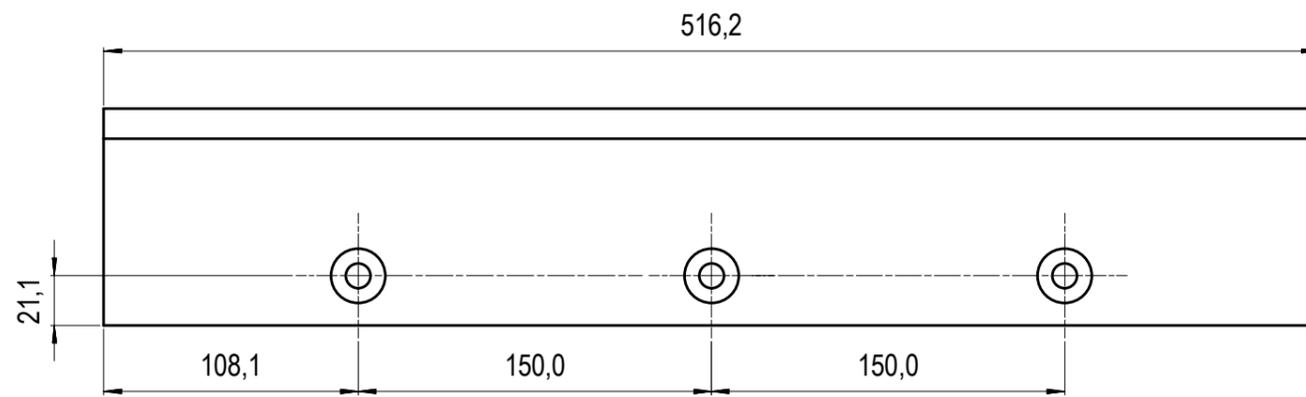
**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

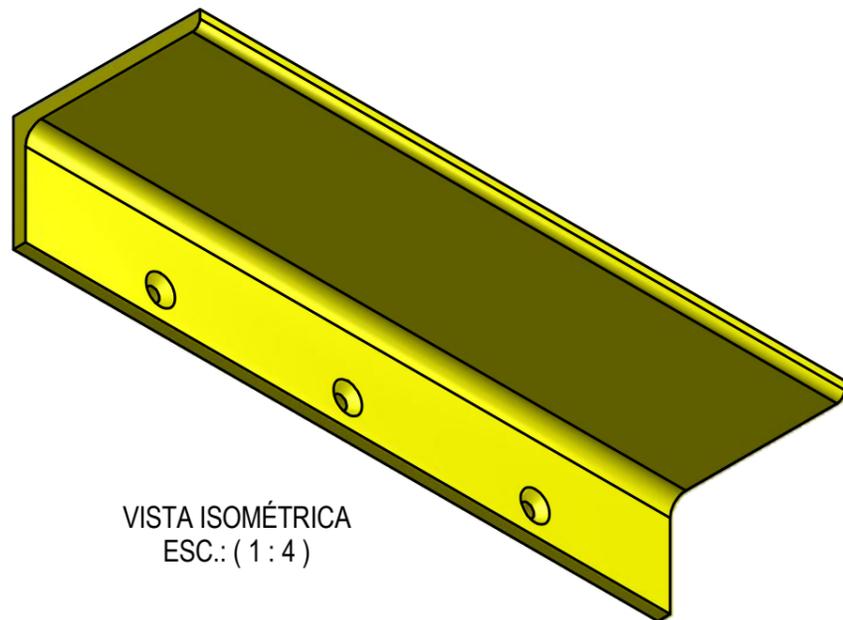
TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <p><b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b></p>	
AL 7075 -T6	0,279 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		<p><b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b></p> <p><b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b></p>	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
ESCALA:	PIEZA				No. PIEZA.	REV.
1:2		EJE GUÍA FIJACIÓN PROBETA			07	A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA 8 DE 12

**PROPIEDAD**  
 Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventos/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



DETALLE A  
ESC.: (2 : 3)



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 4 )

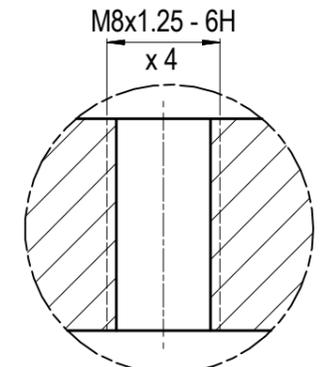
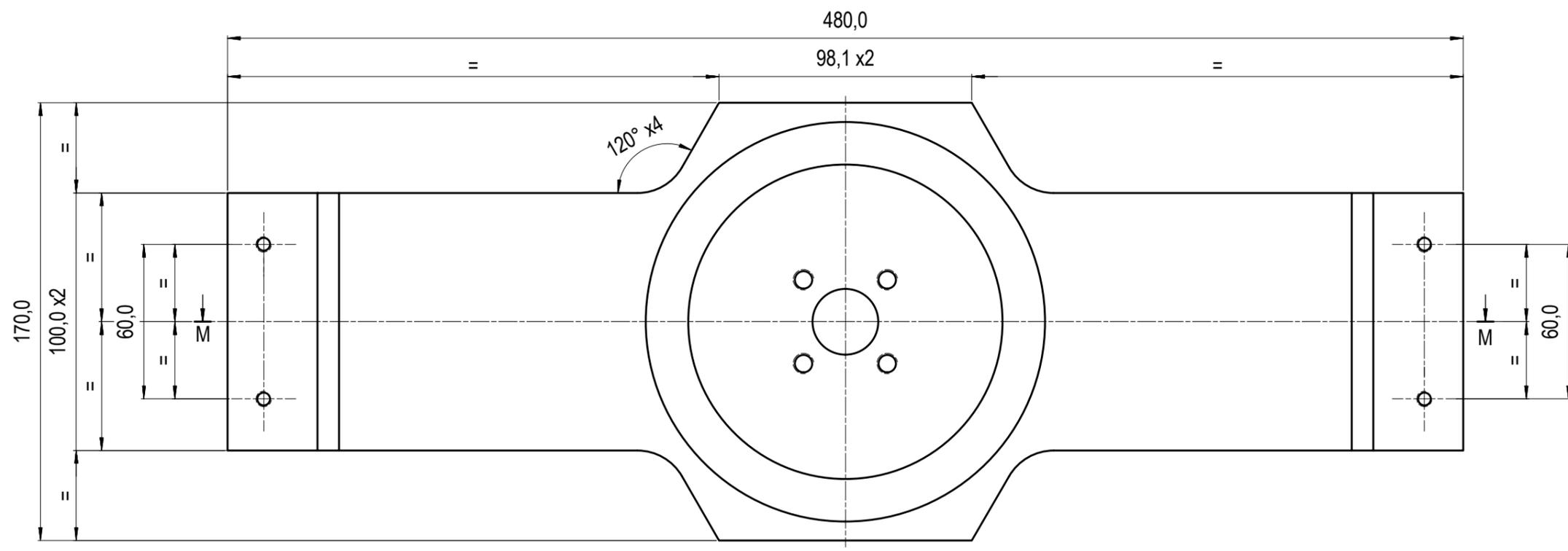
**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. OBTENER PIEZA A PARTIR DE PERFIL ANGULAR DE 6" DE ALAS IGUALES.
5. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AMARILLO.

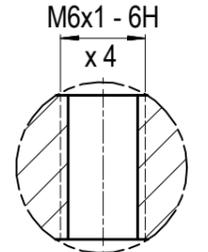
TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
ASTM A36	11,955 kg	N/A	N7	VER NOTA 5		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	ÁNGULO SOPORTE PROBETA			No. PIEZA:	REV.
1:3					08	A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	9 DE 12

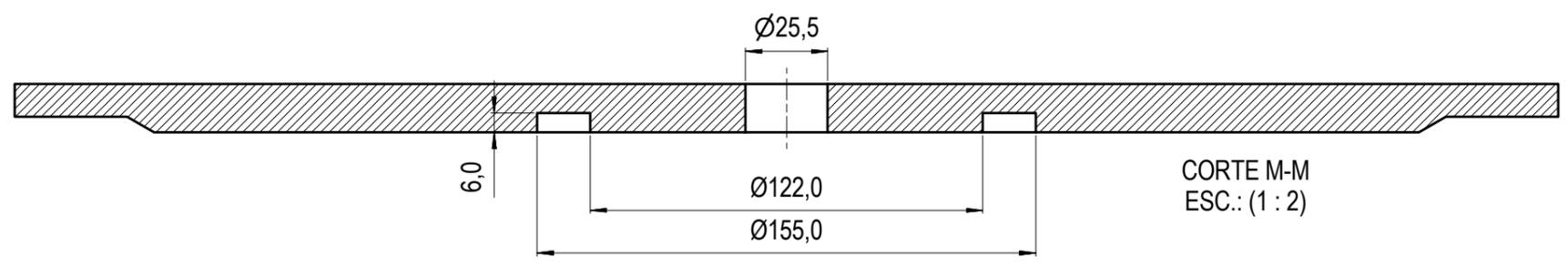
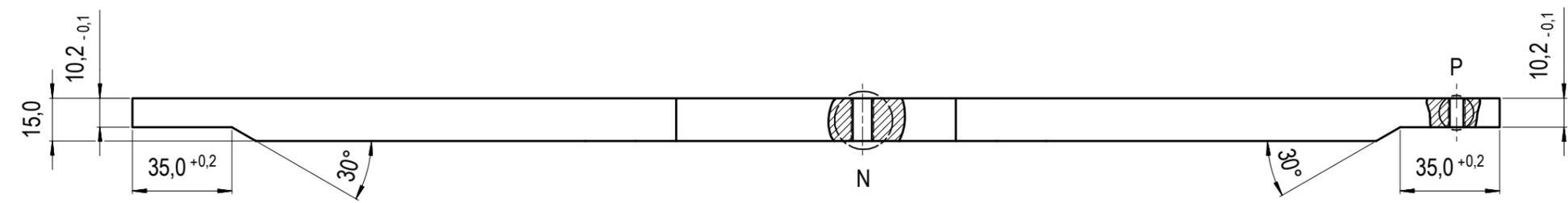
**PROPIEDAD**  
 Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventación/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



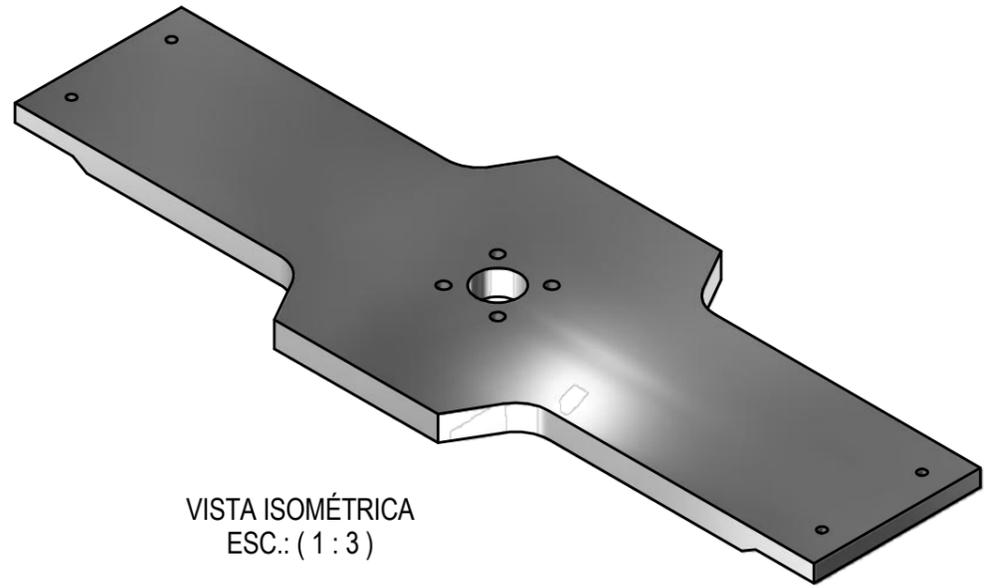
DETALLE N  
ESC.: (2 : 1)



DETALLE P  
ESC.: (2 : 1)



CORTE M-M  
ESC.: (1 : 2)

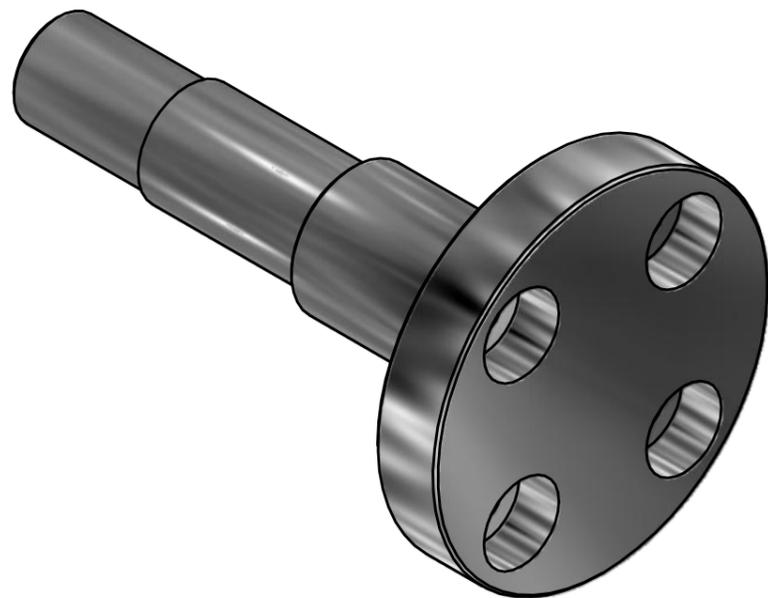
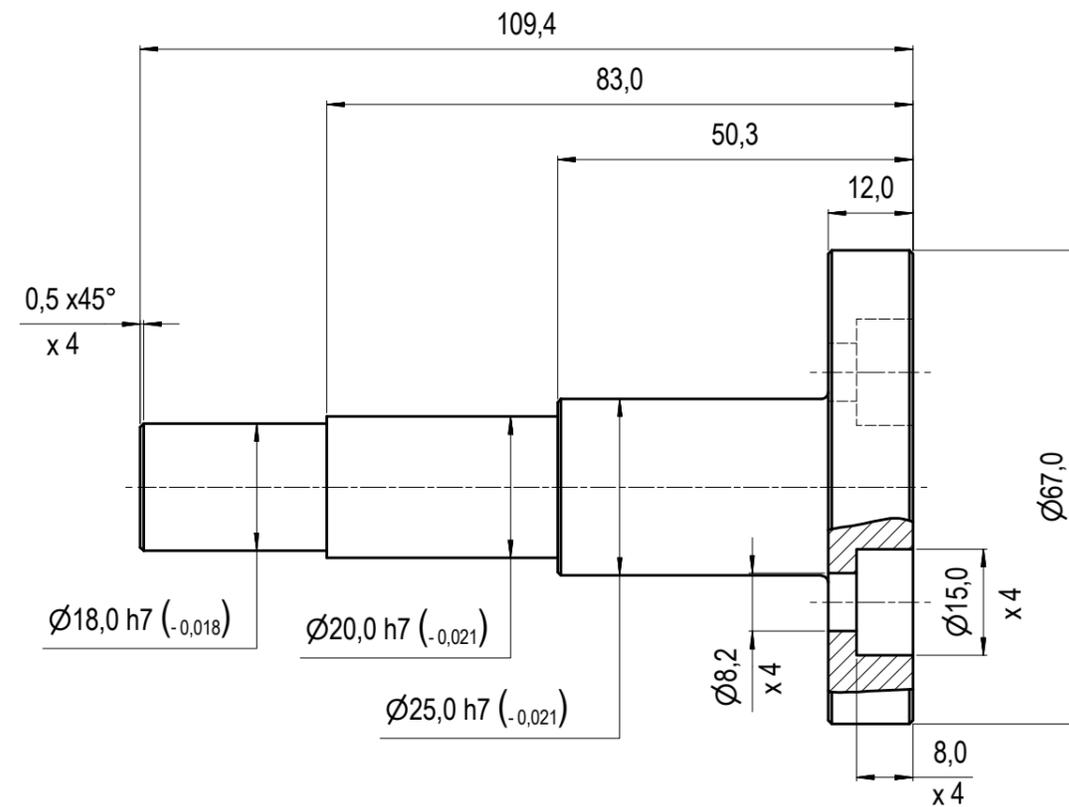
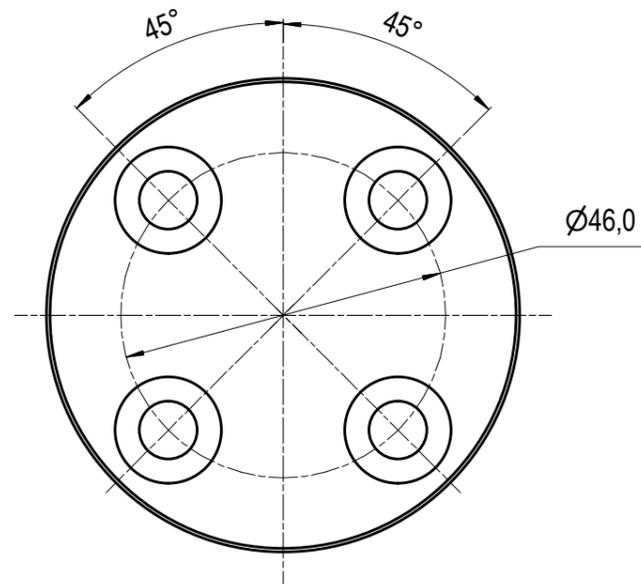


VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 3)

- NOTAS:
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
  2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
  3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS:	0,2
ELIMINAR REBABAS:	0,2

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 1045	5,922 kg	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTÓ	15/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	15/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		INGENIERÍA MECATRÓNICA	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	BASE BASTIDOR			No. PIEZA	REV.
1:2					10	A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	
					10 DE 12	



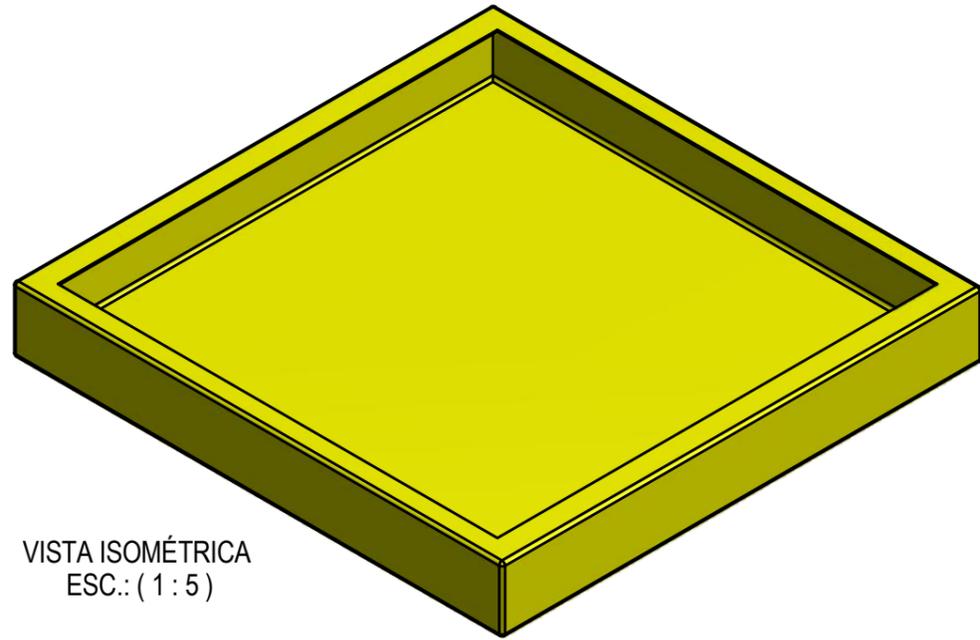
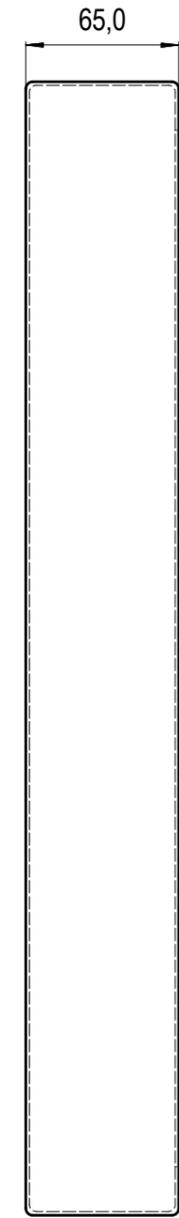
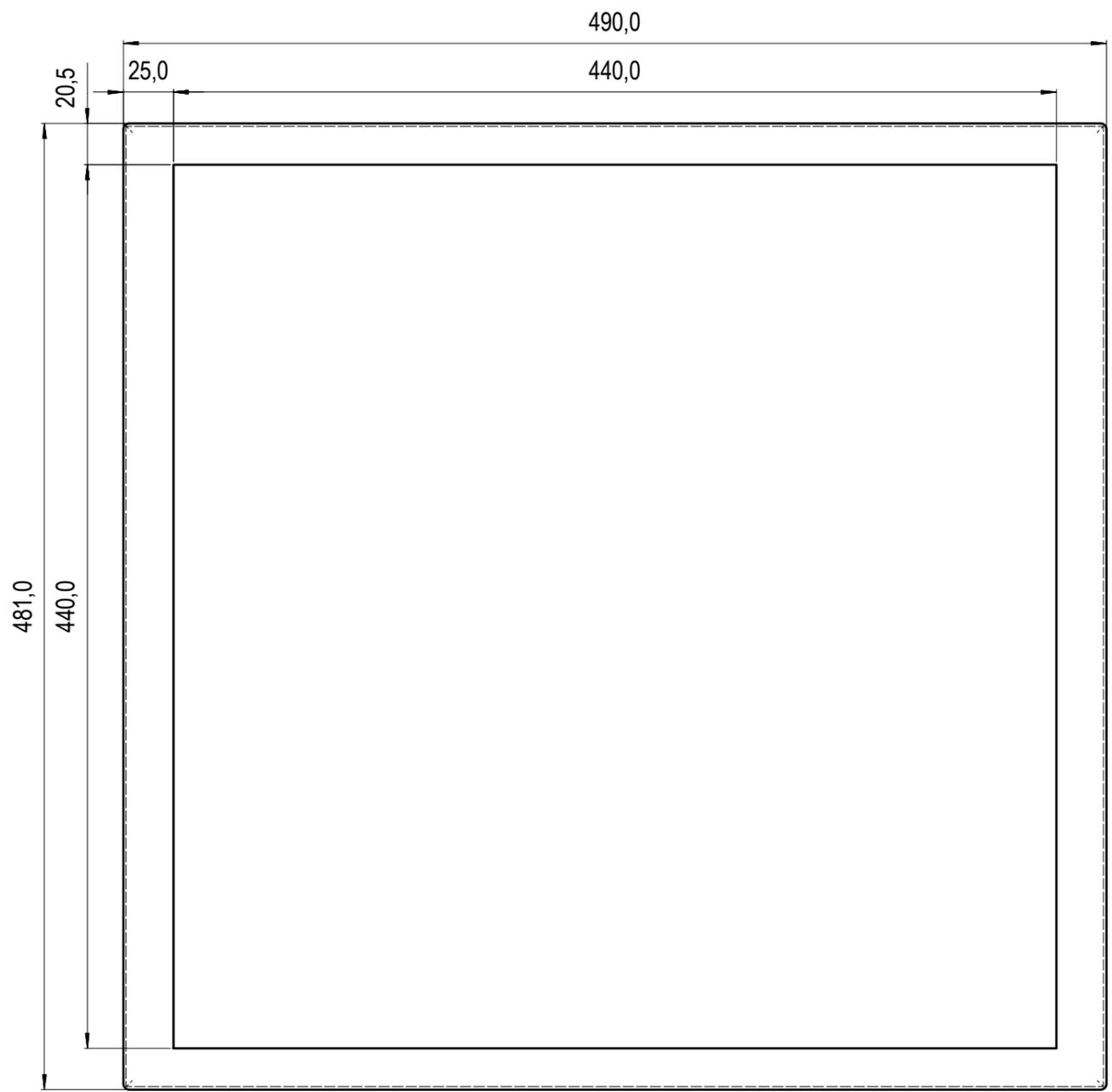
NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS:	0,2
ELIMINAR REBABAS:	0,2

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 1045	561,649 g	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	28/10/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia.			
DIBUJÓ	28/10/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia.			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	EJE BASTIDOR			No. PIEZA.	REV.
1:1					11	A
		PERTENECE A	SUBCONJUNTO BASTIDOR			PLANO
			BANCO BALÍSTICO			HOJA
						11 DE 12

**PROPIEDAD**  
 Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inención/contenido aquí descrito.  
 Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin  
 previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

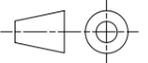


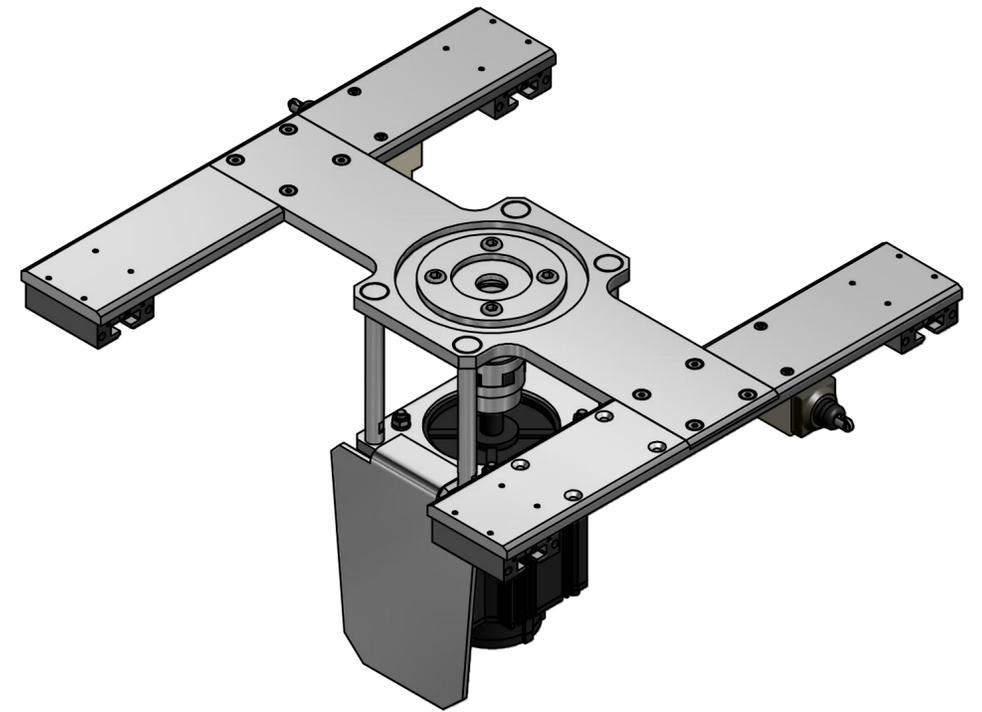
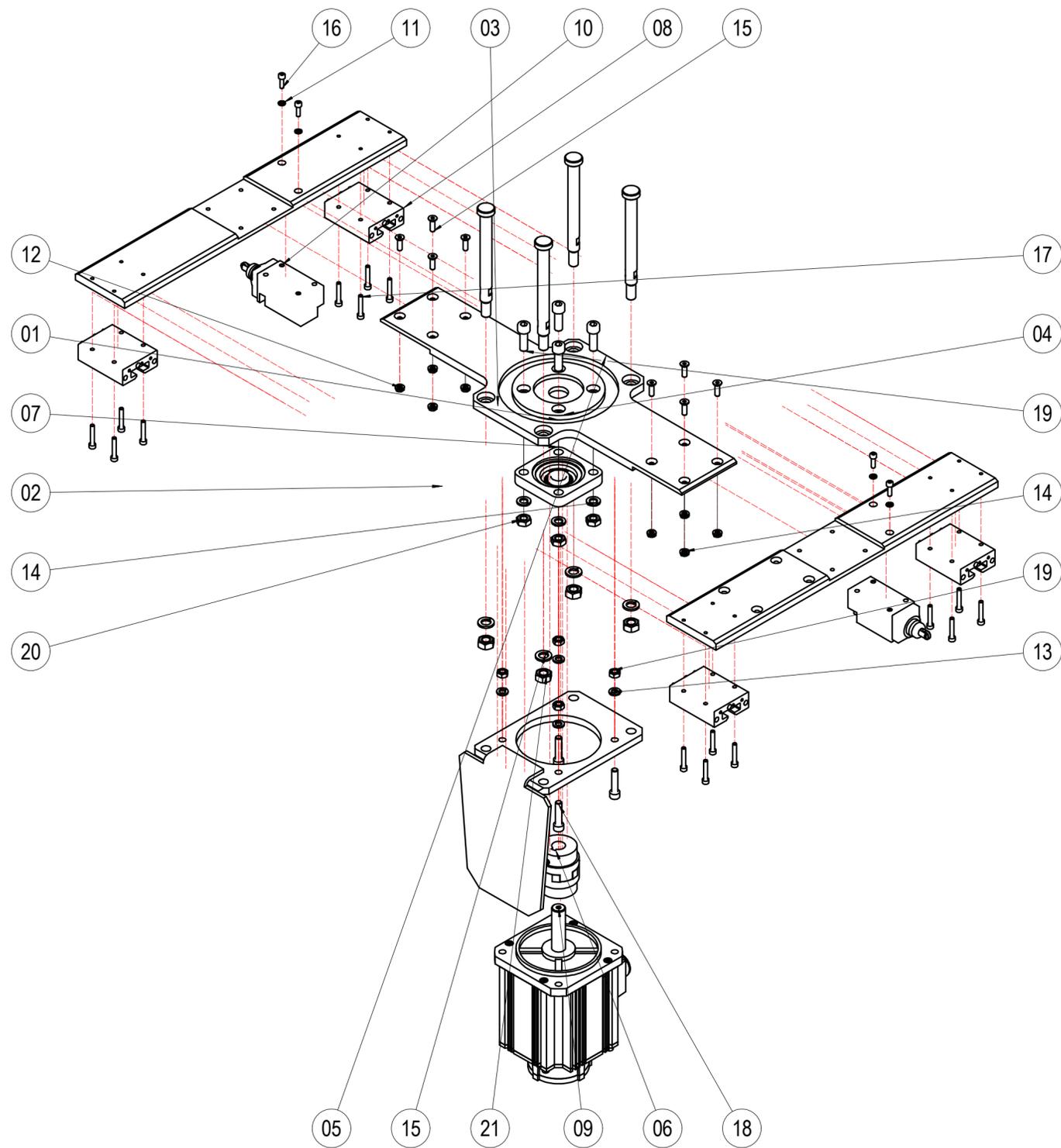
VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 5 )

**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. LÁMINA CALIBRE 16
5. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AMARILLO.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
COLD ROLLED	4,692 kg	N/A		VER NOTA 5		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA: 1:3 (1:5)	PIEZA	CAJA DE FRAGMENTOS			No. PIEZA: 12	REV. A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA 12 DE 12	



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 4 )

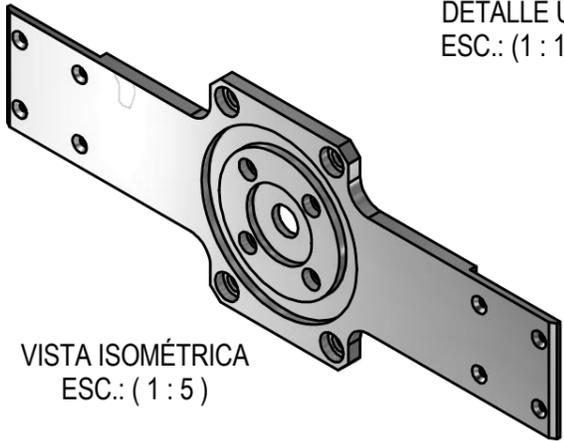
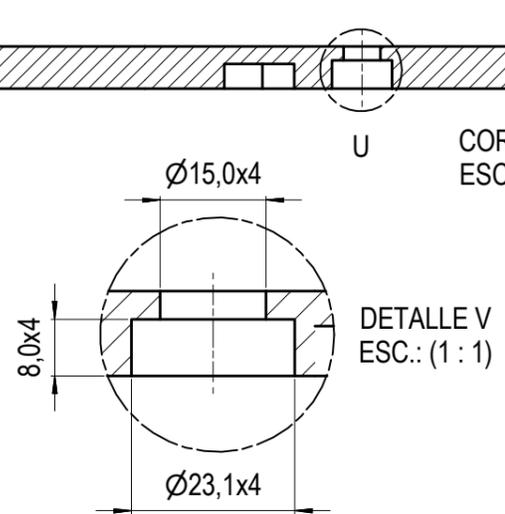
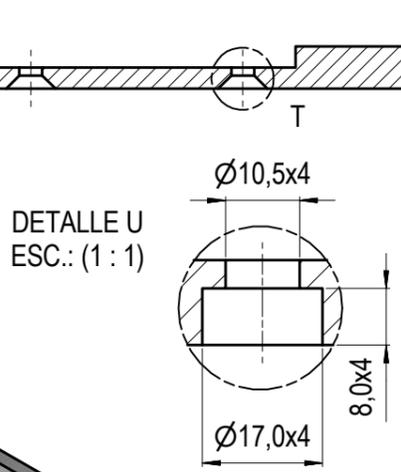
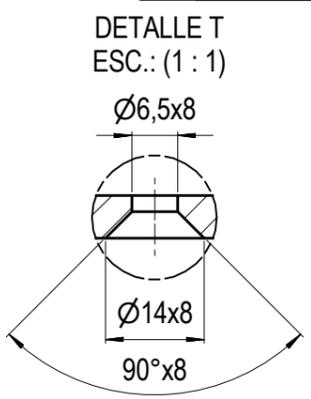
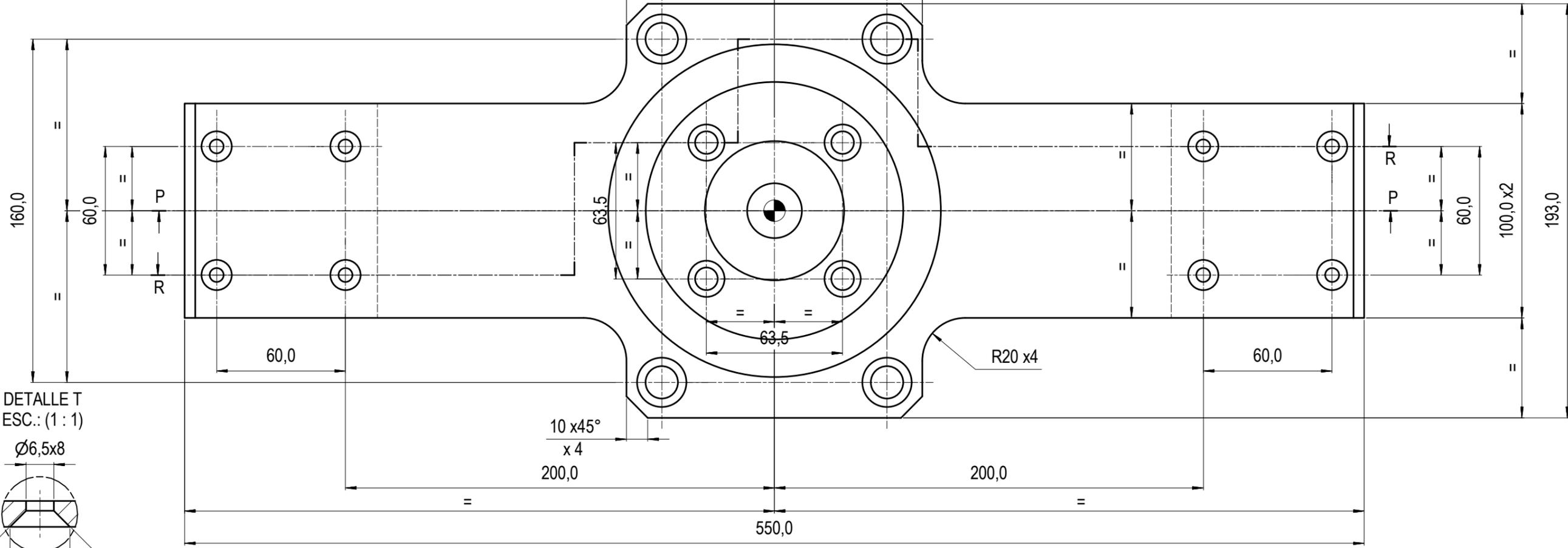
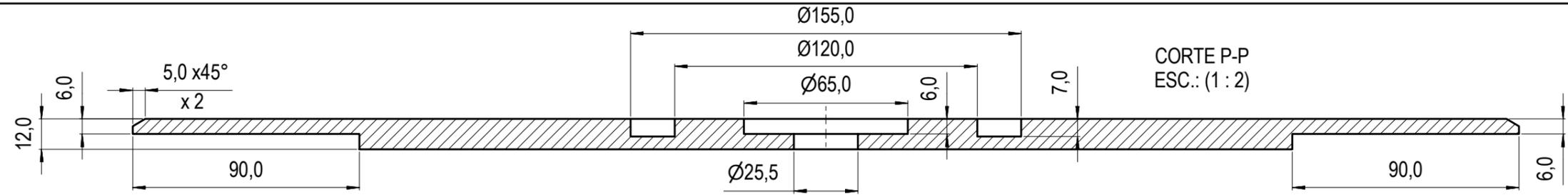
21	4	TUERCA HEXAGONAL M12 (DIN 934)
20	4	TUERCA HEXAGONAL M10 (DIN 934)
19	4	TORNILLO ALLEN M10x30 (DIN 912)
19	4	TUERCA HEXAGONAL M18 (DIN 934)
18	4	TORNILLO ALLEN M8x35 (DIN 912)
17	16	TORNILLO ALLEN M5x30 (DIN 912)
16	4	TORNILLO ALLEN M5x16 (DIN 912)
15	8	TORNILLO AVELLANADO M6x20 (DIN 7991)
15	4	ARANDELA DE PRESIÓN Ø12 (DIN 127)
14	8	TUERCA HEXAGONAL M6 (DIN 439)
14	4	ARANDELA DE PRESIÓN Ø10 (DIN 127)
13	4	ARANDELA DE PRESIÓN Ø8 (DIN 127)
12	8	ARANDELA DE PRESIÓN Ø6 (DIN 127)
11	4	ARANDELA DE PRESIÓN Ø5 (DIN 127)
10	2	FINAL DE CARRERA
09	1	SERVOMOTOR
08	4	CARRO IGUS
07	1	CHUMACERA SKF (FYK 20 TF)
06	1	SUBCONJUNTO ACOPLA ARANA
05	1	PROTECTOR SERVOMOTOR
04	4	COLUMNA SOPORTE SERVO
03	1	PLACA DEL CARRO CONDUCTIDA
02	1	PLACA CARRO CONDUCTORA
01	1	PLACA DE ROTACIÓN BASTIDOR
No.	CANT.	DESIGNACIÓN

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	
	30,304 kg	N/A		N/A	
FORMATO	A2	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA
PROYECTÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		
DIBUJÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque		
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto		
ESCALA:	PIEZA	SUBCONJUNTO CARRO DEL BASTIDOR			No. PIEZA.
1:4					04
	PERTENECE A	BANCO BALÍSTICO			REV.
					A
					PLANO
					HOJA
					1 DE 9

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

PROPIEDAD  
 Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

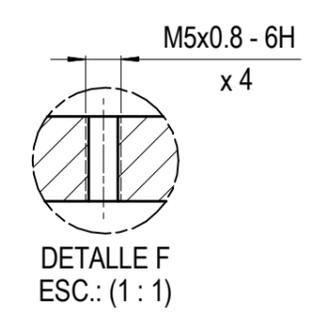
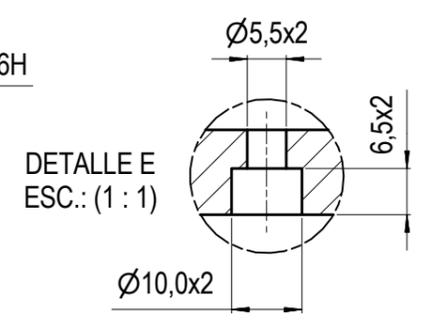
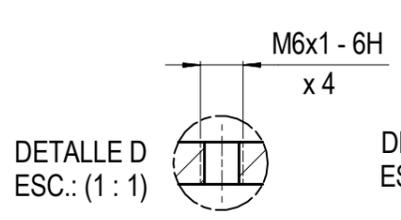
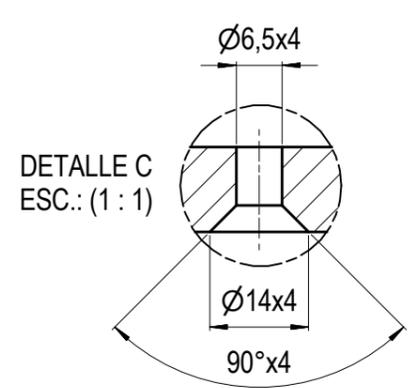
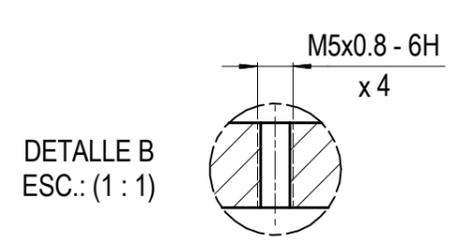
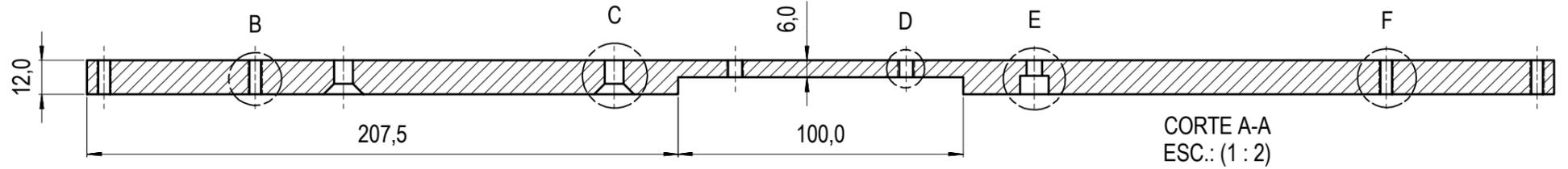
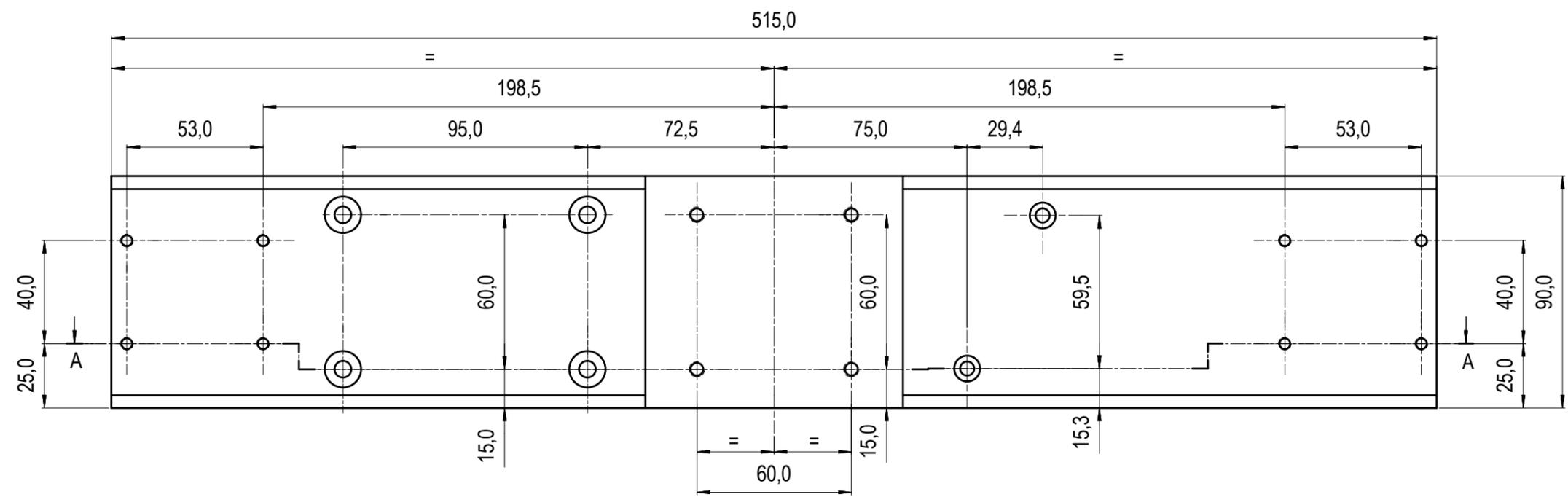


- NOTAS:
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
  2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
  3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS:	0,2
ELIMINAR REBABAS:	0,2

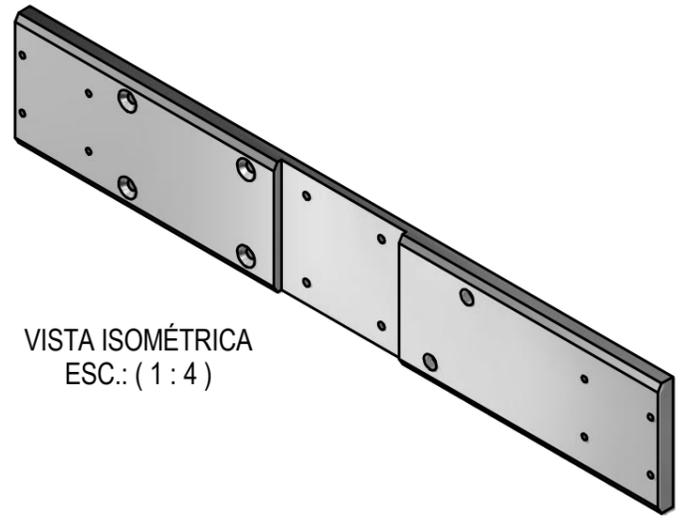
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 1045	4,728 kg	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	10/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	10/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	PLACA DE ROTACIÓN BASTIDOR			No. PIEZA.	REV.
1:2 (1:1 - 1:5)					01	A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO CARRO DEL BASTIDOR BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA 2 DE 9

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventación/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



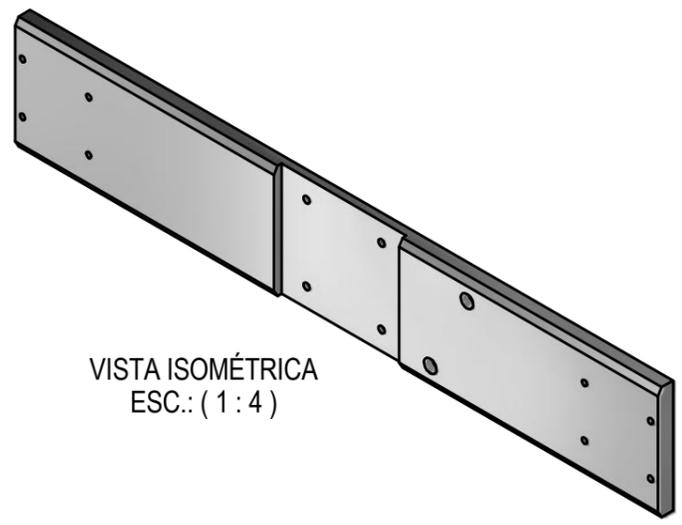
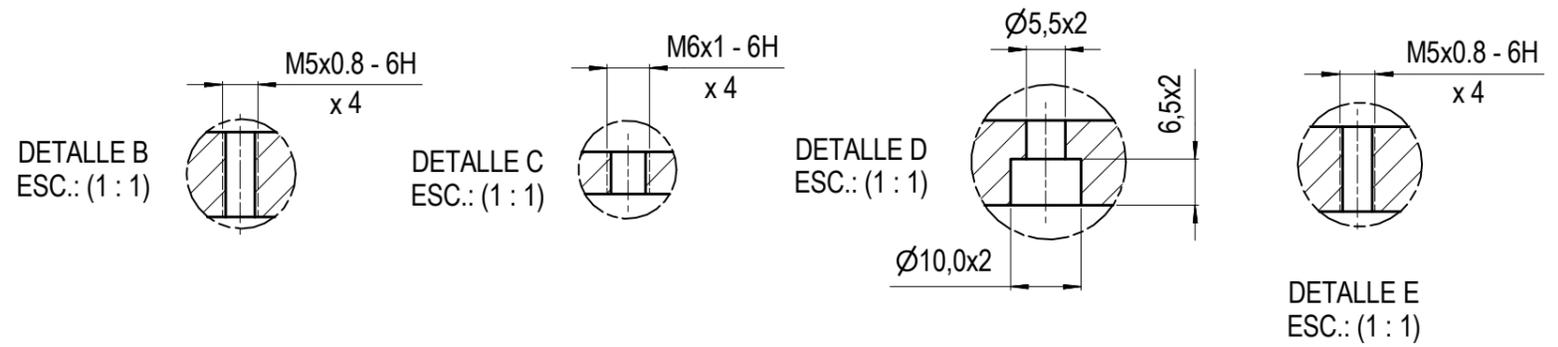
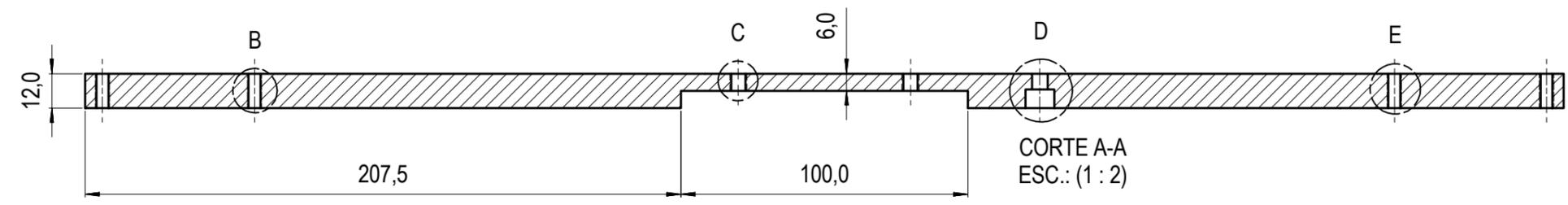
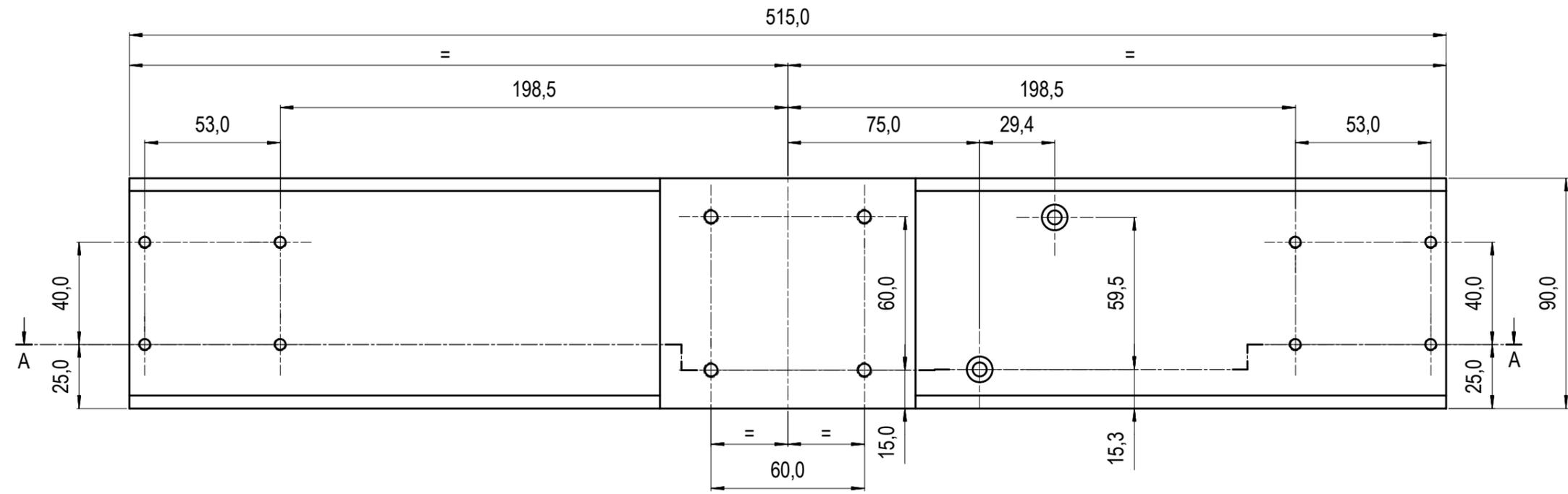
- NOTAS:
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
  2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
  3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	



MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 1045	3,853 kg	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	10/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	10/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA: 1:2 (1:1 - 1:4)	PIEZA	PLACA CARRO CONDUCTORA			No. PIEZA: 02	REV. A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO CARRO DEL BASTIDOR BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA 3 DE 9

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventivo/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, copiado o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

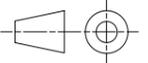


- NOTAS:
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
  2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
  3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

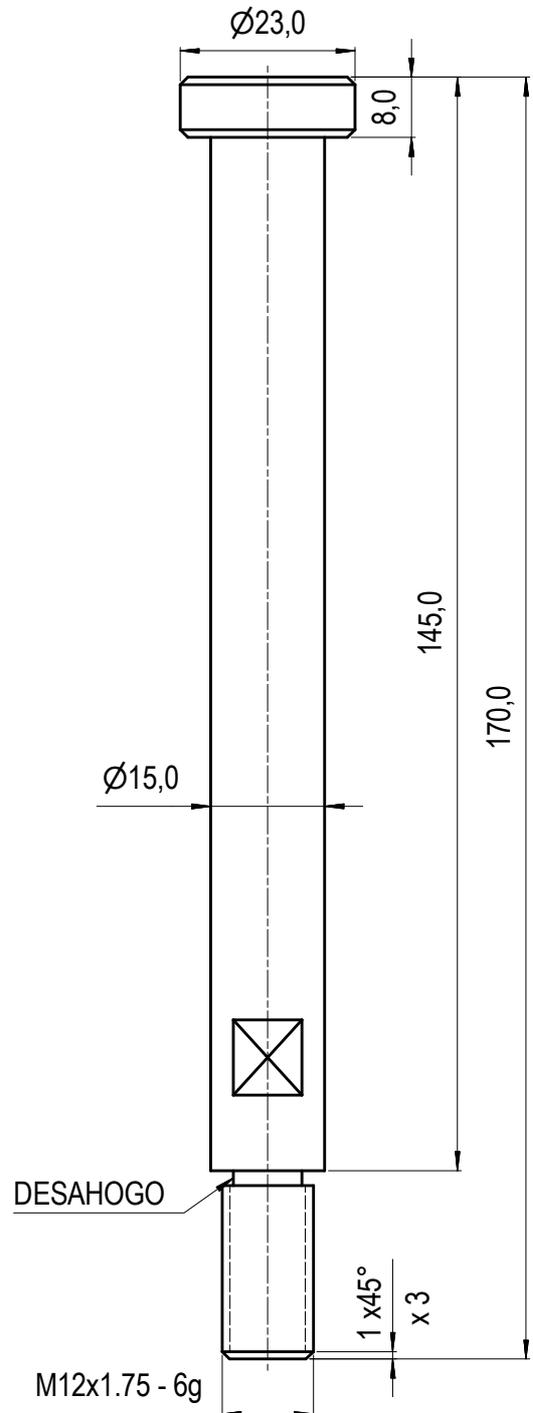
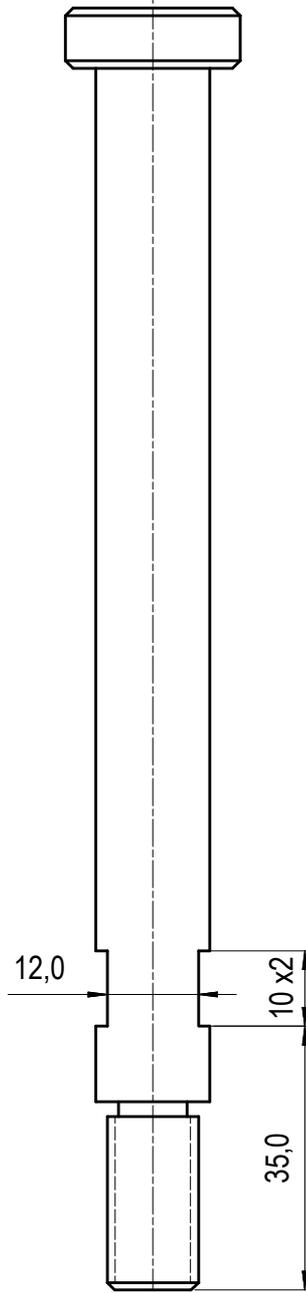
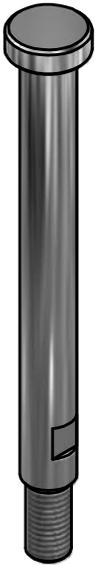
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL
SAE/AISI 1045	3,871 kg	N/A	N7	PAVONADO
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA
PROYECTÓ	10/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
DIBUJÓ	10/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque	
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto	


**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 INGENIERÍA MECATRÓNICA

ESCALA: 1:2 (1:1 - 1:4)	PIEZA	PLACA DEL CARRO CONDUCCIDA	No. PIEZA: 03	REV. A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO CARRO DEL BASTIDOR BANCO BALÍSTICO		PLANO HOJA 4 DE 9

**PROPIEDAD**  
 Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 2)



DESAHOGO

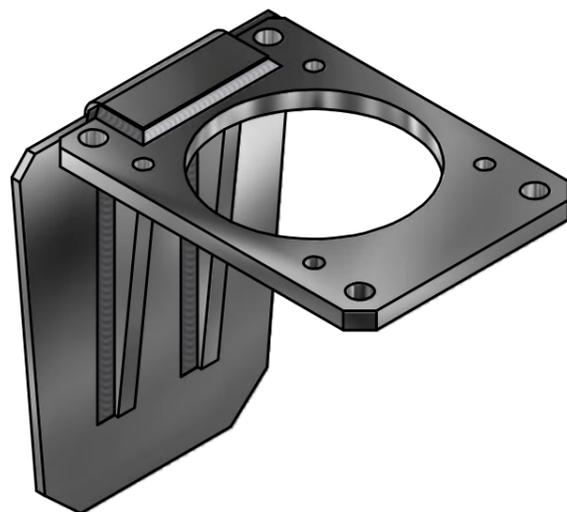
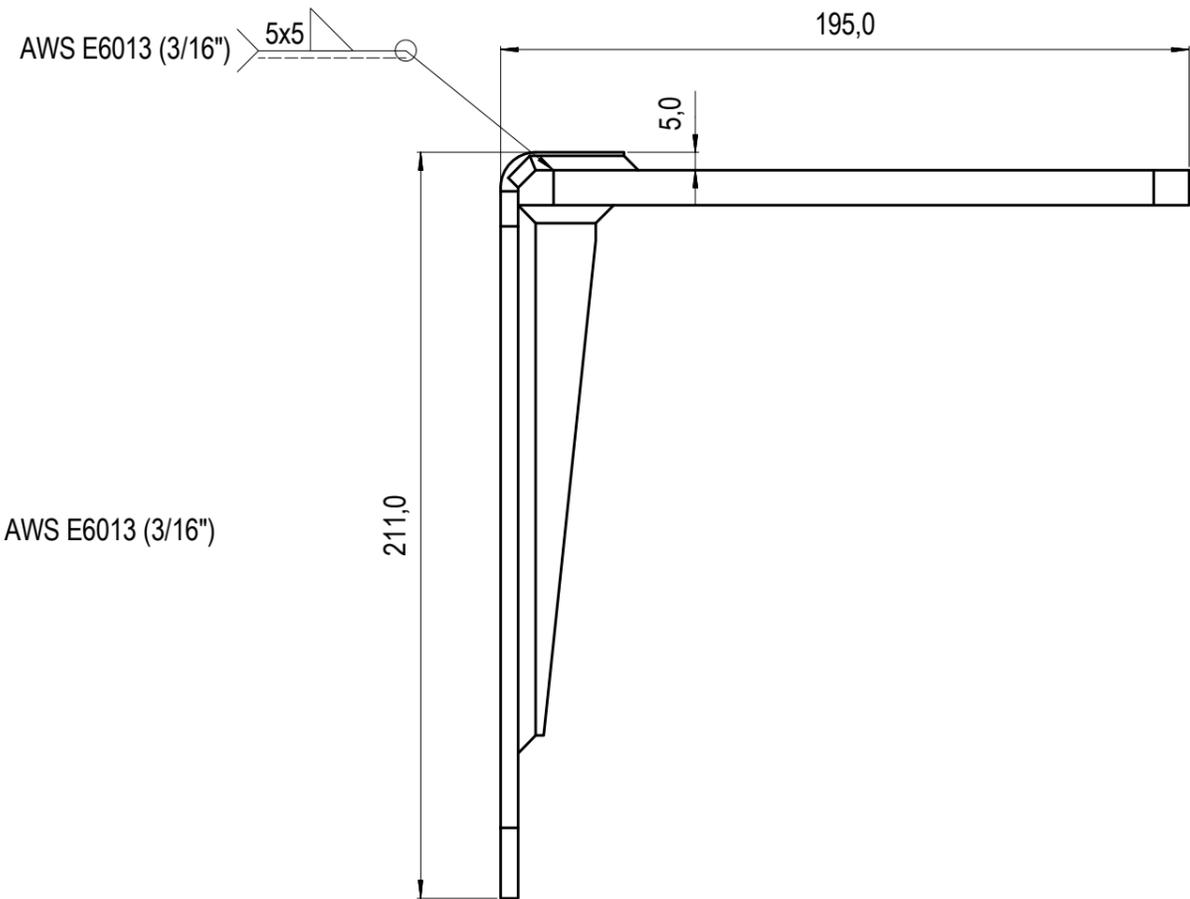
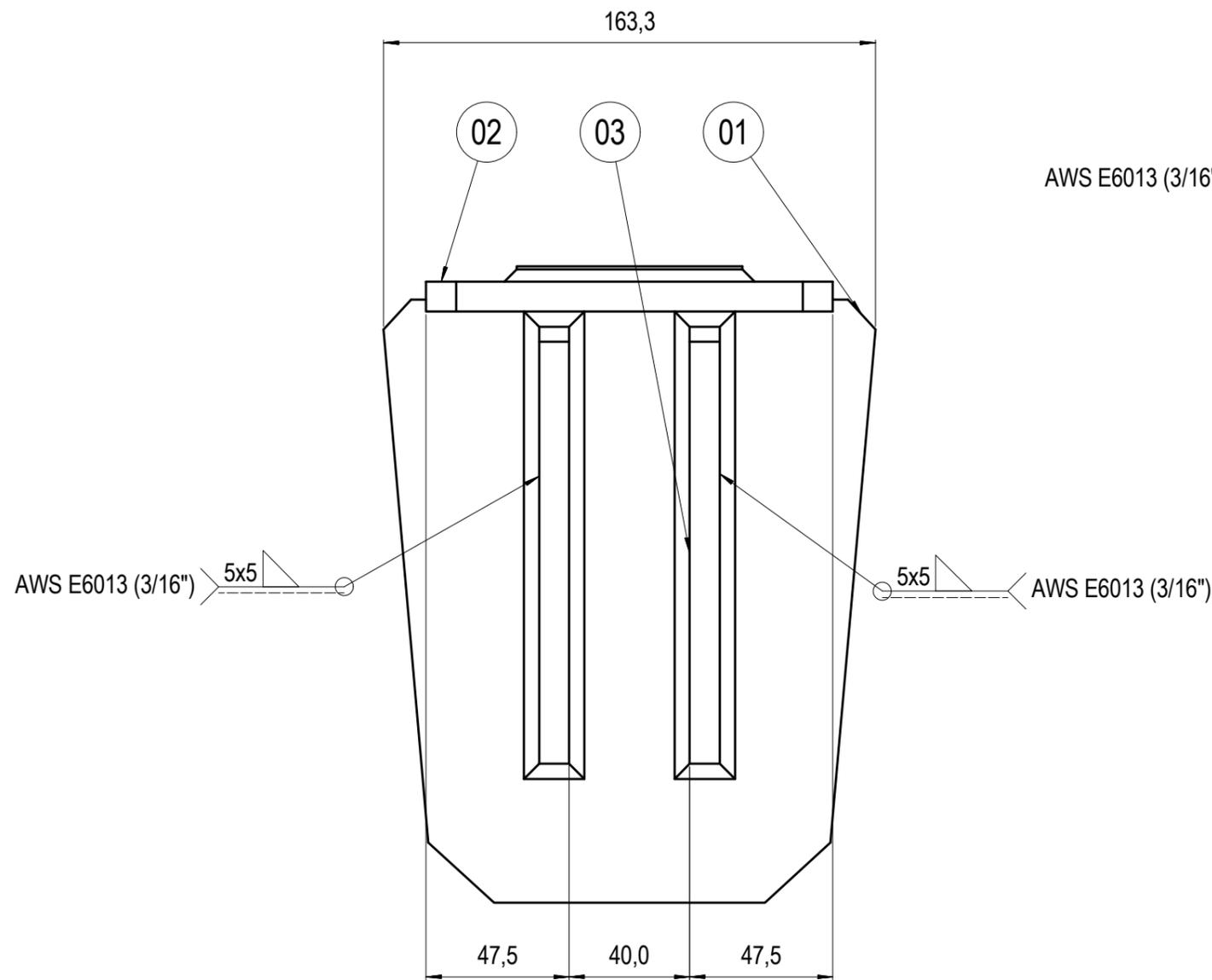
M12x1.75 - 6g

**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 1045	235,424 g	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	15/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	15/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	COLUMNA SOPORTE SERVO			No. PIEZA.	REV.
1:1					04	A
PERTENECE A		SUBCONJUNTO CARRO DEL BASTIDOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA 5 DE 9	



VISTA ISOMETRICA  
ESC.: ( 1 : 3 )

NOTAS:

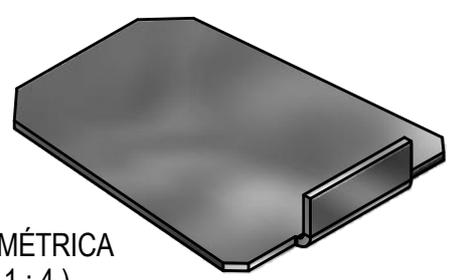
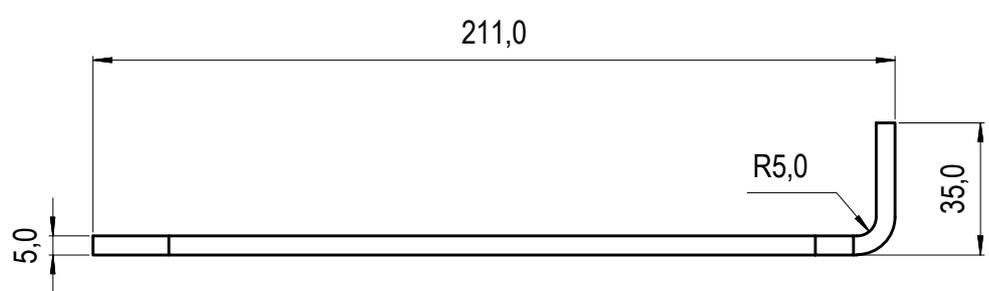
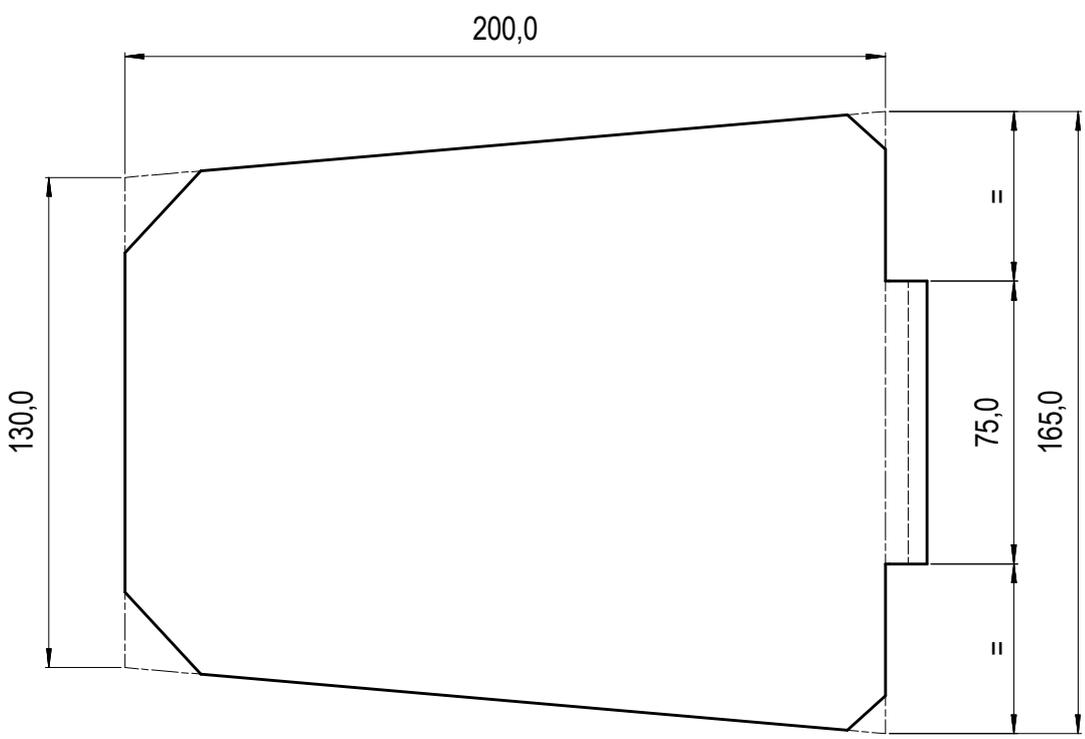
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

03	2	REFUERZO PROTECTOR SERVO				
02	1	PLACA SOPORTE SERVO				
01	1	PLACA PROTECTOR SERVO				
No.	CANT.	DESIGNACIÓN				
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
N/A	2,869 kg	N/A		PAVONADO		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTÓ	19/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	19/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		INGENIERÍA MECATRÓNICA	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	PROTECTOR SERVOMOTOR			No. PIEZA:	REV.
1:2 (1:3)					05	A
RADIOS INTERNOS: 0,2		PERTENECE A			PLANO HOJA	
ELIMINAR REBABAS: 0,2		SUBCONJUNTO CARRO DEL BASTIDOR BANCO BALÍSTICO			6 DE 9	

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

**PROPIEDAD**  
 Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventación/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

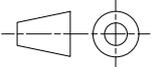


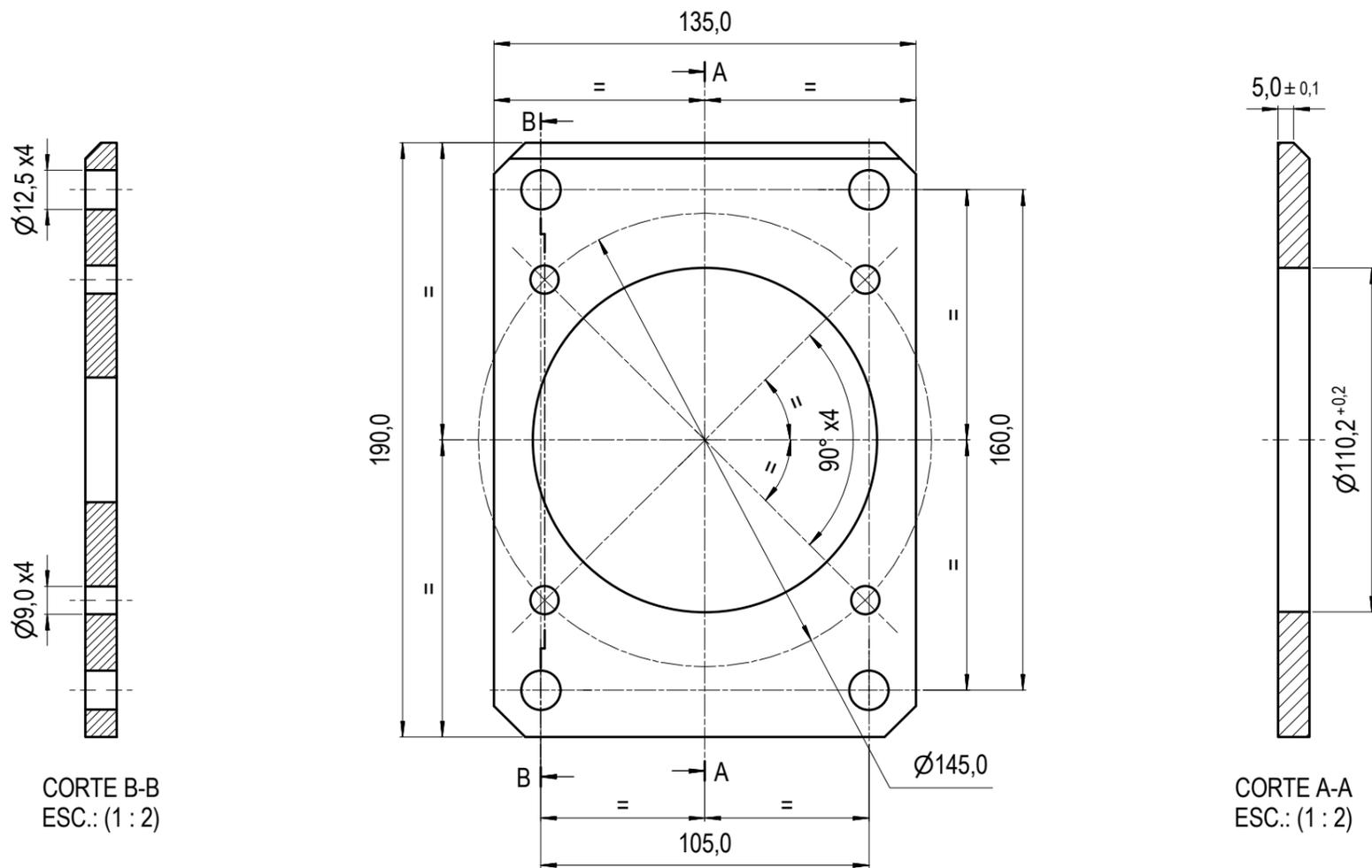
VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 4 )

**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

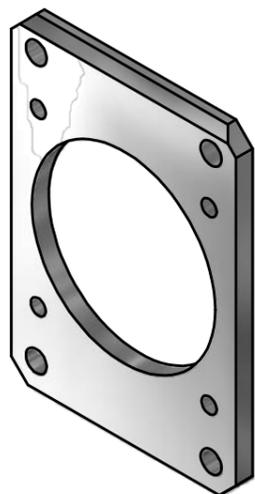
TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
SAE/AISI 1045	1,250 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	19/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	19/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	PLACA PROTECTOR SERVO			No. PIEZA.	REV.
1:2 (1:4)					01	A
	PERTENECE A	PROTECTOR SERVOMOTOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	7 DE 9



CORTE B-B  
ESC.: (1 : 2)

CORTE A-A  
ESC.: (1 : 2)



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 3)

NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

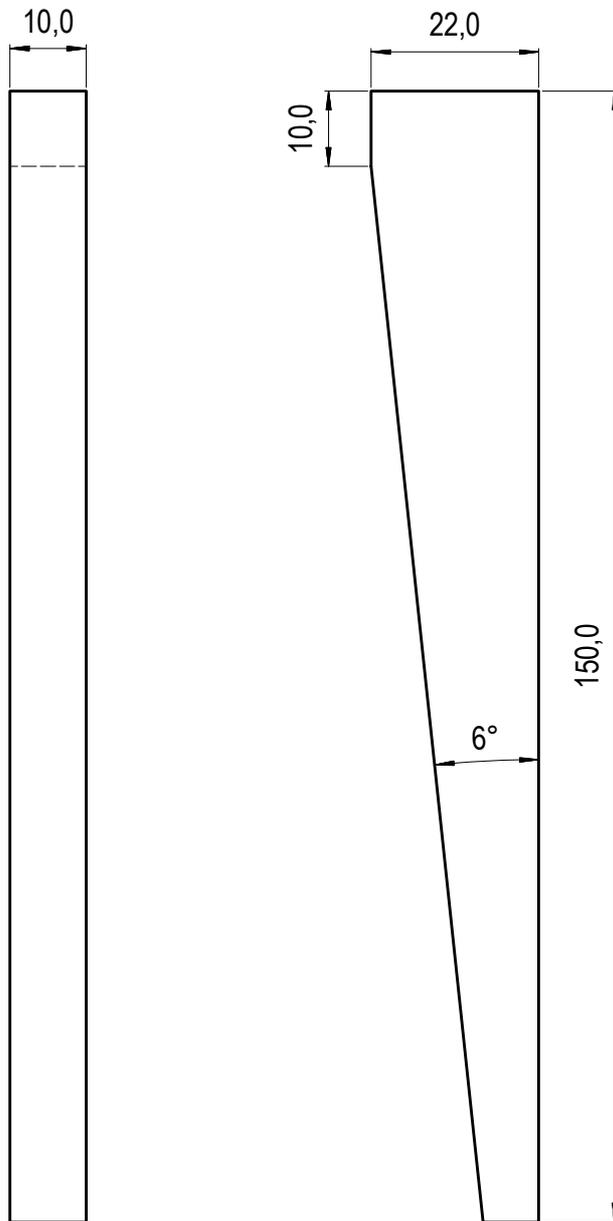
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
SAE/AISI 1045	1,182 kg	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	15/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	15/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA: 1:2 (1:3)	PIEZA	PLACA SOPORTE SERVO			No. PIEZA: 02	REV. A
	PERTENECE A	PROTECTOR SERVOMOTOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA 8 DE 9	

PROPIEDAD

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invención/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 2 )

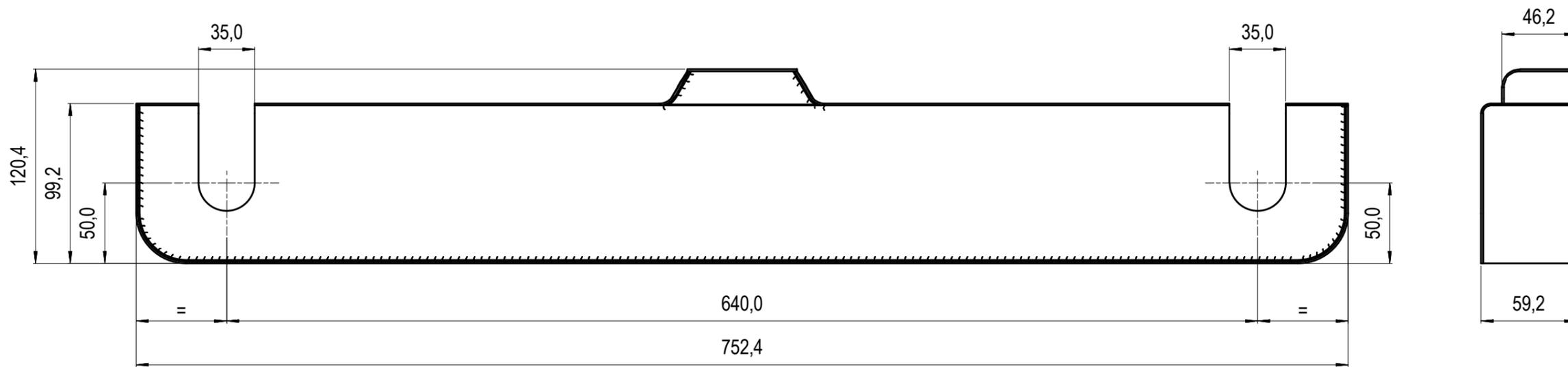


NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

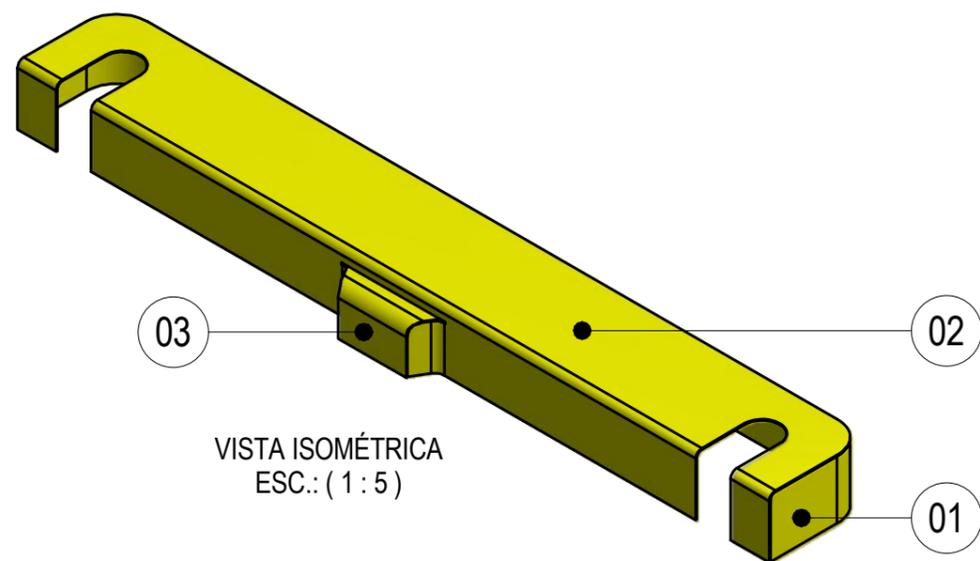
TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>  FACULTAD DE INGENIERÍA  INGENIERÍA MECATRÓNICA	
SAE/AISI 1045	0,178 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	19/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	19/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	REFUERZO PROTECTOR SERVO			No. PIEZA.	REV.
1:1					03	A
	PERTENECE A	PROTECTOR SERVOMOTOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	9 DE 9



NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. APLICAR SOLDADURA MIG Ó TIG A TODAS LAS JUNTAS.
5. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AMARILLO.



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 5 )

03	1	CUBIERTA TENSOR		
02	1	CUBIERTA SUPERIOR		
01	1	CUBIERTA INFERIOR		
No.	CANT.	DESIGNACIÓN		
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL
N/A	1,543 kg	N/A	N/A	VER NOTA 5.
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA
PROYECTÓ	28/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
DIBUJÓ	28/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque	
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto	
ESCALA: 1:5 (1:3)	PIEZA	CUBIERTA CADENA DE POTENCIA		No. PIEZA. 08
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO ESTRUCTURA BASE BANCO BALÍSTICO		REV. A



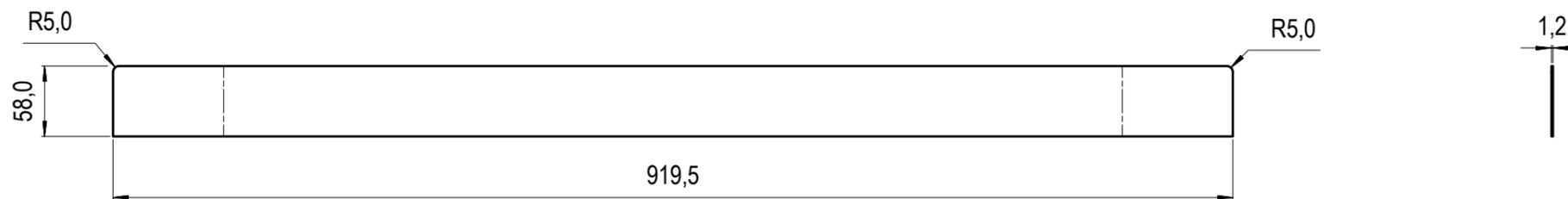
**UNIVERSIDAD DE  
SAN BUENAVENTURA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

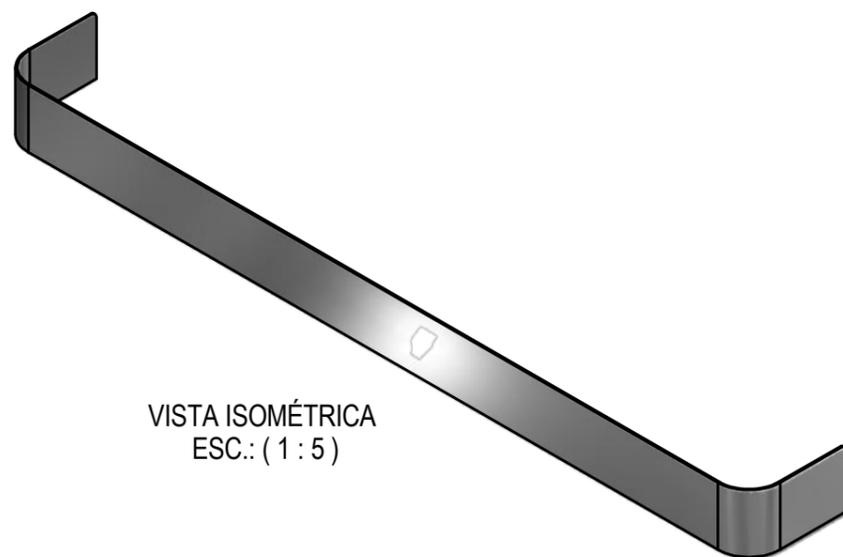
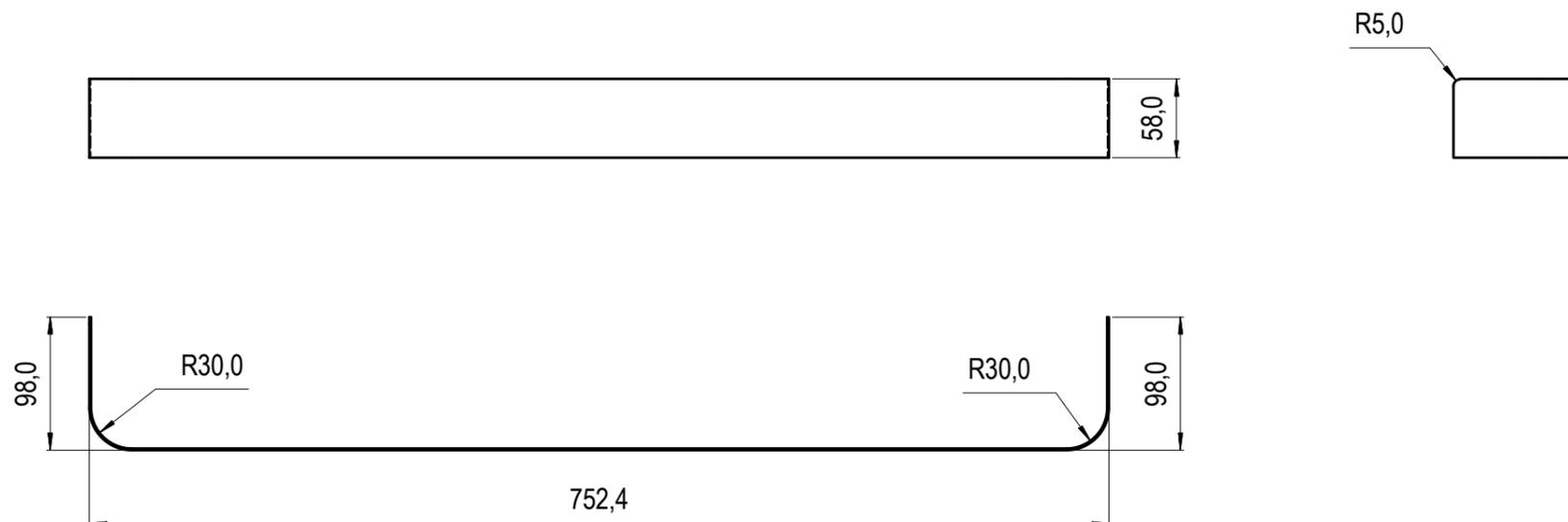
INGENIERÍA MECATRÓNICA

PLANO  
HOJA  
1 DE 4

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



DESARROLLO



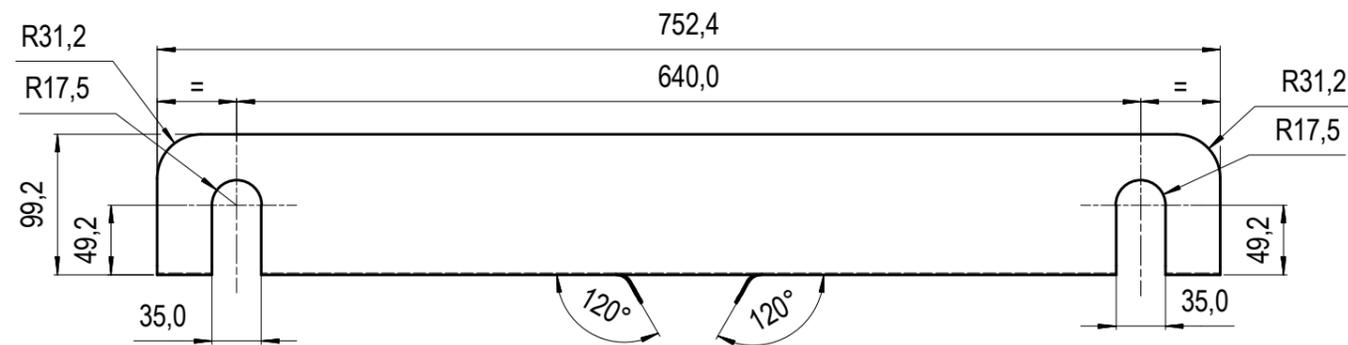
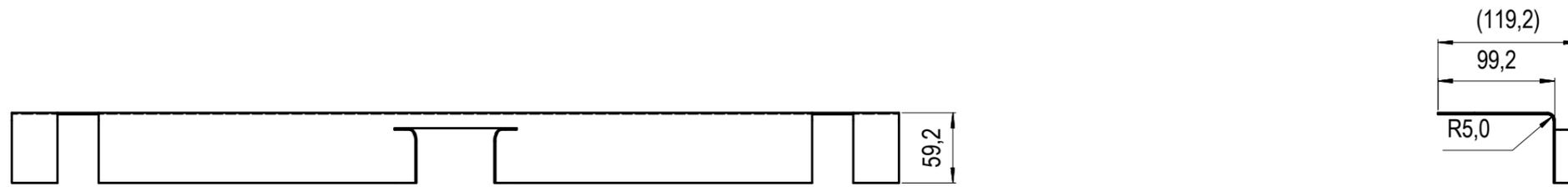
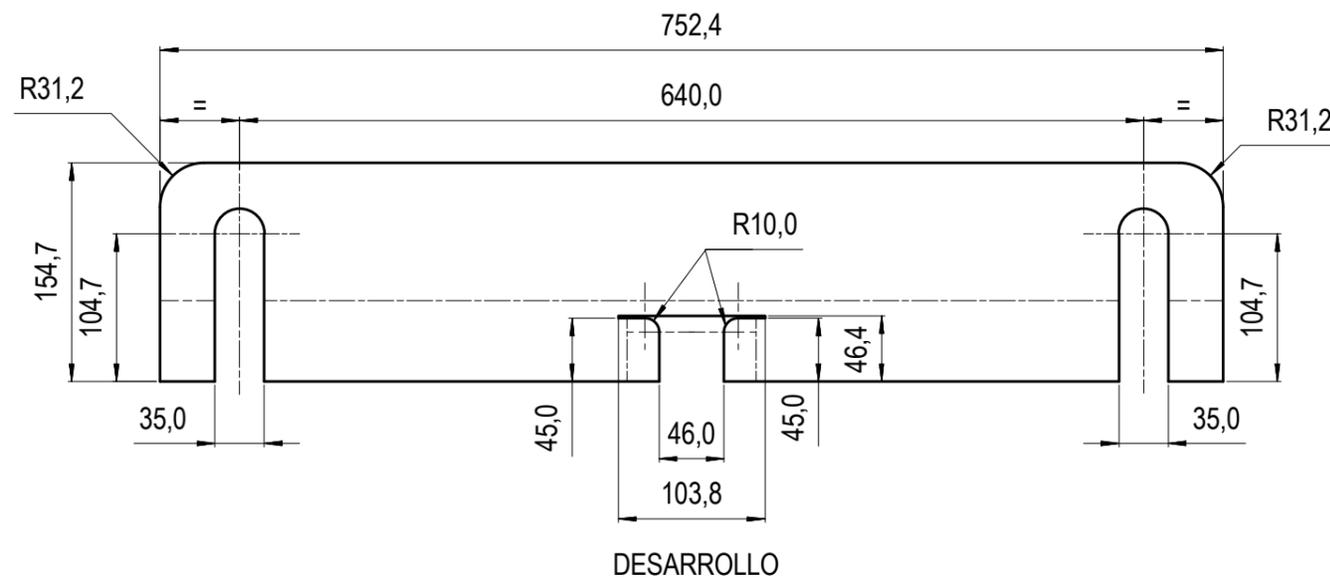
VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1:5)

NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. ESPESOR DE LAMINA 1,2 mm (CAL.: 18).

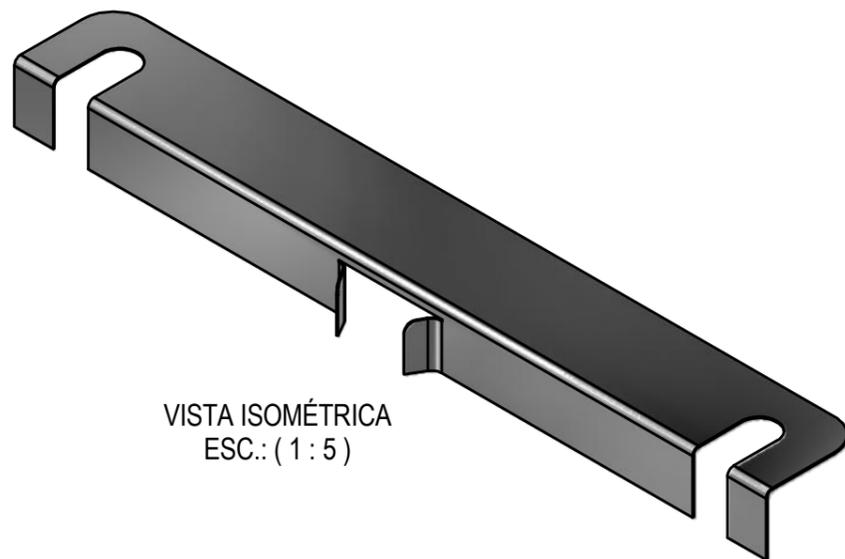
TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS:	0,2
ELIMINAR REBABAS:	0,2

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
COLD ROLLED	0,502 kg	N/A	N/A	N/A		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	28/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	28/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	CUBIERTA INFERIOR			No. PIEZA.	REV.
1:5					01	A
	PERTENECE A	CUBIERTA CADENA DE POTENCIA BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	2 DE 4

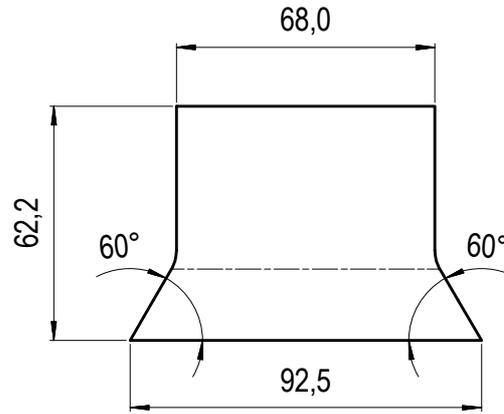


NOTAS:

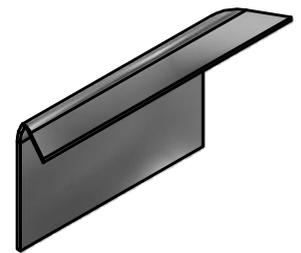
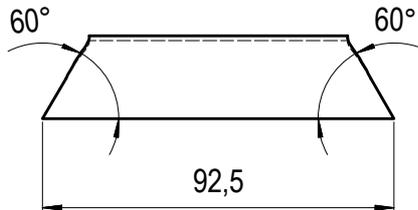
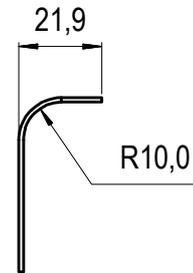
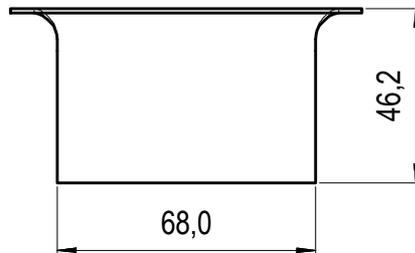
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. ESPESOR DE LAMINA 1,2 mm (CAL.: 18).



MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
COLD ROLLED	0,994 kg	N/A	N/A	N/A		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	28/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	28/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA: 1:5	PIEZA	CUBIERTA SUPERIOR			No. PIEZA: 02	REV. A
	PERTENECE A	CUBIERTA CADENA DE POTENCIA BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA 3 DE 4	



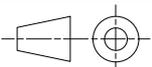
DESARROLLO



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 2 )

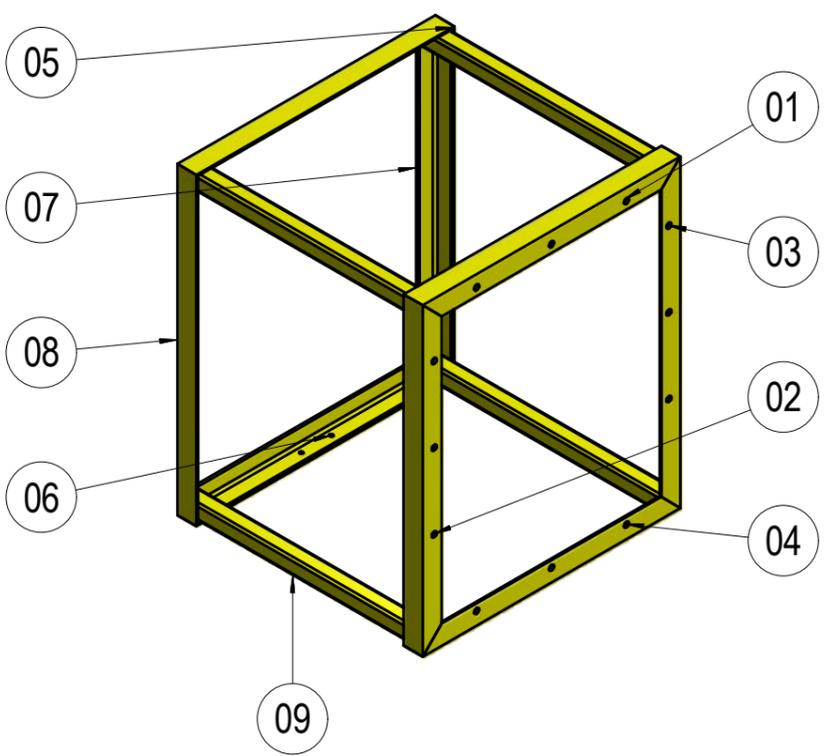
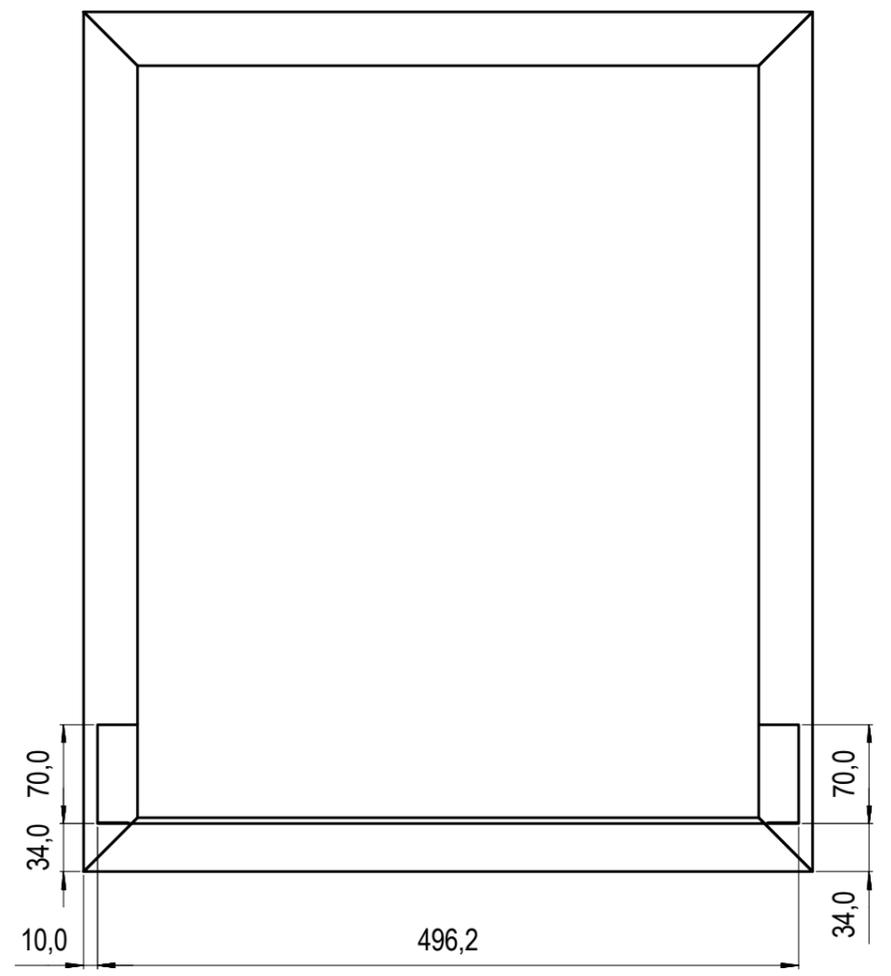
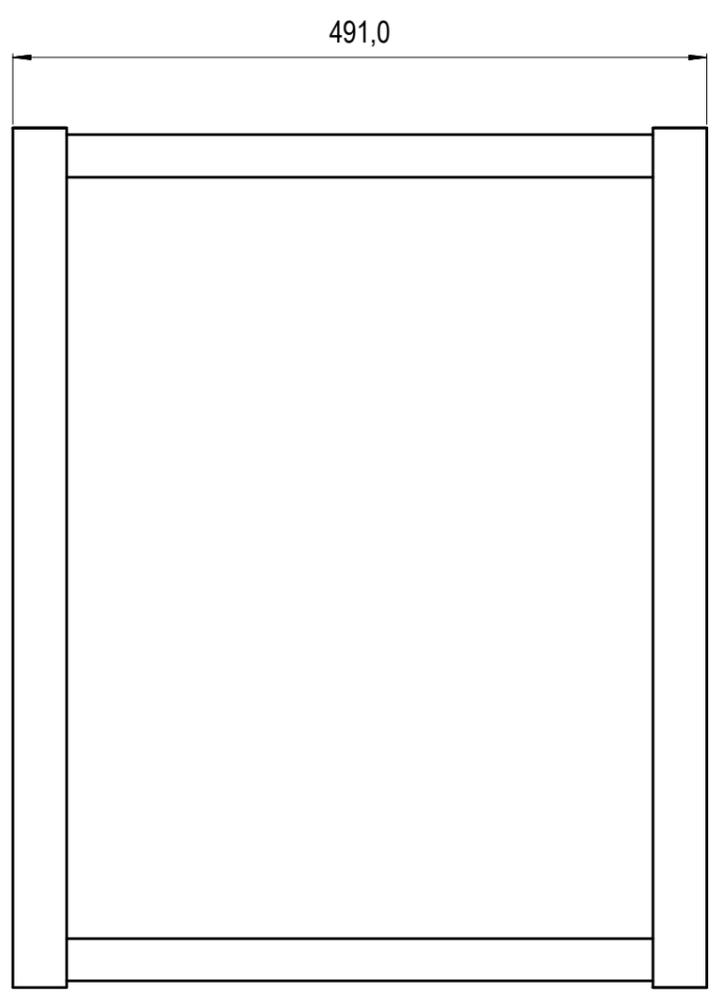
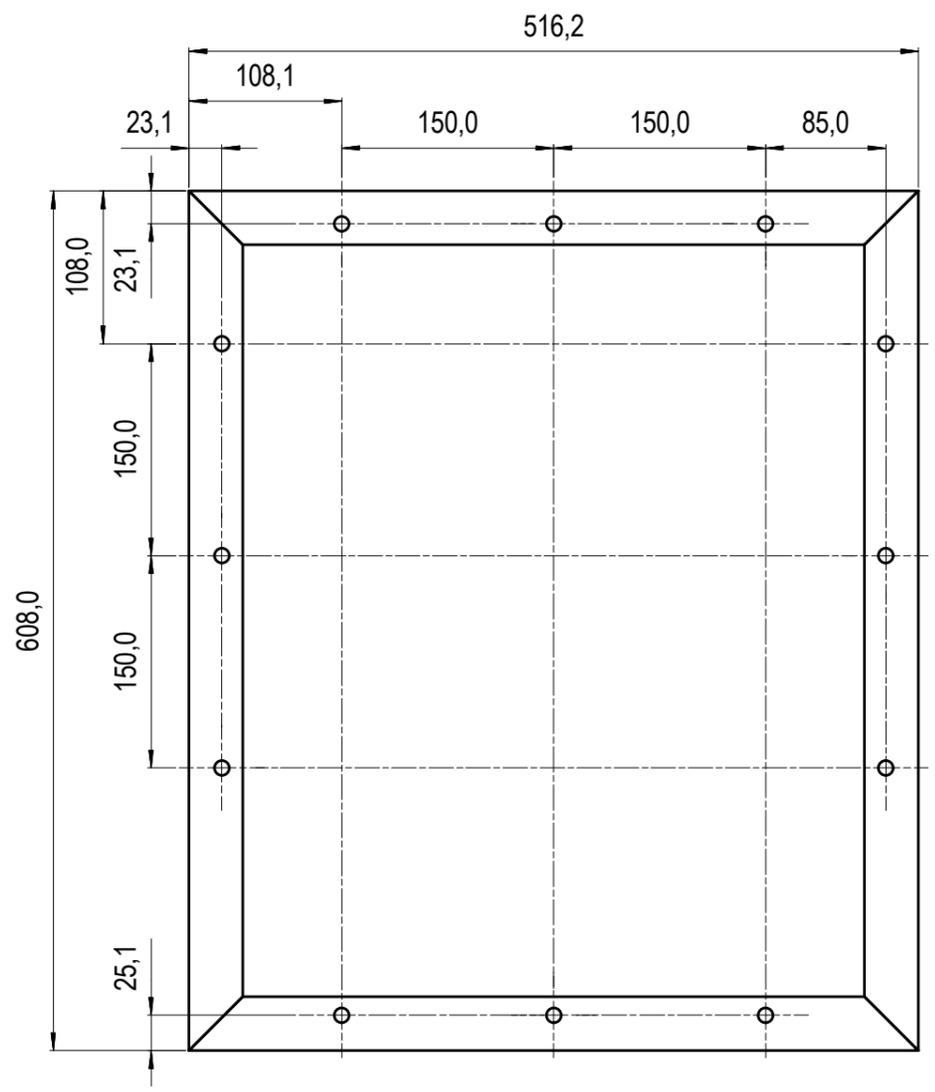
NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. ESPESOR DE LAMINA 1,2 mm (CAL.: 18).

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
COLD ROLLED	0,042 kg	N/A	N/A	N/A		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	28/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	28/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
ESCALA:	PIEZA				No. PIEZA.	REV.
1:2		CUBIERTA TENSOR			03	A
	PERTENECE A	CUBIERTA CADENA DE POTENCIA BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	4 DE 4

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventivo/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

**PROPIEDAD**



**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. SOLDAR TODAS LAS JUNTAS CON SOLDADURA AWS E6013 (5/32").
5. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AMARILLO.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

No.	CANT.	DESIGNACIÓN
09	4	PERFIL CUADRADO
08	1	PERFIL POSTERIOR IZQUIERDO
07	1	PERFIL POSTERIOR DERECHO
06	1	PERFIL POSTERIOR INFERIOR
05	1	PERFIL POSTERIOR SUPERIOR
04	1	PERFIL FRONTAL INFERIOR
03	1	PERFIL FRONTAL DERECHO
02	1	PERFIL FRONTAL IZQUIERDO
01	1	PERFIL FRONTAL SUPERIOR

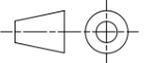
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL
N/A	14,631 kg	N/A		VER NOTA 5
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA
PROYECTÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
DIBUJÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque	
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto	



**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA**

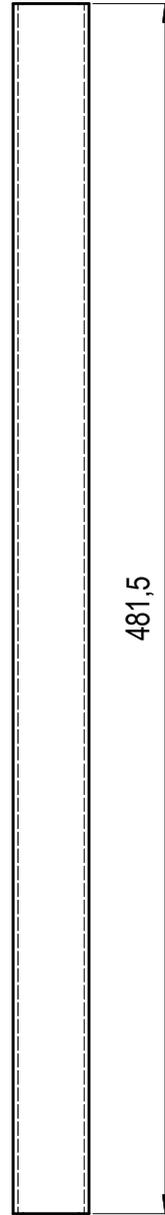
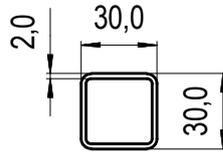
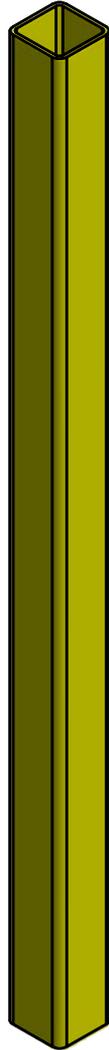
FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECATRÓNICA

ESCALA: 1:5 (1:10)	PIEZA	ESQUELETO BASTIDOR	No. PIEZA: 09	REV. A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO		PLANO HOJA 1 DE 10

**PROPIEDAD**  
 Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventoría/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

VISTA ISOMÉTRICA  
 ESC.: ( 1 : 3 )



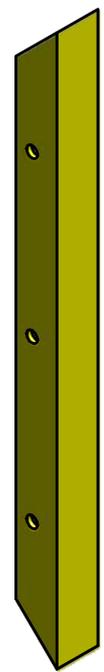
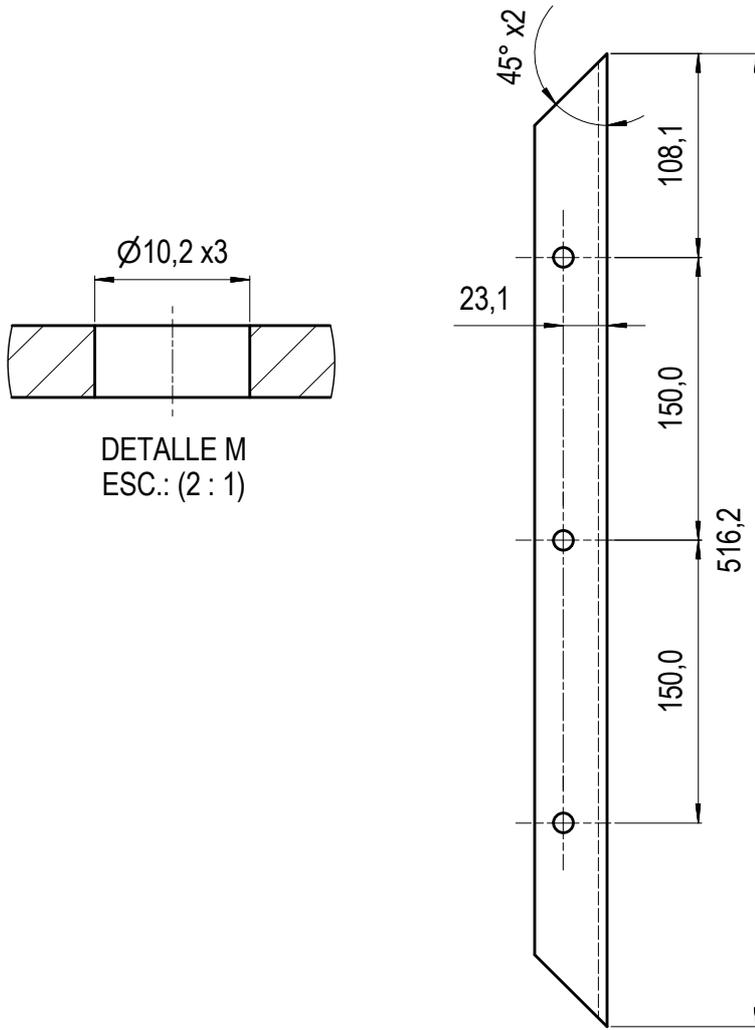
**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. OBTENER PIEZA DE PERFIL CUADRADO DE 30x30x2

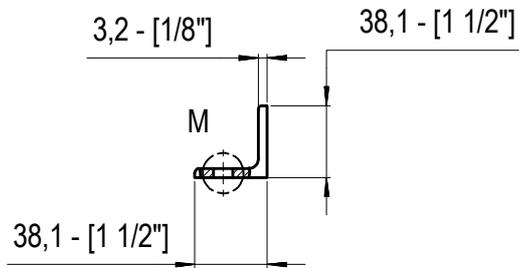
TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS:	0,2
ELIMINAR REBABAS:	0,2

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
ASTM A36	0,808 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	PERFIL CUADRADO			No. PIEZA.	REV.
1:3					09	A
	PERTENECE A	ESQUELETO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	2 DE 10

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



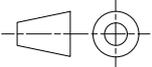
VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 5)



NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. OBTENER PIEZA DE ÁNGULO DE ALAS IGUALES DE 1,5"x1,5"x1/8"

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

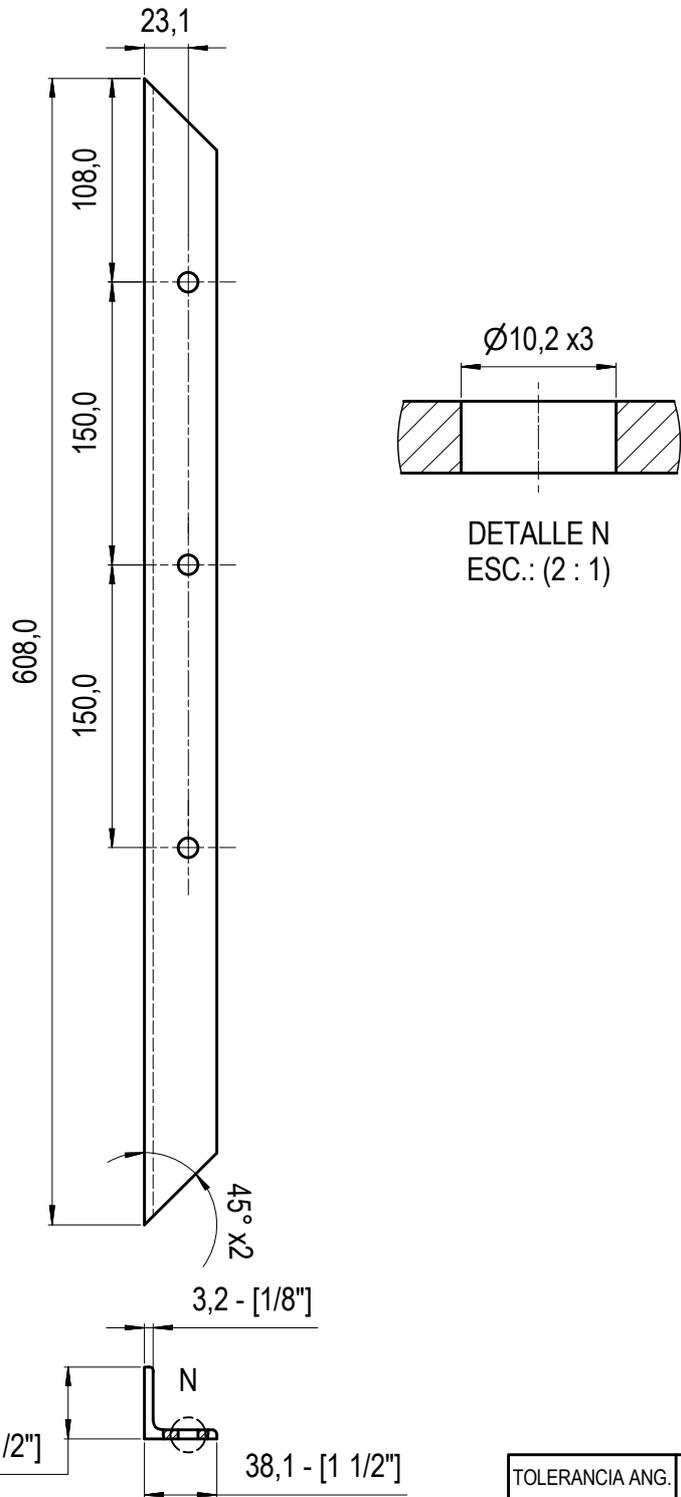
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
ASTM A36	1,321 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	PERFIL FRONTAL SUPERIOR			No. PIEZA.	REV.
1:4 (1:5 - 2:1)					01	A
	PERTENECE A	ESQUELETO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	3 DE 10

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inención/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 5 )



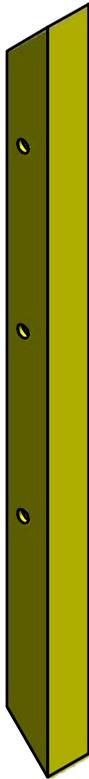
**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. OBTENER PIEZA DE ÁNGULO DE ALAS IGUALES DE 1,5"x1,5"x1/8"

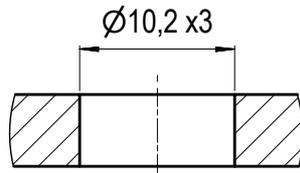
TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <p><b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b></p>	
ASTM A36	1,568 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		<p><b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b></p> <p><b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b></p>	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
ESCALA:	PIEZA				No. PIEZA.	REV.
1:4 (1:5 - 2:1)		PERFIL FRONTAL IZQUIERDO			02	A
PERTENECE A		ESQUELETO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA
						4 DE 10

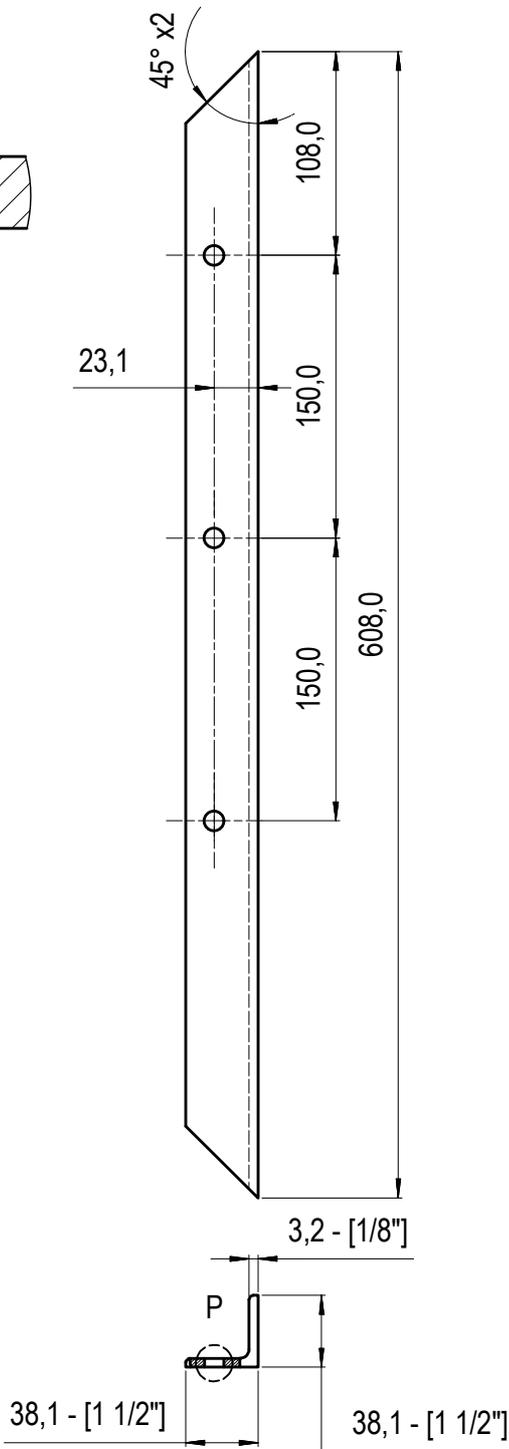
Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inención/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 5 )



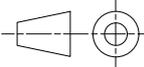
DETALLE P  
ESC.: ( 2 : 1 )



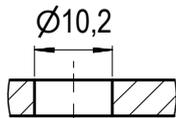
NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. OBTENER PIEZA DE ÁNGULO DE ALAS IGUALES DE 1,5"x1,5"x1/8"

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>  FACULTAD DE INGENIERÍA  INGENIERÍA MECATRÓNICA	
ASTM A36	1,568 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	16/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	PERFIL FRONTAL DERECHO			No. PIEZA.	REV.
1:4 (1:5 - 2:1)					03	A
	PERTENECE A	ESQUELETO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	5 DE 10

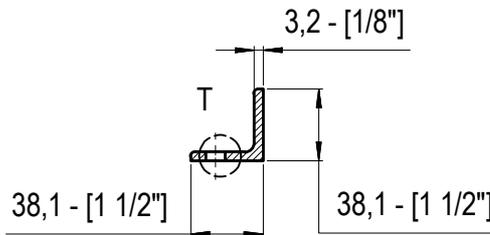
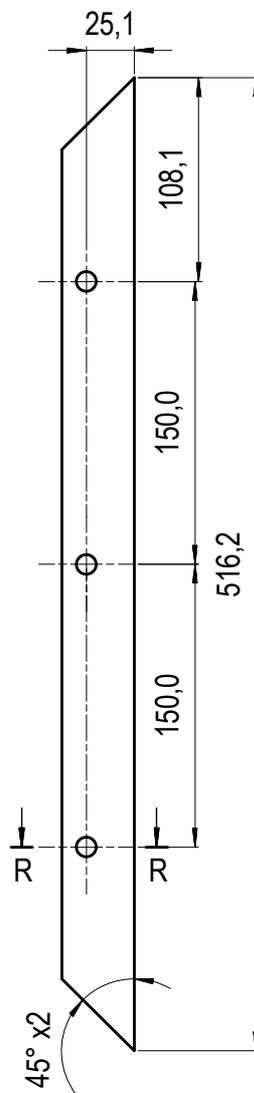
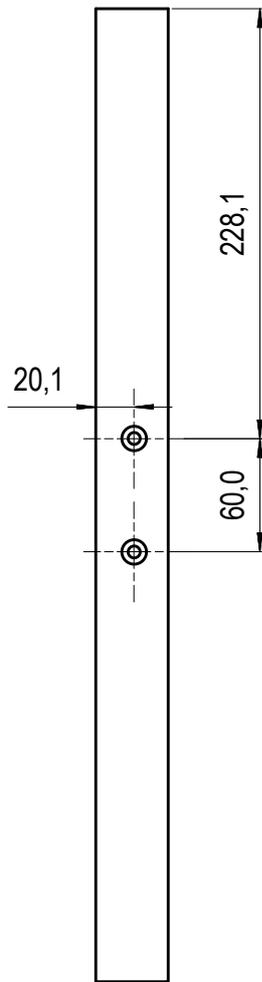
Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inención/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



DETALLE T  
ESC.: (1 : 1)



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 5)



CORTE R-R  
ESC.: (1 : 4)

NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. OBTENER PIEZA DE ÁNGULO DE ALAS IGUALES DE 1,5"x1,5"x1/8"

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

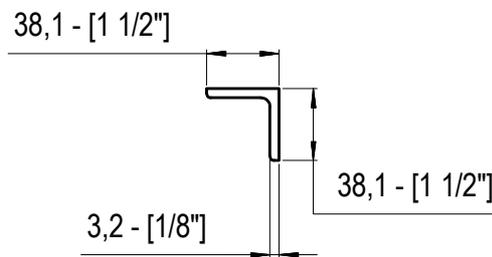
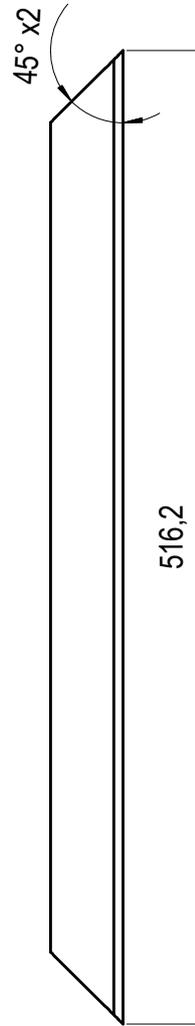
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERÍA MECATRÓNICA	
ASTM A36	1,316 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA: 1:4 (1:5 - 2:1)	PIEZA	PERFIL FRONTAL INFERIOR			No. PIEZA. 04	REV. A
	PERTENECE A	ESQUELETO BASTIDOR BACNO BALÍSTICO			PLANO HOJA 6 DE 10	

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventos/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



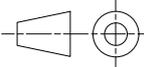
VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 5 )



**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. OBTENER PIEZA DE ÁNGULO DE ALAS IGUALES DE 1,5"x1,5"x1/8"

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

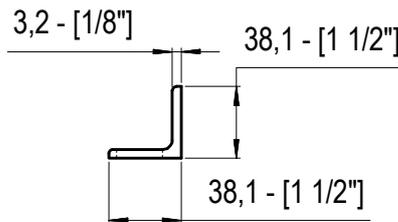
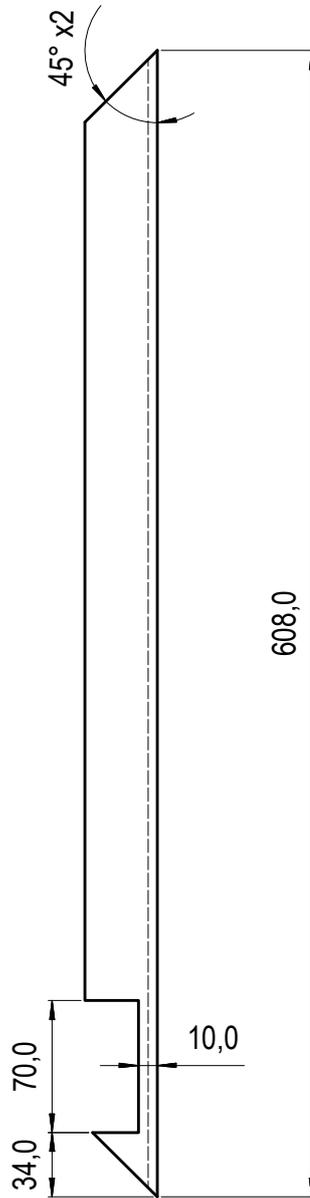
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
ASTM A36	1,330 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	PERFIL POSTERIOR SUPERIOR			No. PIEZA.	REV.
1:4 (1:5)					05	A
	PERTENECE A	ESQUELETO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA 7 DE 10	

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inención/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 5 )



**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. OBTENER PIEZA DE ÁNGULO DE ALAS IGUALES DE 1,5"x1,5"x1/8"

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

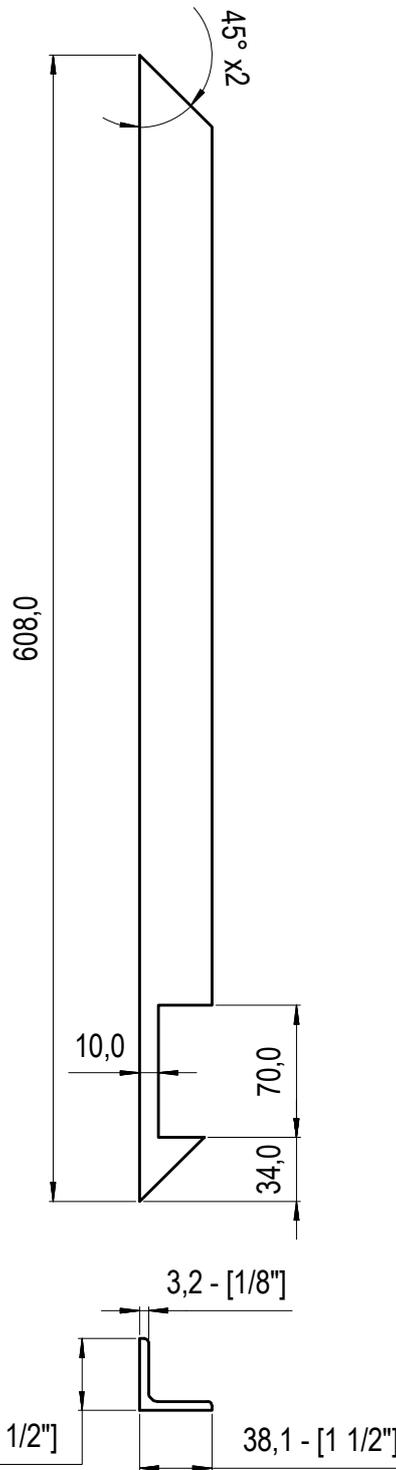
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
ASTM A36	1,504 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	PERFIL POSTERIOR IZQUIERDO			No. PIEZA.	REV.
1:4 (1:5)					08	A
	PERTENECE A	ESQUELETO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA 8 DE 10	

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventación/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 5 )

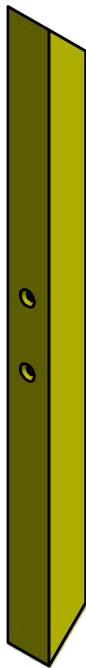
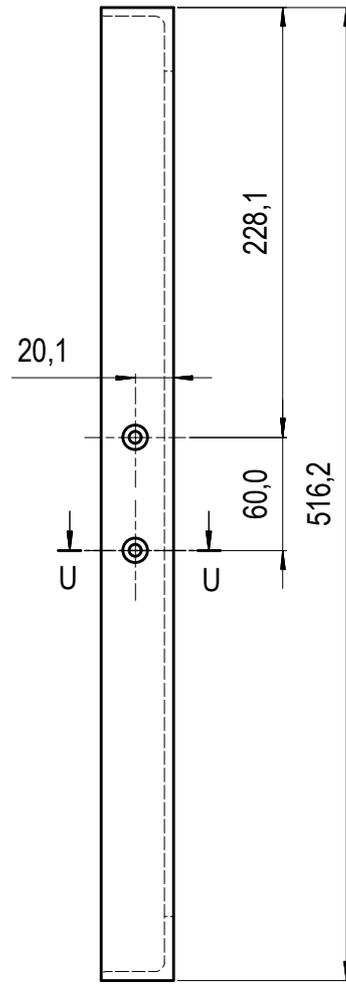
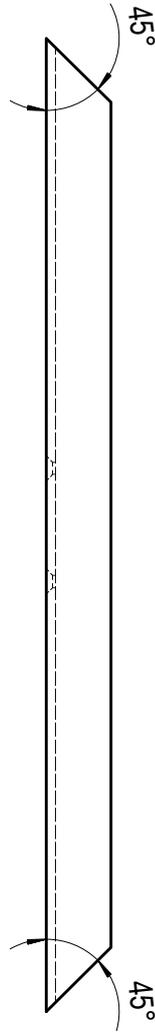
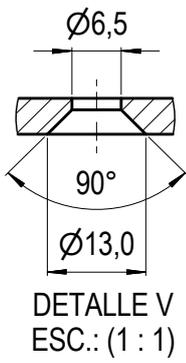


**NOTAS:**

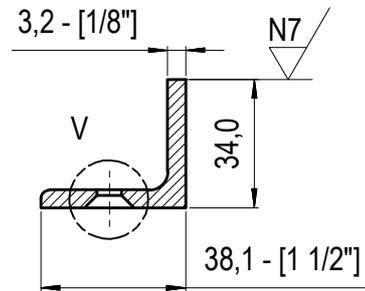
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. OBTENER PIEZA DE ÁNGULO DE ALAS IGUALES DE 1,5"x1,5"x1/8"

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <p><b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b></p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA</p> <p>INGENIERÍA MECATRÓNICA</p>	
ASTM A36	1,504 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	PERFIL POSTERIOR DERECHO			No. PIEZA.	REV.
1:4 (1:5)					07	A
	PERTENECE A	ESQUELETO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA 9 DE 10



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 5 )

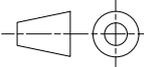


CORTE U-U  
ESC.: ( 1 : 2 )

NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. OBTENER PIEZA DE ÁNGULO DE ALAS IGUALES DE 1,5"x1,5"x1/8"

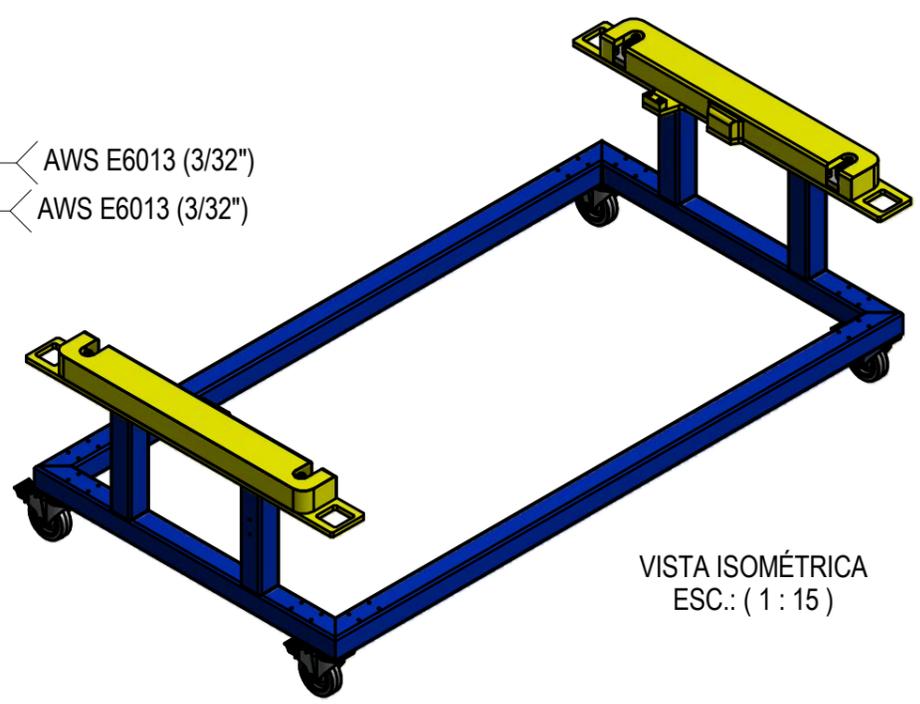
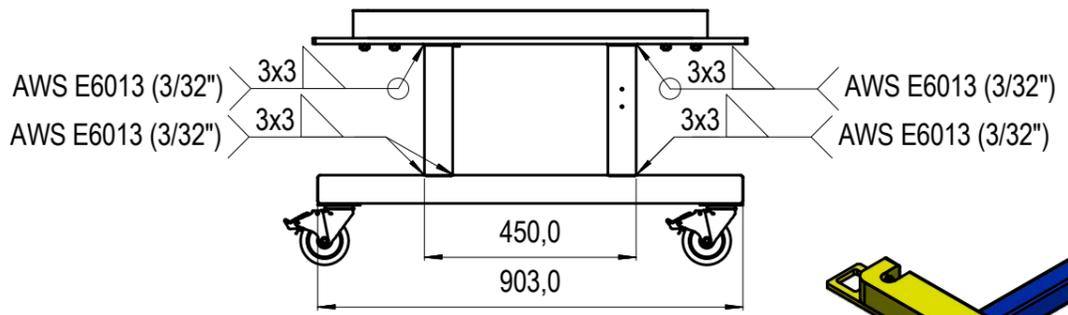
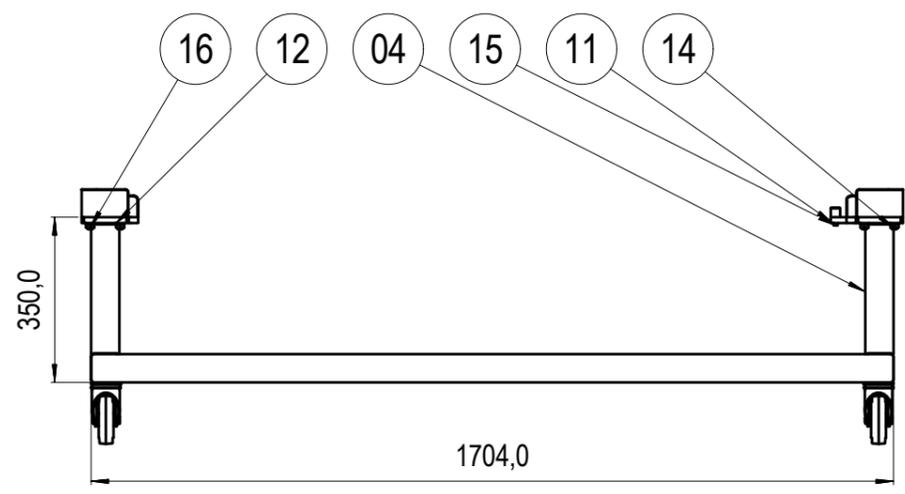
TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
ASTM A36	1,261 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
ESCALA:	PIEZA	PERFIL POSTERIOR INFERIOR			No. PIEZA.	REV.
1:4 (1:2 - 1:5)					06	A
	PERTENECE A	ESQUELETO BASTIDOR BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA 10 DE 10

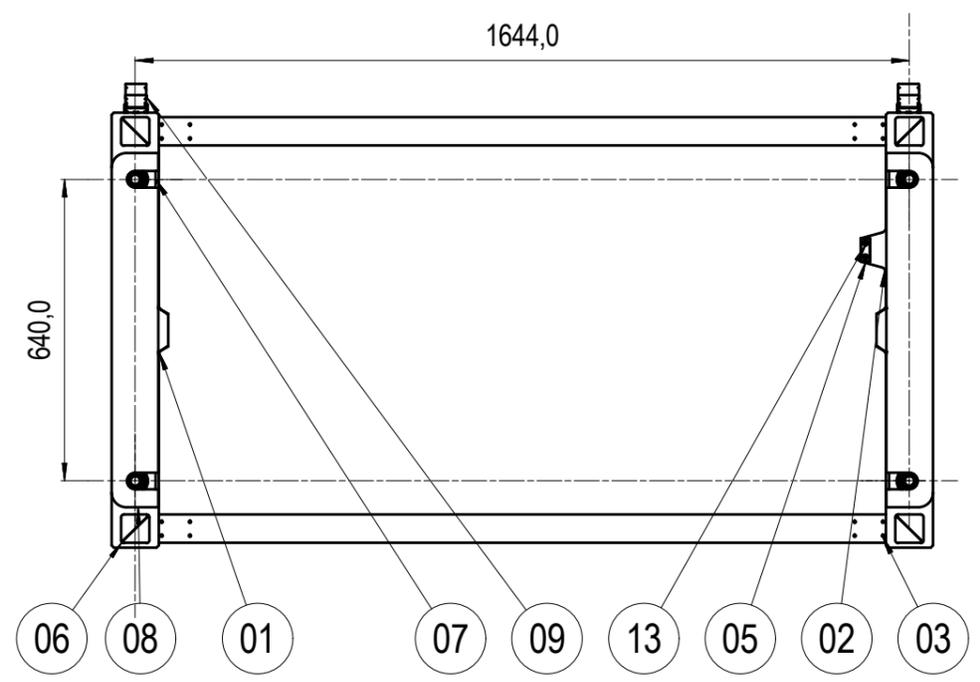
**PROPIEDAD**  
 Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventario/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

PROPIEDAD



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 15 )

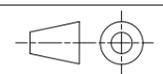


16	16	TUERCA HEXAGONAL M10 (DIN 934)
15	2	TUERCA HEXAGONAL M5 (DIN 934)
14	16	TORNILLO ALLEN M10x40 (DIN 912)
13	2	TORNILLO ALLEN M5x30 (DIN 912)
12	16	ARANDELA DE PRESIÓN Ø10 (DIN 127)
11	2	ARANDELA DE PRESIÓN Ø5 (DIN 127)
10	2	ARANDELA Ø5 (DIN 125)
09	4	RODACHINA CON FRENO
08	2	CUBIERTA CADENA DE POTENCIA
07	4	CHUMACERA SKF (FYK 20 TF)
06	2	PERFIL BASE CORTO
05	1	TOPE FINAL
04	4	PERFIL BASE COLUMNA
03	2	PERFIL BASE LARGO
02	1	SOPORTE TORNILLOS EJE Y (DERECHO)
01	1	SOPORTE TORNILLOS EJE Y (IZQUIERDO)
No.	CANT.	DESIGNACIÓN

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERÍA MECATRÓNICA
N/A	53,112 kg	N/A	N/A	N/A	
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	
PROYECTÓ	04/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		
DIBUJÓ	04/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque		
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto		

- NOTAS:
- MEDIDAS EN MILÍMETROS.
  - MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
  - ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
  - APLICAR SOLDADURA AWS E6013 EN LAS JUNTAS DEL MARCO BASE DE LA ESTRUCTURA.
  - SOLDAR LAS RUEDAS EN LA BASE DEL MARCO DE LA ESTRUCTURA CON SOLDADURA AWS E6013.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS:	0,2
ELIMINAR REBABAS:	0,2



PERTENECE A

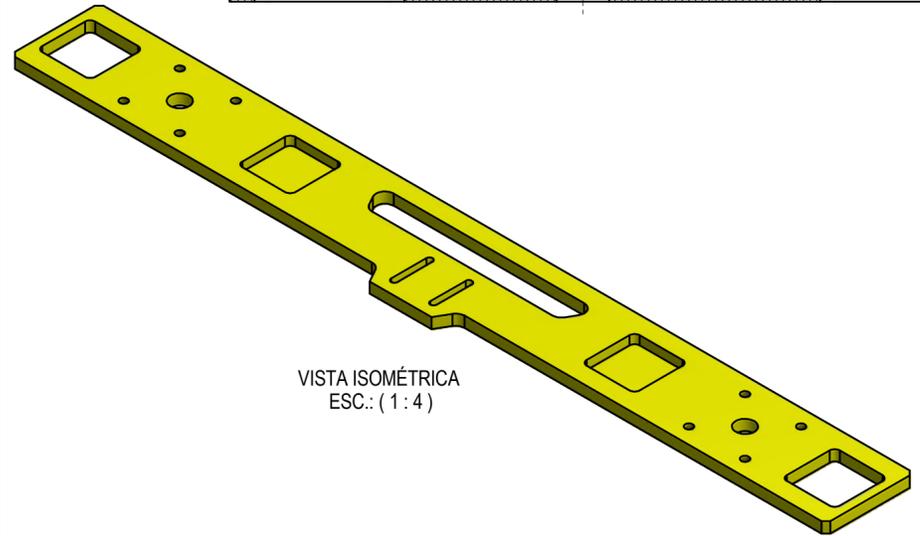
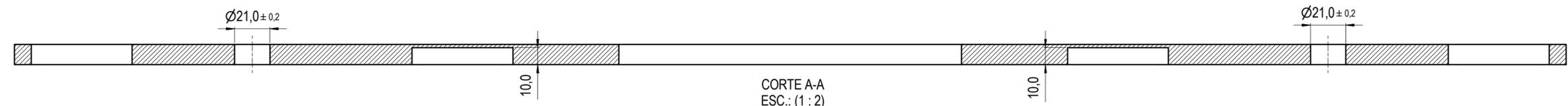
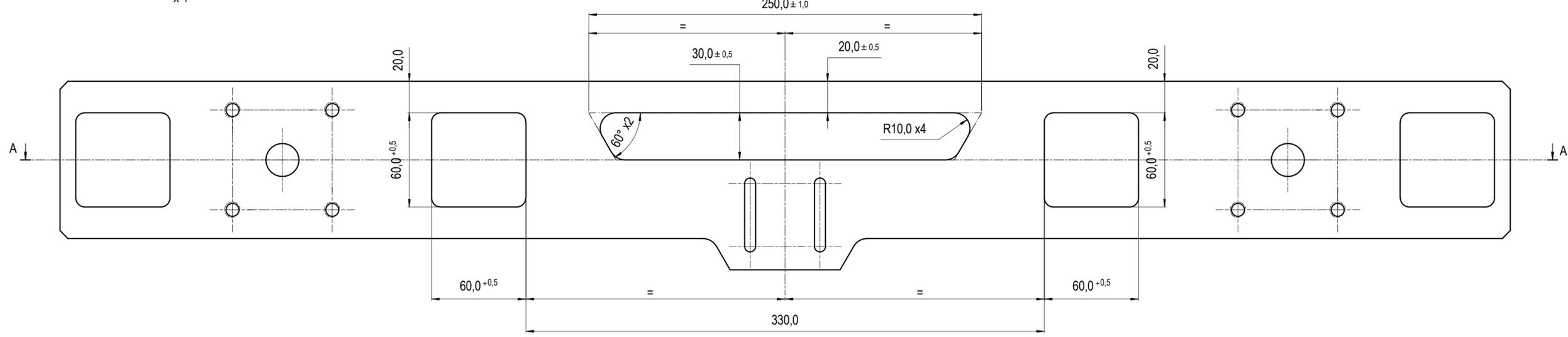
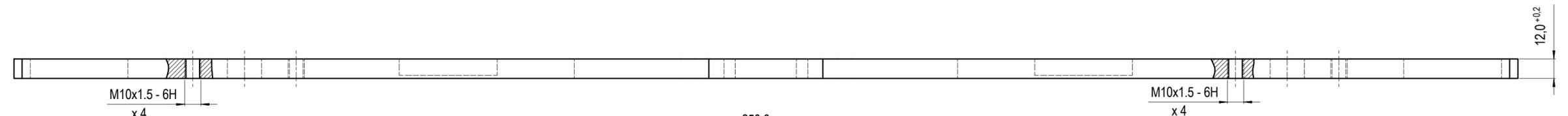
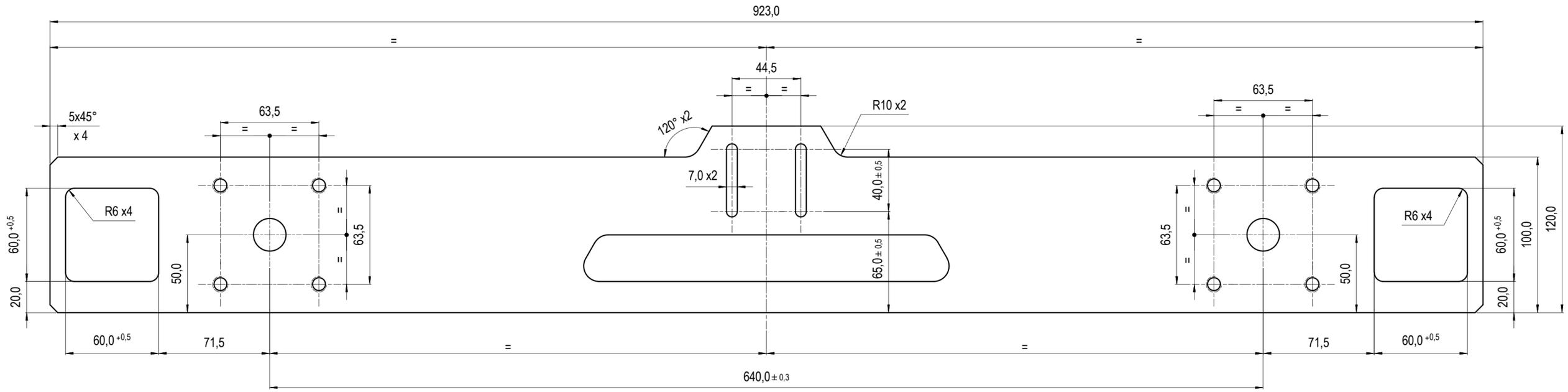
PIEZA SUBCONJUNTO ESTRUCTURA BASE

No. PIEZA: 01  
REV.: A

BANCO BALÍSTICO

PLANO HOJA 1 DE 7

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información contenida aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, copiado o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 4)

CORTE A-A  
ESC.: (1 : 2)

- NOTAS:
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
  2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
  3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
  4. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AMARILLO.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS:	0,2
ELIMINAR REBABAS:	0,2

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL
SAE/AISI 1045	6,801 kg	N/A	N7	VER NOTA 4.
FORMATO	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA
A2	03/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
PROYECTÓ	03/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
DIBUJÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque	
REVISÓ		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto	
ESCALA:	PIEZA	SOPORTE TORNILLOS EJE Y (IZQUIERDO)		
1:2 (1:4)				
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO ESTRUCTURA BASE BANCO BALÍSTICO		


**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA MECATRÓNICA**

No. PIEZA:	REV.:
01	A

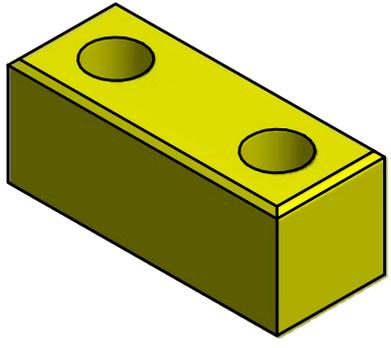
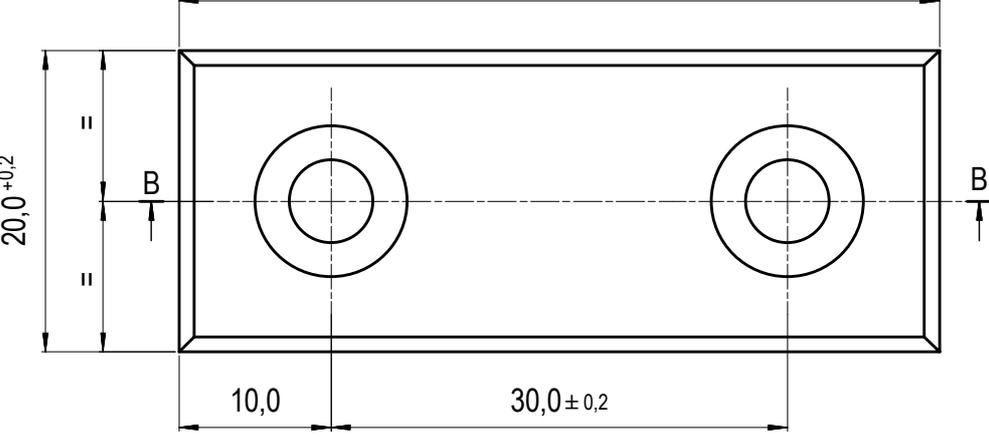
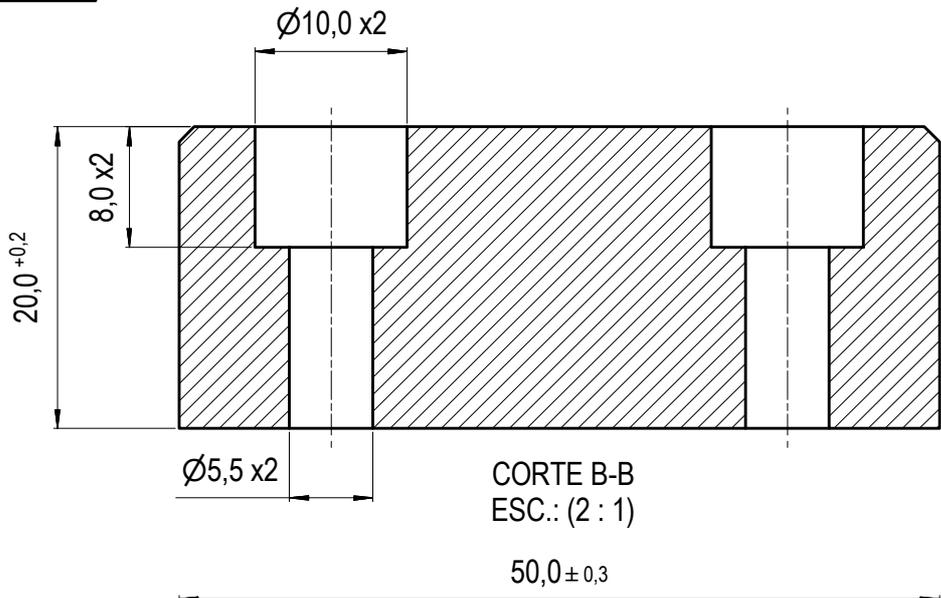
PLANO HOJA 2 DE 7



**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inención/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

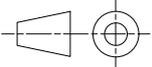
TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 1 )

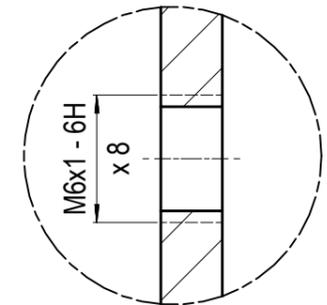
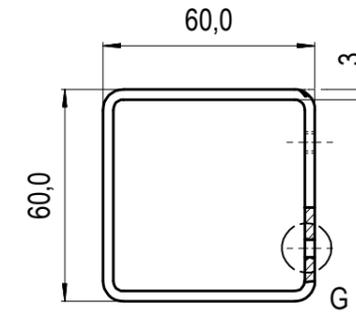
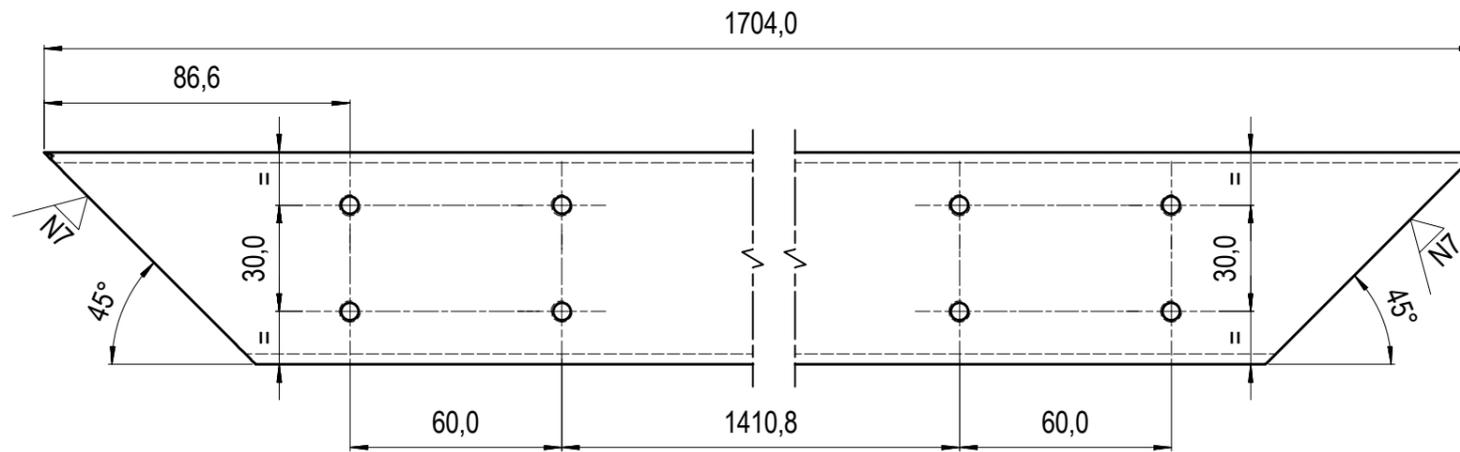
**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AMARILLO.

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 1045	142,120 g	N/A	N7	VER NOTA 4		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	03/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	03/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
ESCALA:	PIEZA	TOPE FINAL			No. PIEZA.	REV.
2:1 (1:1)					05	A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO MARCO HORIZONTAL Y ESTRUCTURA BASE BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA 4 DE 7

**PROPIEDAD**

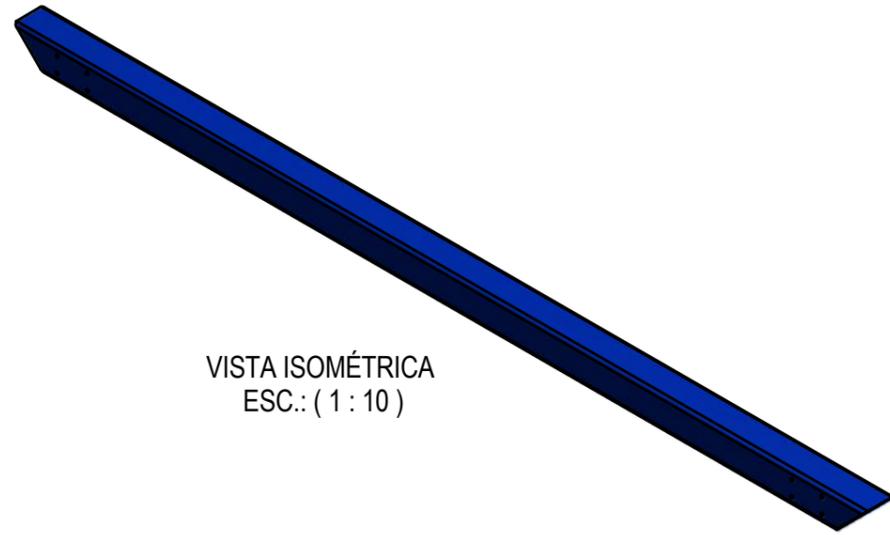
Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



DETALLE G  
ESC.: (3 : 1)

**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. OBTENER PIEZA DE PERFIL CUADRADO DE 60X60X3
5. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AZUL.



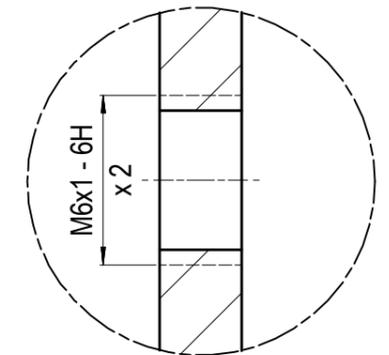
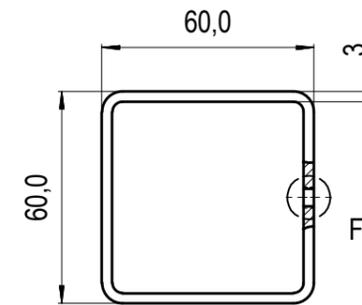
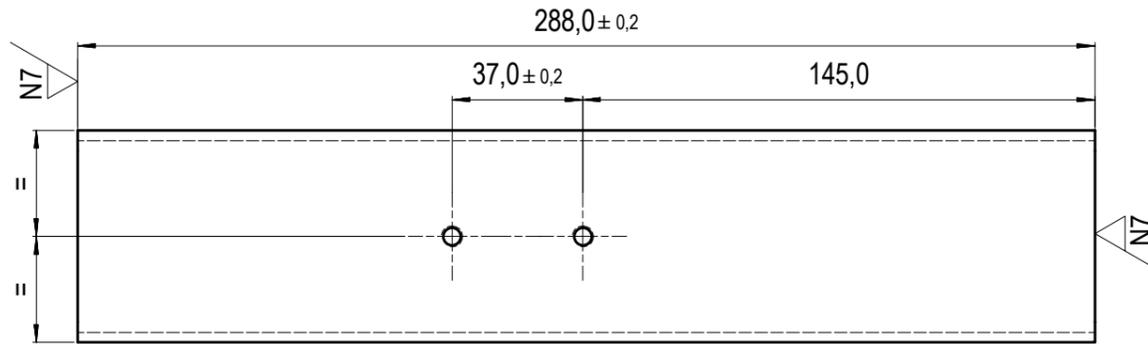
VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 10 )

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS:	0,2
ELIMINAR REBABAS:	0,2

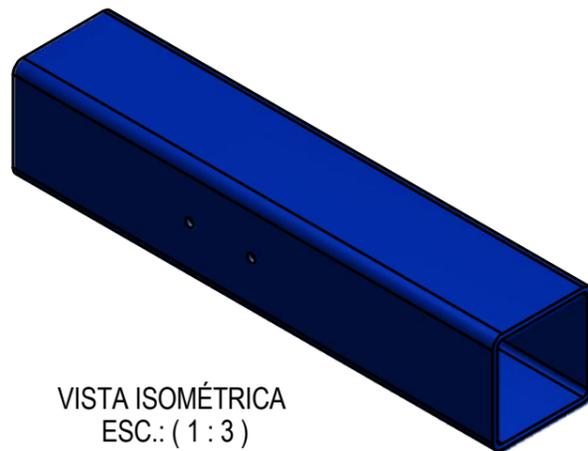
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
ASTM A36	8,265 kg	N/A	N8	VER NOTA 5.		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTÓ	15/07/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	15/07/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		INGENIERÍA MECATRÓNICA	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	PERFIL BASE LARGO			No. PIEZA.	REV.
1:2 (1:10)					03	A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO ESTRUCTURA BASE BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	5 DE 7

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



DETALLE F  
ESC.: (4 : 1)



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 3)

**NOTAS:**

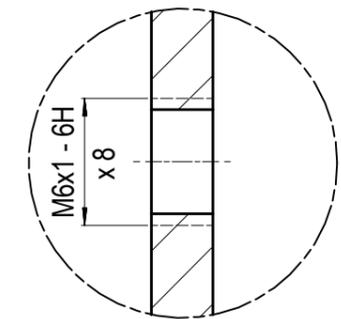
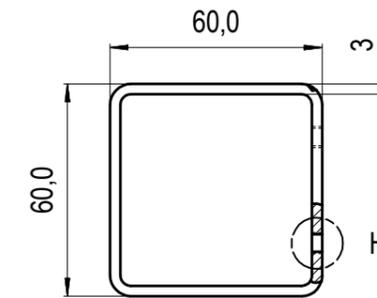
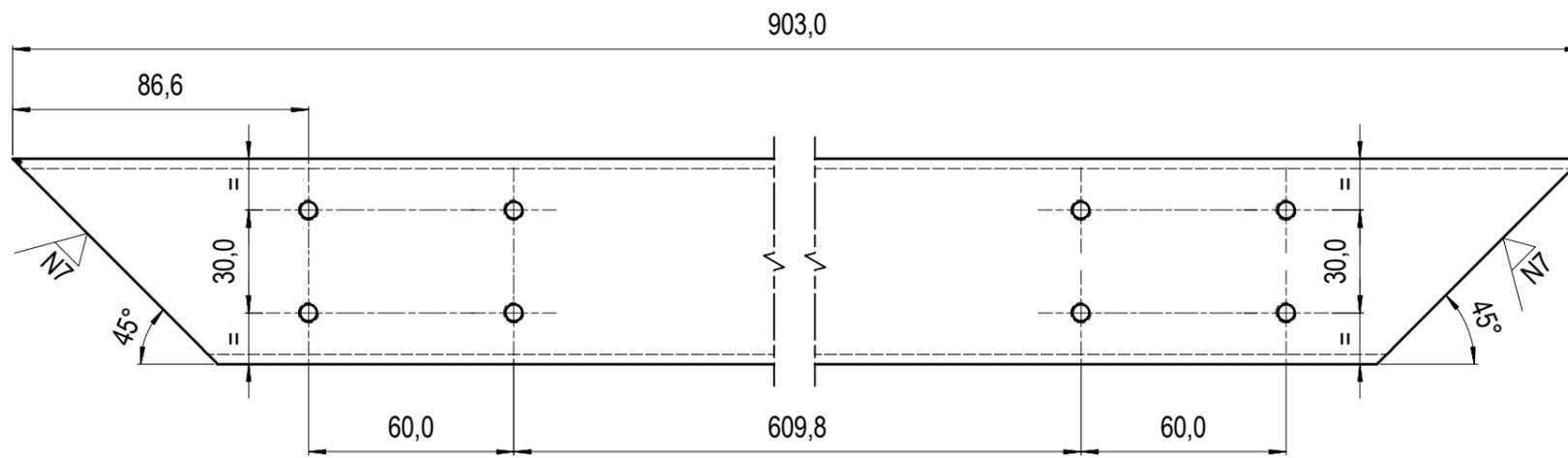
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. OBTENER PIEZA DE PERFIL CUADRADO DE 60X60X3
5. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AZUL.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS:	0,2
ELIMINAR REBABAS:	0,2

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
ASTM A36	1,448 kg	N/A	N8	VER NOTA 5.		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTÓ	04/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	04/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		INGENIERÍA MECATRÓNICA	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	PERFIL BASE COLUMNA			No. PIEZA.	REV.
1:2 (1:4)					04	A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO ESTRUCTURA BASE BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	6 DE 7

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



DETALLE H  
ESC.: (3 : 1)

VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 5)

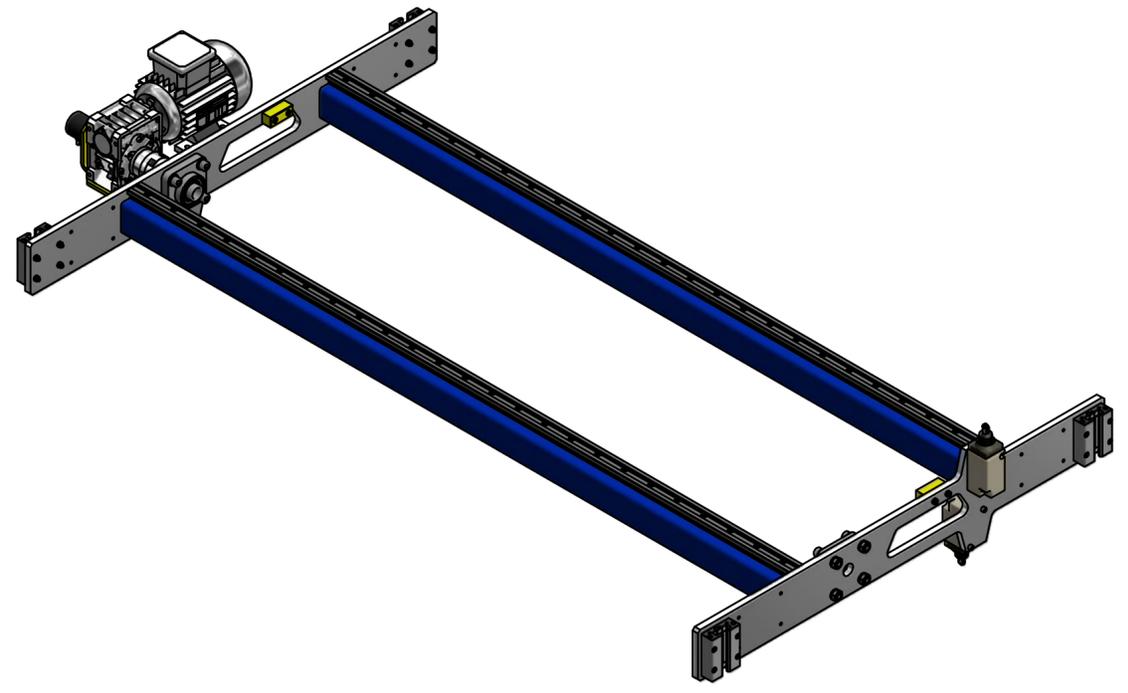
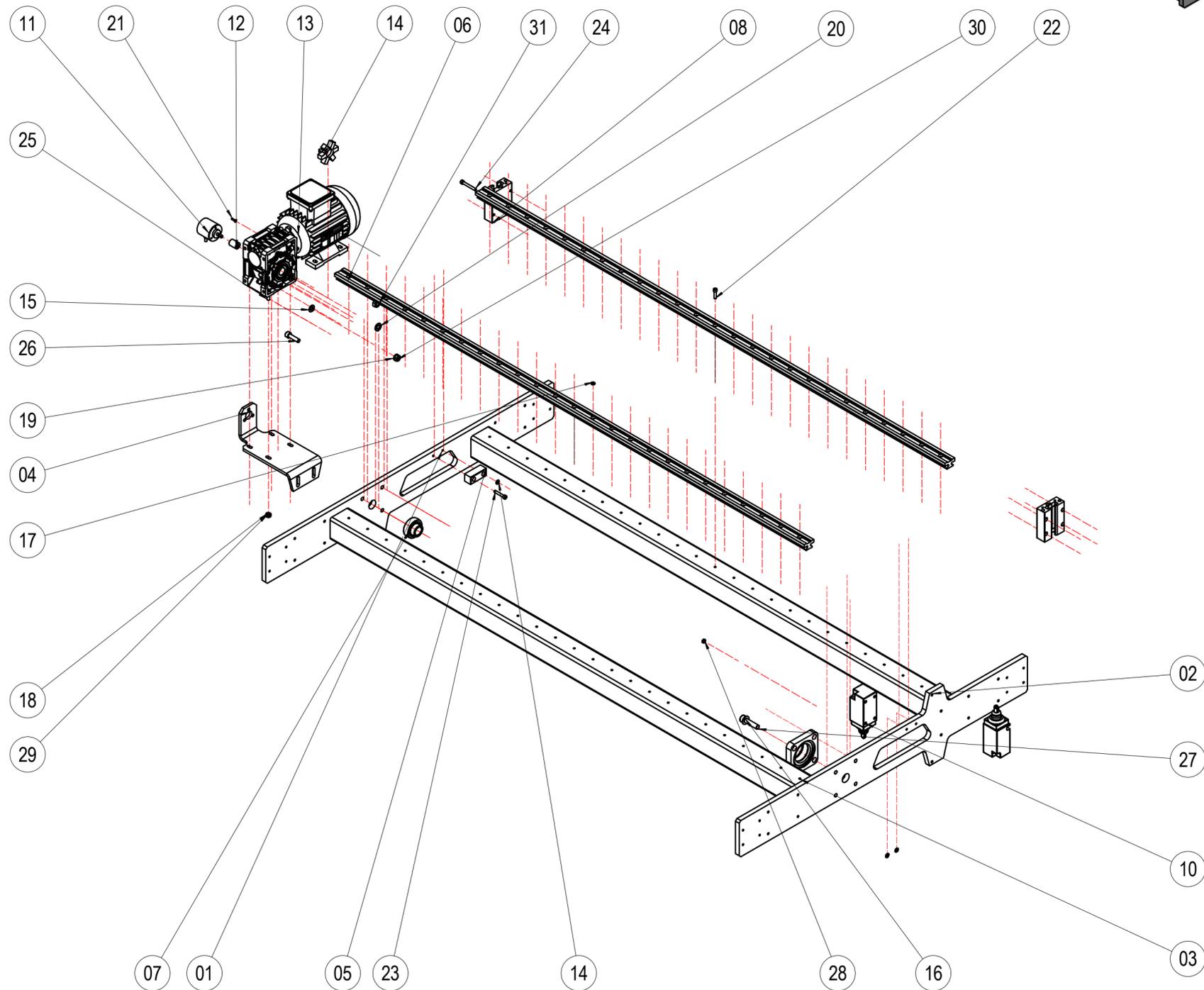


**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. OBTENER PIEZA DE PERFIL CUADRADO DE 60X60X3
5. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AZUL.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS:	0,2
ELIMINAR REBABAS:	0,2

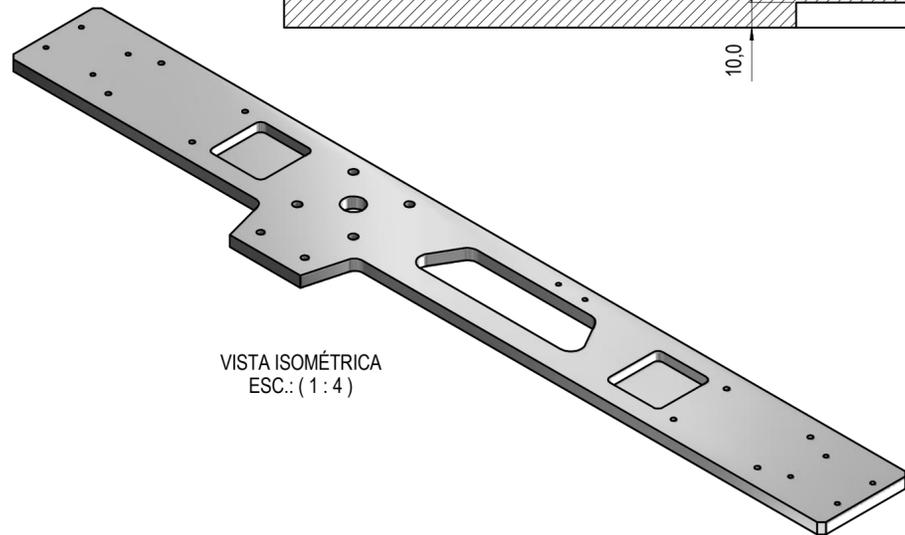
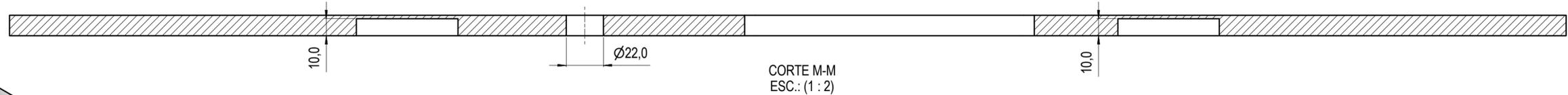
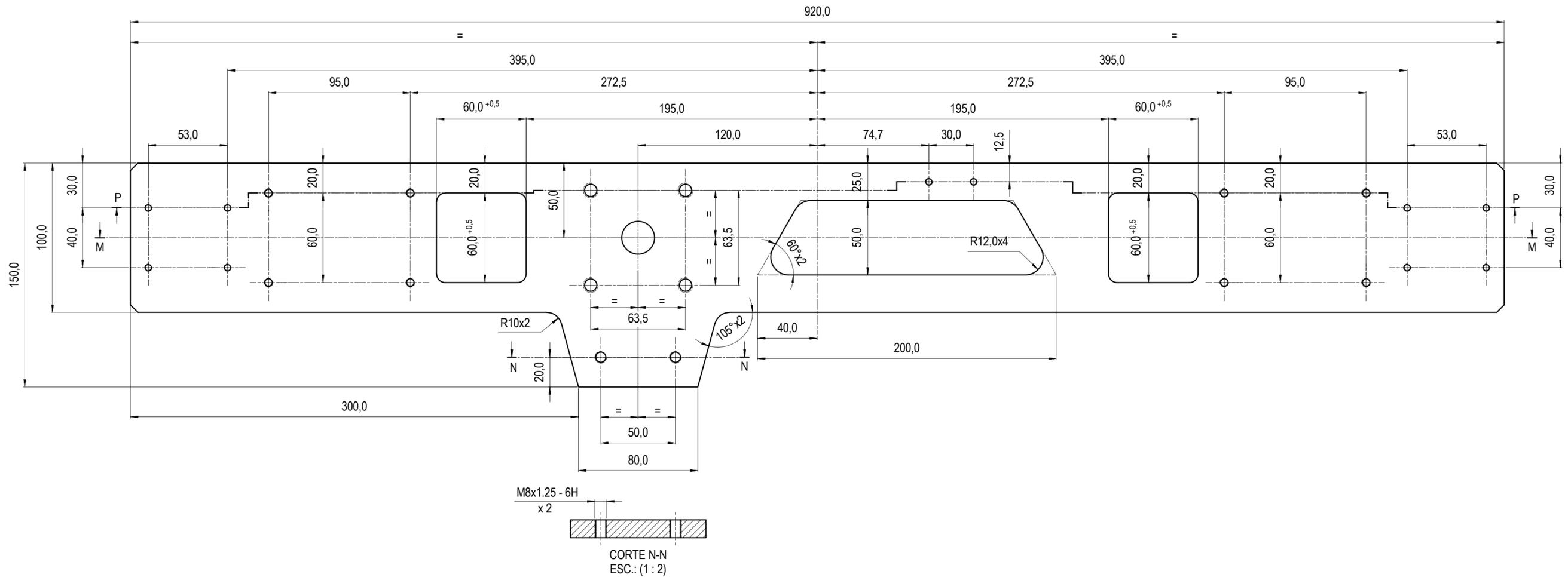
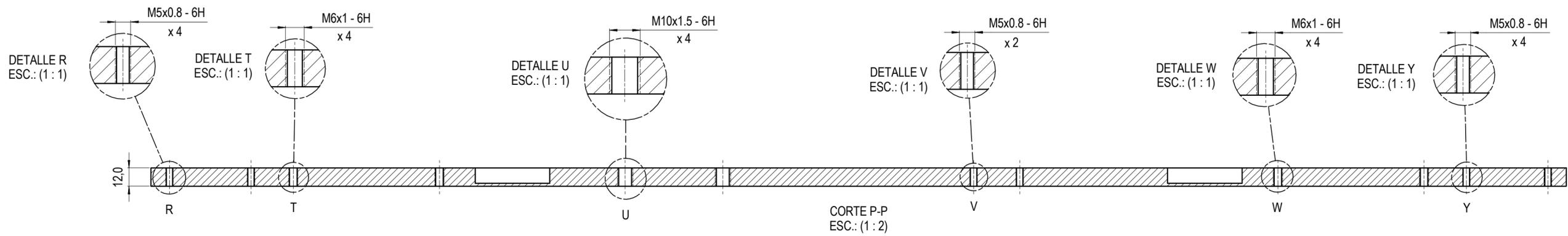
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
ASTM A36	4,237 kg	N/A	N8	VER NOTA 5.		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTÓ	15/07/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	15/07/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		INGENIERÍA MECATRÓNICA	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	PERFIL BASE CORTO			No. PIEZA.	REV.
1:2 (1:5)					06	A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO ESTRUCTURA BASE			PLANO HOJA	7 DE 7



31	8	TUERCA HEXAGONAL M10 (DIN 934)
30	2	TUERCA HEXAGONAL M8 (DIN 934)
29	4	TUERCA HEXAGONAL M6 (DIN 934)
28	20	TUERCA HEXAGONAL M5 (DIN 934)
27	8	TORNILLO ALLEN M10x40 (DIN 912)
26	2	TORNILLO ALLEN M8x30 (DIN 912)
25	4	TORNILLO ALLEN M6x20 (DIN 912)
24	16	TORNILLO ALLEN M5x40 (DIN 912)
23	4	TORNILLO ALLEN M5x30 (DIN 912)
22	54	TORNILLO ALLEN M5x20 (DIN 912)
21	3	TORNILLO AVELLANADO M3x12 (DIN 7991)
20	8	ARANDELA DE PRESIÓN Ø10 (DIN 127)
19	2	ARANDELA DE PRESIÓN Ø8 (DIN 127)
18	4	ARANDELA DE PRESIÓN Ø6 (DIN 127)
17	70	ARANDELA DE PRESIÓN Ø5 (DIN 127)
16	8	ARANDELA Ø10,5 (DIN 125)
15	2	ARANDELA Ø18,4 (DIN 125)
14	1	SUBCONJUNTO ACOPLE ARAÑA
14	4	ARANDELA Ø5,3 (DIN 125)
13	2	MOTORREDUCTOR
12	1	ACOPLE ENCODER
11	1	ENCODER
10	2	FINAL DE CARRERA
08	4	CARRO IGUS
07	2	CHUMACERA SKF (FYK 20 TF)
06	2	GUÍA LINEAL IGUS
05	2	TOPE FINAL
04	1	SOPORTE REDUCTOR HORIZONTAL
03	2	PERFIL MARCO HORIZONTAL
02	1	SOPORTE MARCO HORIZONTAL DERECHA
01	1	SOPORTE MARCO HORIZONTAL IZQUIERDA
No.	CANT.	DESIGNACIÓN

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	
	51,634 kg	N/A		N/A	
FORMATO	A2	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA
PROYECTO		17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
DIBUJO		17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
REVISÓ			TUTOR	Ing. Alfonso Duque	
			PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto	
ESCALA:	PIEZA	SUBCONJUNTO MARCO HORIZONTAL			No. PIEZA.
1:8					03
PERTENECE A					REV. A
BANCO BALÍSTICO					PLANO HOJA 1 DE 7

**PROPIEDAD**  
 Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventoría/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



- NOTAS:  
 1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.  
 2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.  
 3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

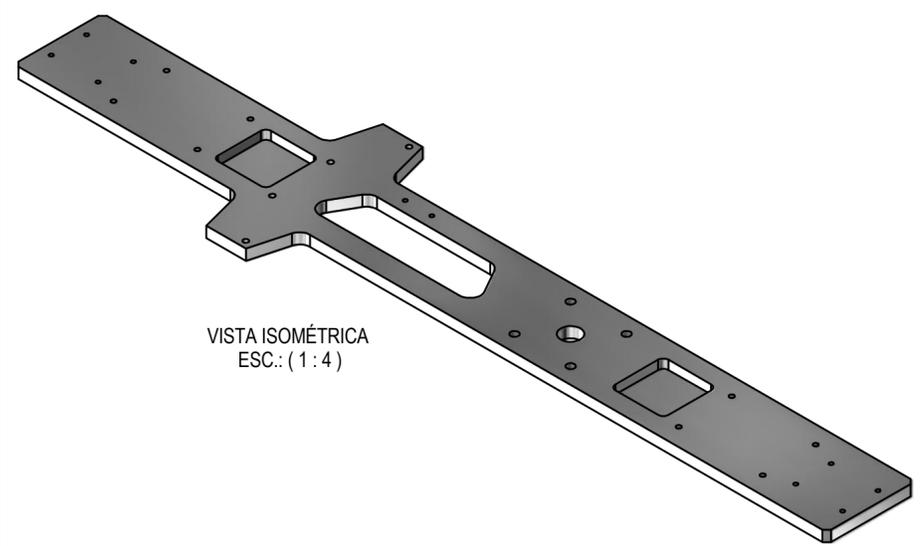
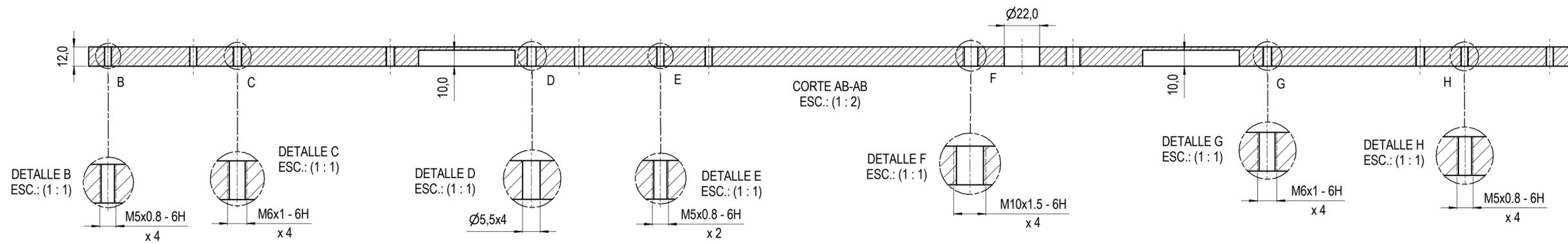
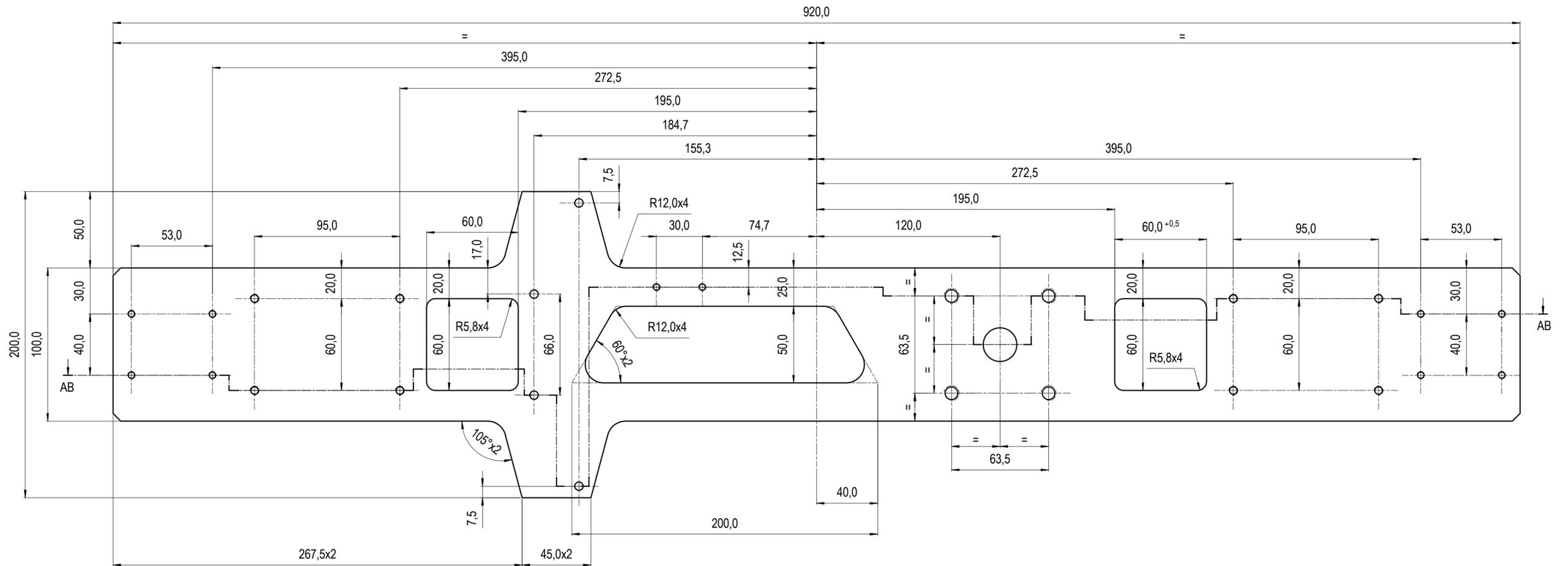
TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL
SAE/AISI 1045	7,667 kg	N/A	N7	PAVONADO
FORMATO A2	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA
PROYECTO	09/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
DIBUJO	09/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque	
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto	
ESCALA: 1:2	PIEZA	SOPORTE MARCO HORIZONTAL IZQUIERDA		
PERTENECE A		SUBCONJUNTO MARCO HORIZONTAL BANCO BALÍSTICO		
				No. PIEZA: 01
				REV. A
				PLANO HOJA 2 DE 7

PROPIEDAD  
 Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventón/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



FACULTAD DE INGENIERÍA  
 INGENIERÍA MECATRÓNICA



- NOTAS:
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
  2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
  3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL
SAE/AISI 1045	7,779 kg	N/A	N7	PAVONADO
FORMATO A2	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA
PROYECTO	09/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
DIBUJO	09/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque	
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto	
ESCALA: 1:2 (1:1 - 1:4)	PIEZA	SOPORTE MARCO HORIZONTAL DERECHA		No. PIEZA: 02
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO MARCO HORIZONTAL BANCO BALÍSTICO		REV. A

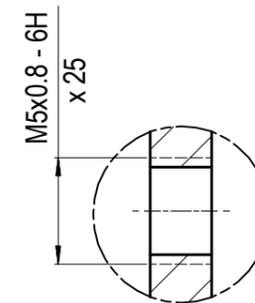
PROPIEDAD

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventor/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

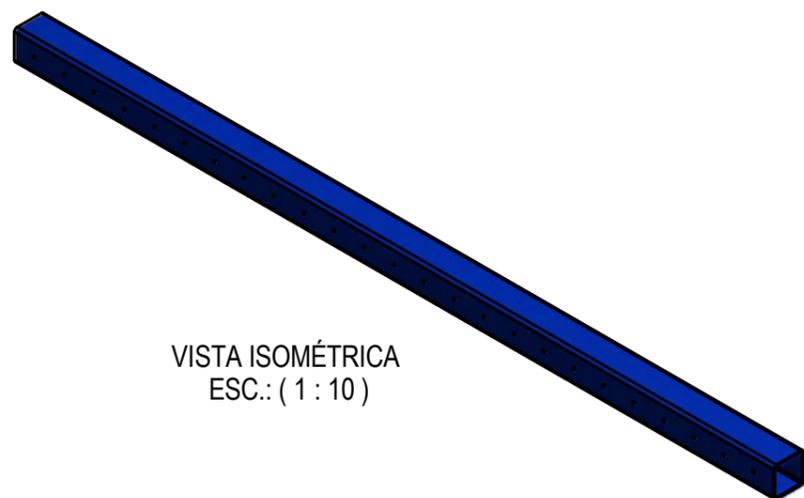
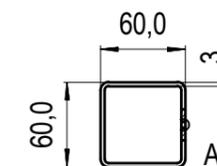
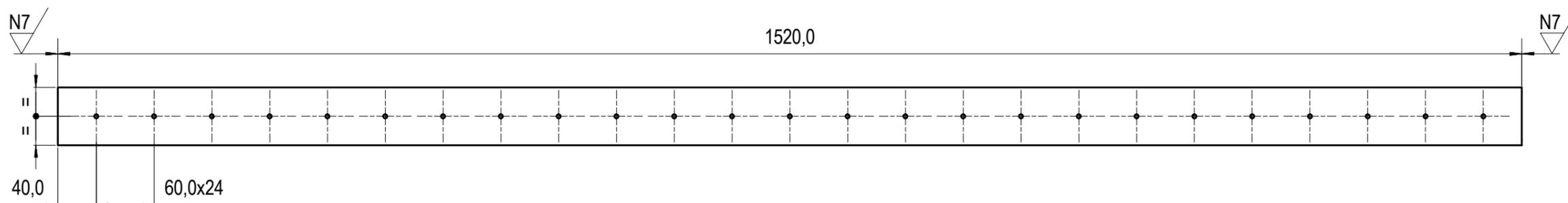
**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECATRÓNICA



DETALLE A  
ESC.: (3 : 1)



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 10 )

NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AZUL.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

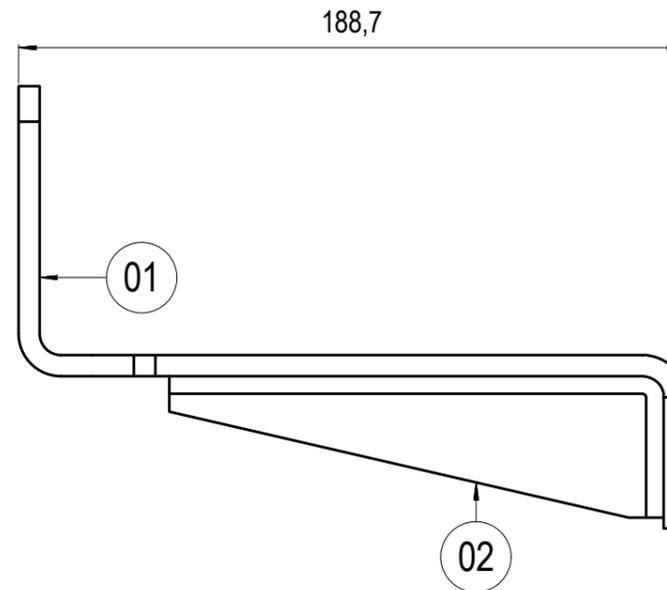
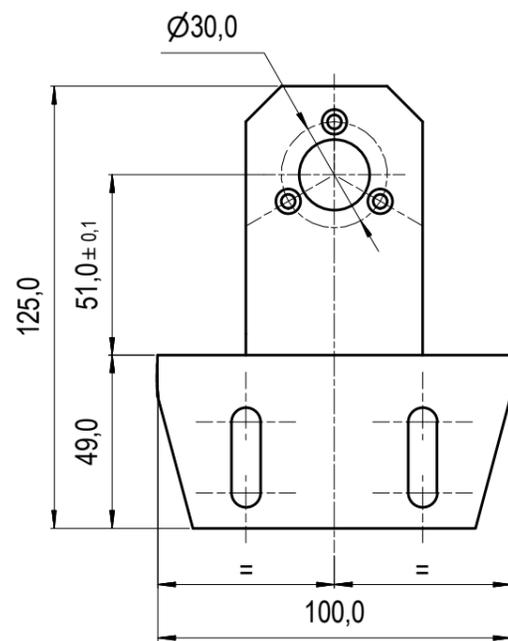
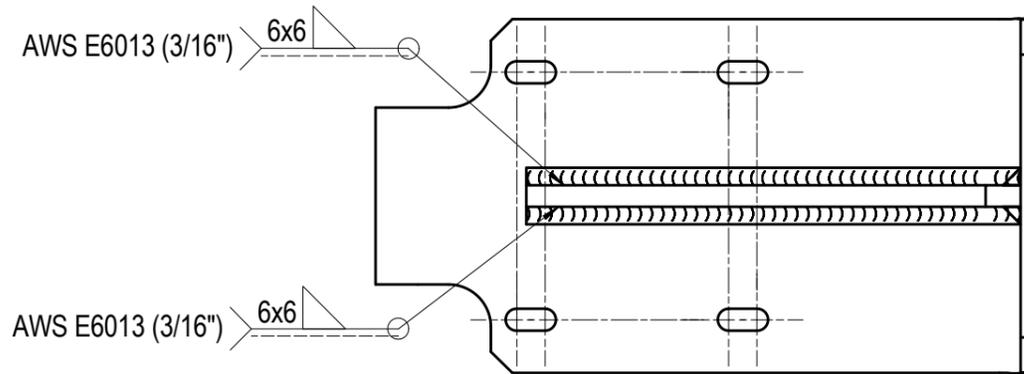
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERÍA MECATRÓNICA	
ASTM A36	7,637 kg	N/A	N7	VER NOTA 4.		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA		
PROYECTÓ	09/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	09/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA: 1:5 (3:1)	PIEZA	PERFIL MARCO HORIZONTAL			No. PIEZA: 03	REV. A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO MARCO HORIZONTAL BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA 4 DE 7	

PROPIEDAD

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

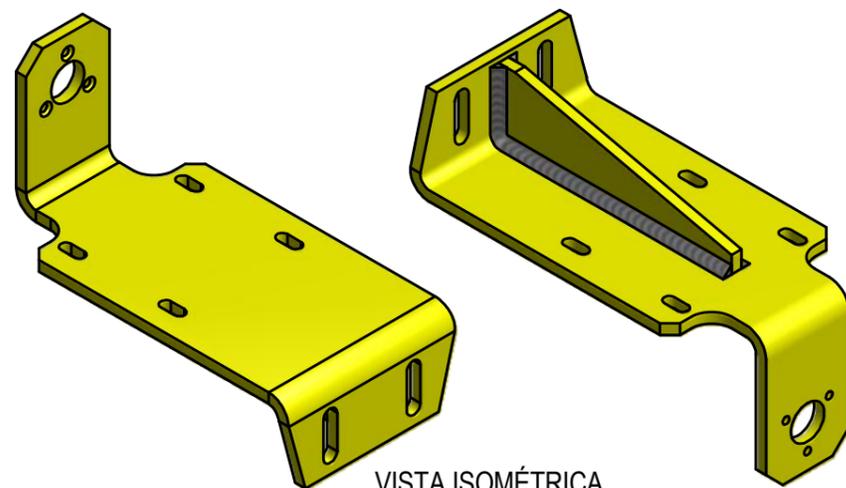
**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AMARILLO.



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 3 )

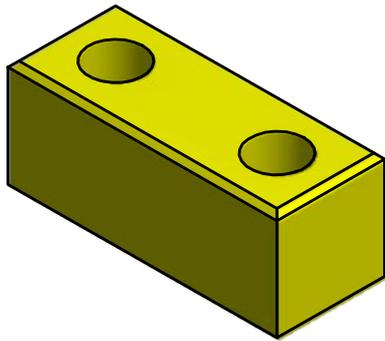
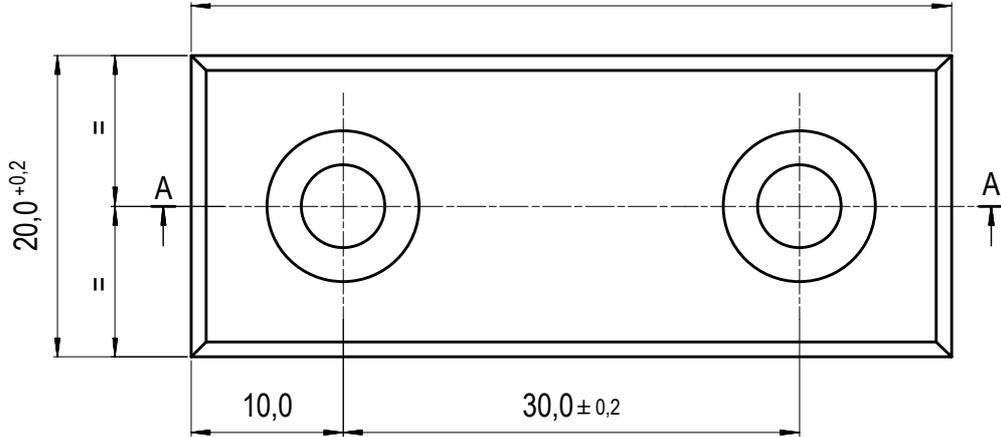
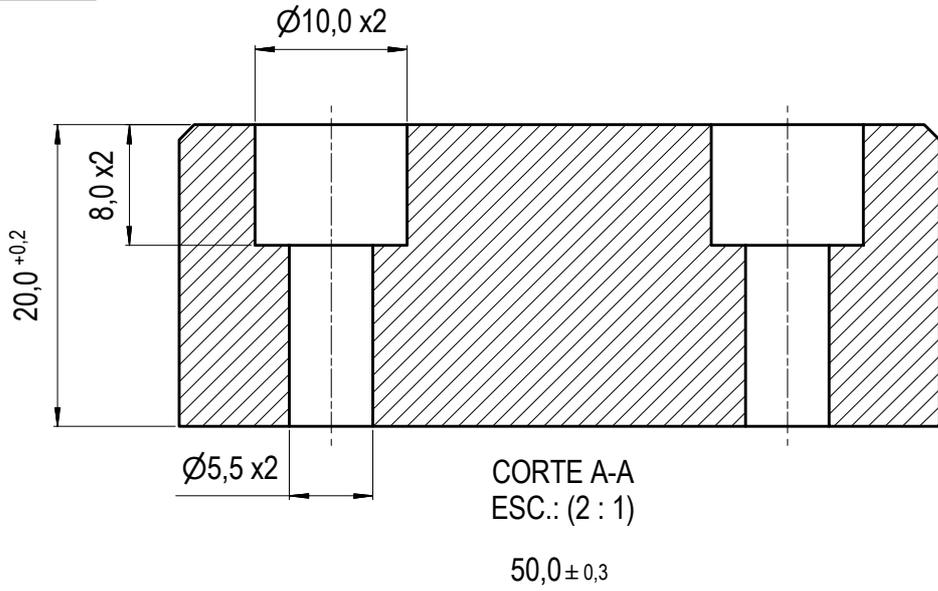
TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS:	0,2
ELIMINAR REBABAS:	0,2

No.	CANT.	DESIGNACIÓN				
02	1	REFUERZO DEL SOPORTE				
01	1	SOPORTE REDUCTOR				
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
N/A	1,300 kg	N/A	N7	VER NOTA 4		
FORMATO	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	FACULTAD DE INGENIERÍA	
A3	15/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	FECHA	ESTUDIANTE	TUTOR		INGENIERÍA MECATRÓNICA	
	15/11/2011	ESTUDIANTE	Ing. Alfonso Duque			
REVISÓ		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	SOPORTE REDUCTOR HORIZONTAL			No. PIEZA	REV.
1:2					04	A
PERTENECE A	SUBCONJUNTO MARCO HORIZONTAL			PLANO HOJA		
	BANCO BALÍSTICO			5 DE 7		

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inención/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

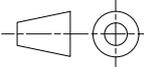
TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	



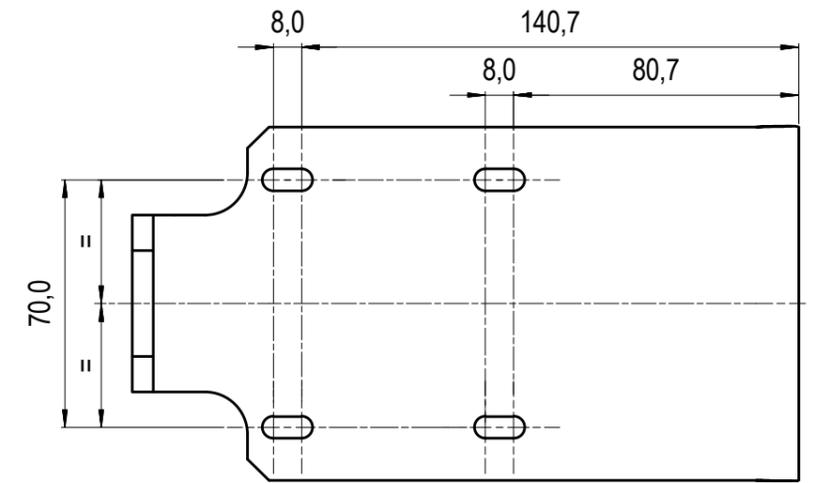
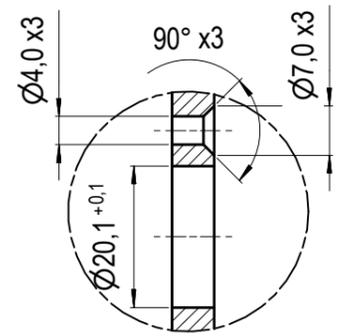
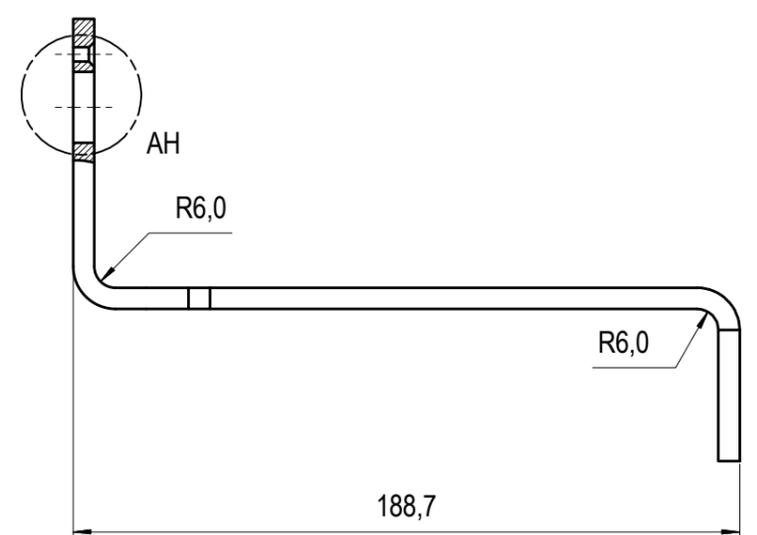
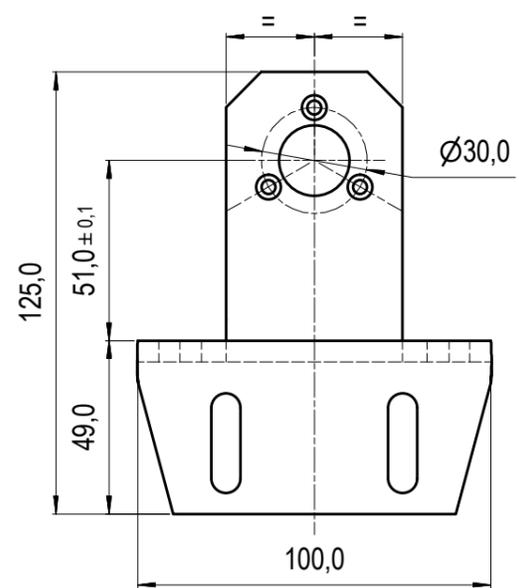
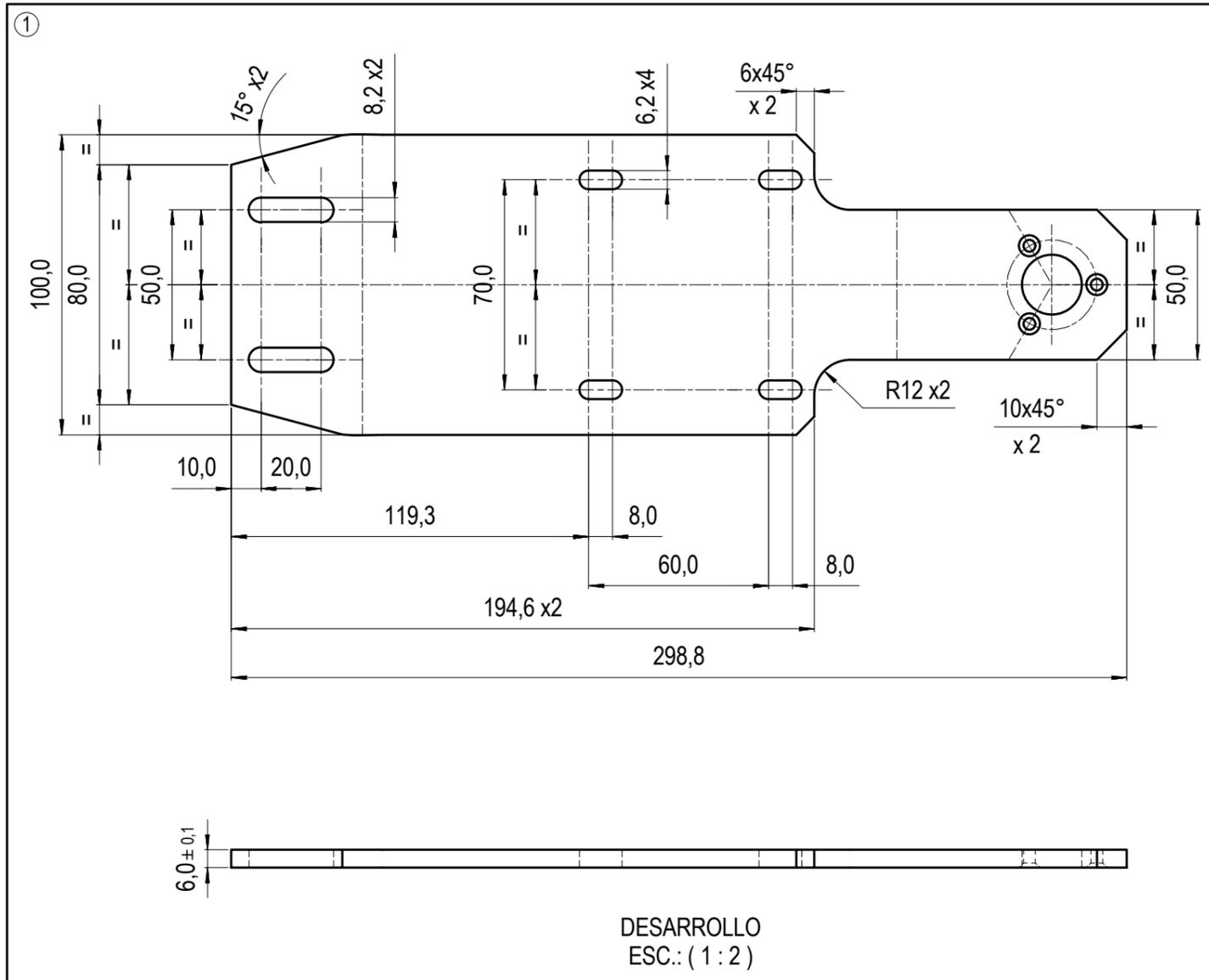
VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 1)

**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AMARILLO.

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 1045	142,120 g	N/A	N7	VER NOTA 4		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	03/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	03/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
ESCALA:	PIEZA	TOPE FINAL			No. PIEZA.	REV.
2:1 (1:1)					05	A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO MARCO HORIZONTAL Y ESTRUCTURA BASE BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA 6 DE 7

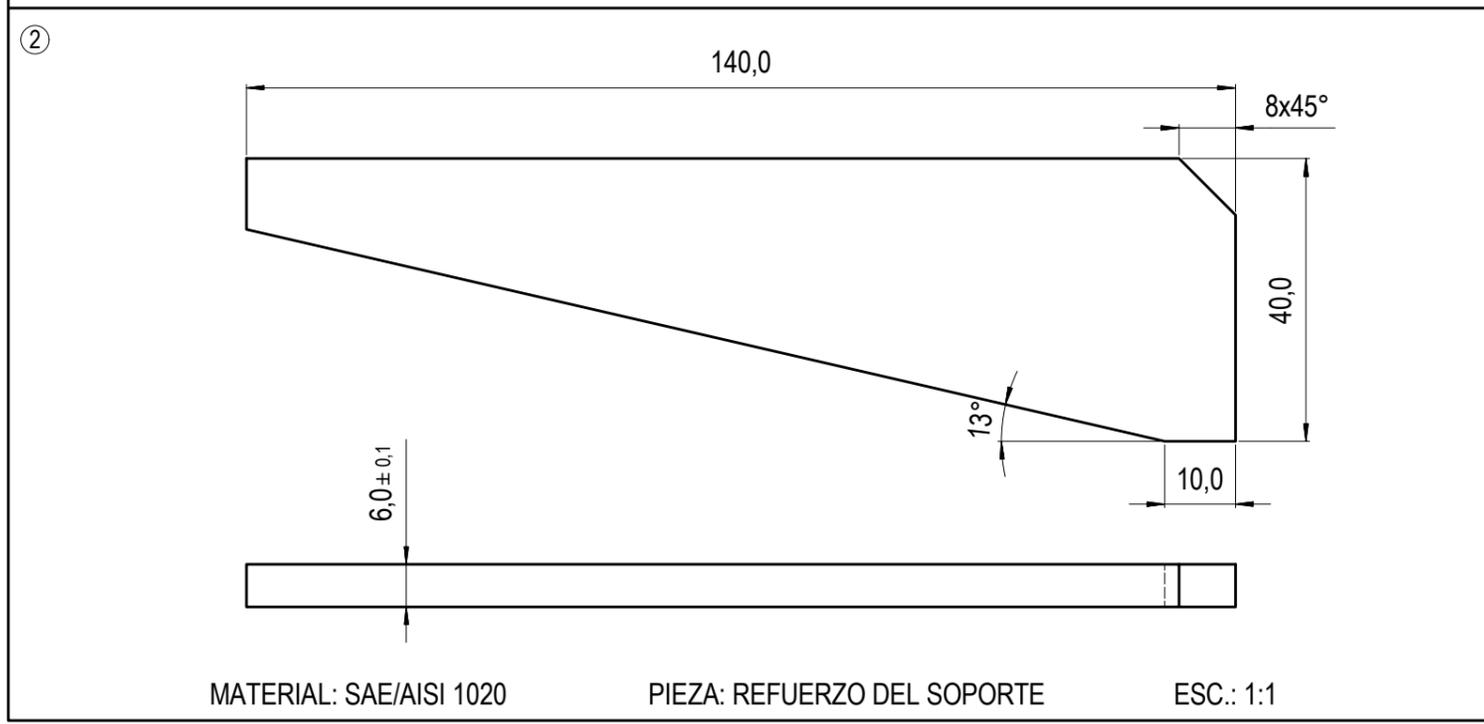
Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventos/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, copiado o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



DESARROLLO  
ESC.: (1:2)

DETALLE AH  
ESC.: (1:1)

PIEZA FINAL  
ESC.: (1:2)

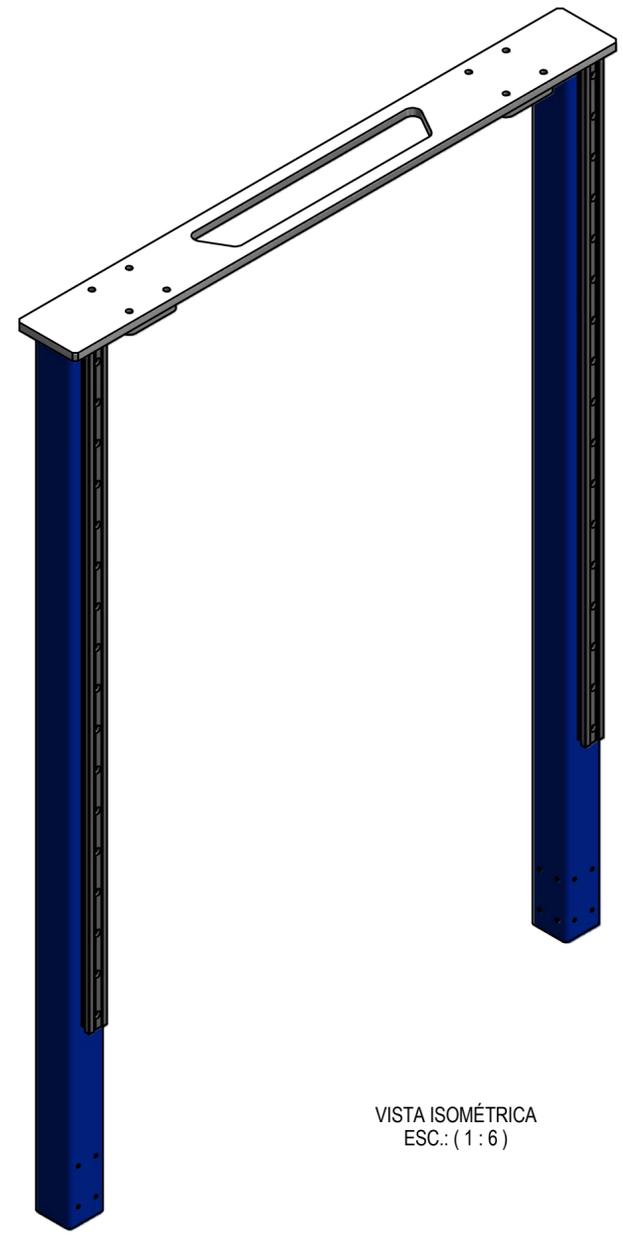
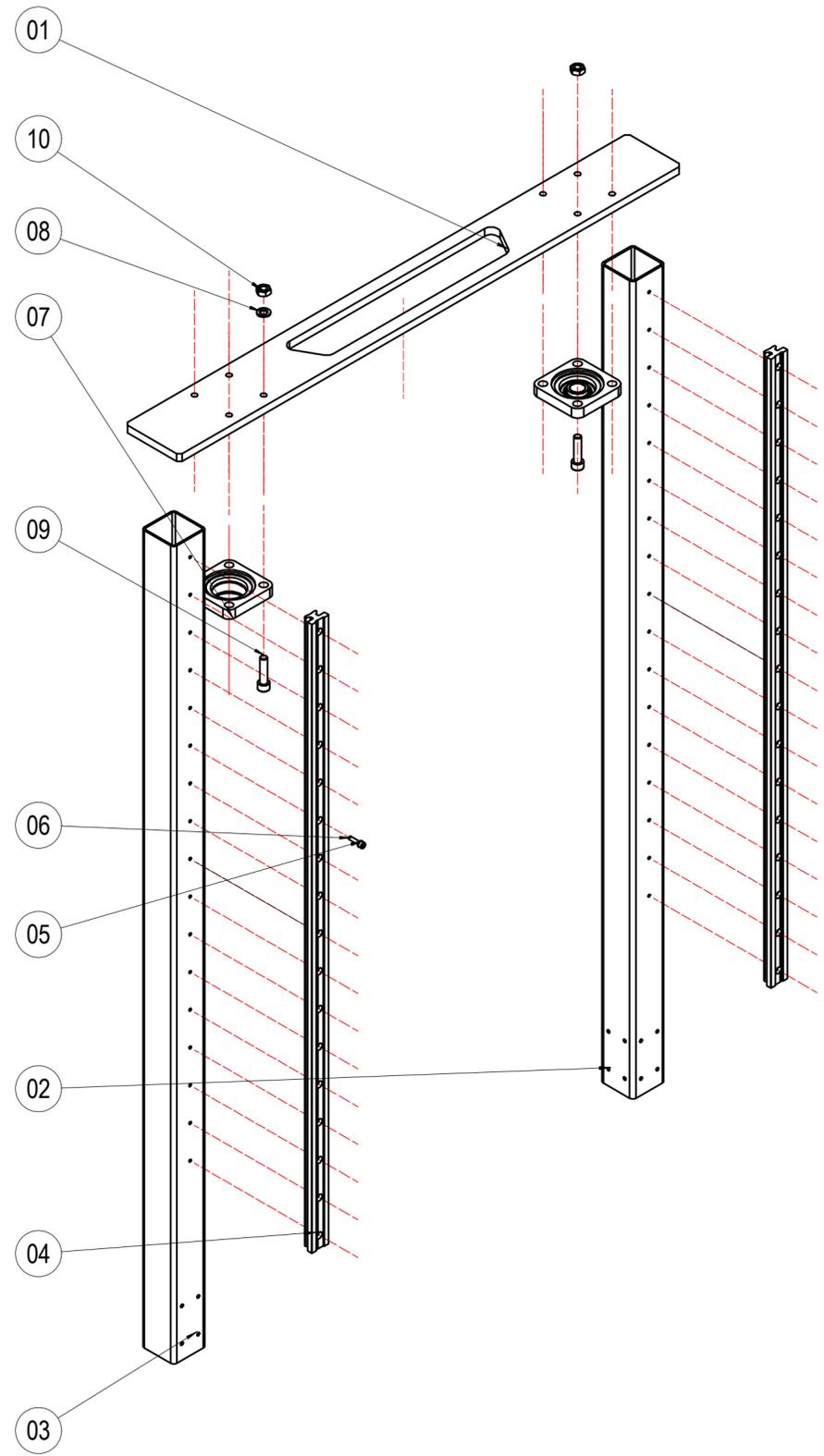


MATERIAL: SAE/AISI 1020      PIEZA: REFUERZO DEL SOPORTE      ESC.: 1:1

- NOTAS:
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
  2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
  3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 1020	1,095 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	15/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	15/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA: 1:2 (1:1)	PIEZA	SOPORTE REDUCTOR			No. PIEZA: 01	REV. A
	PERTENECE A	SOPORTE REDUCTOR HORIZONTAL BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA 7 DE 7



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 6 )

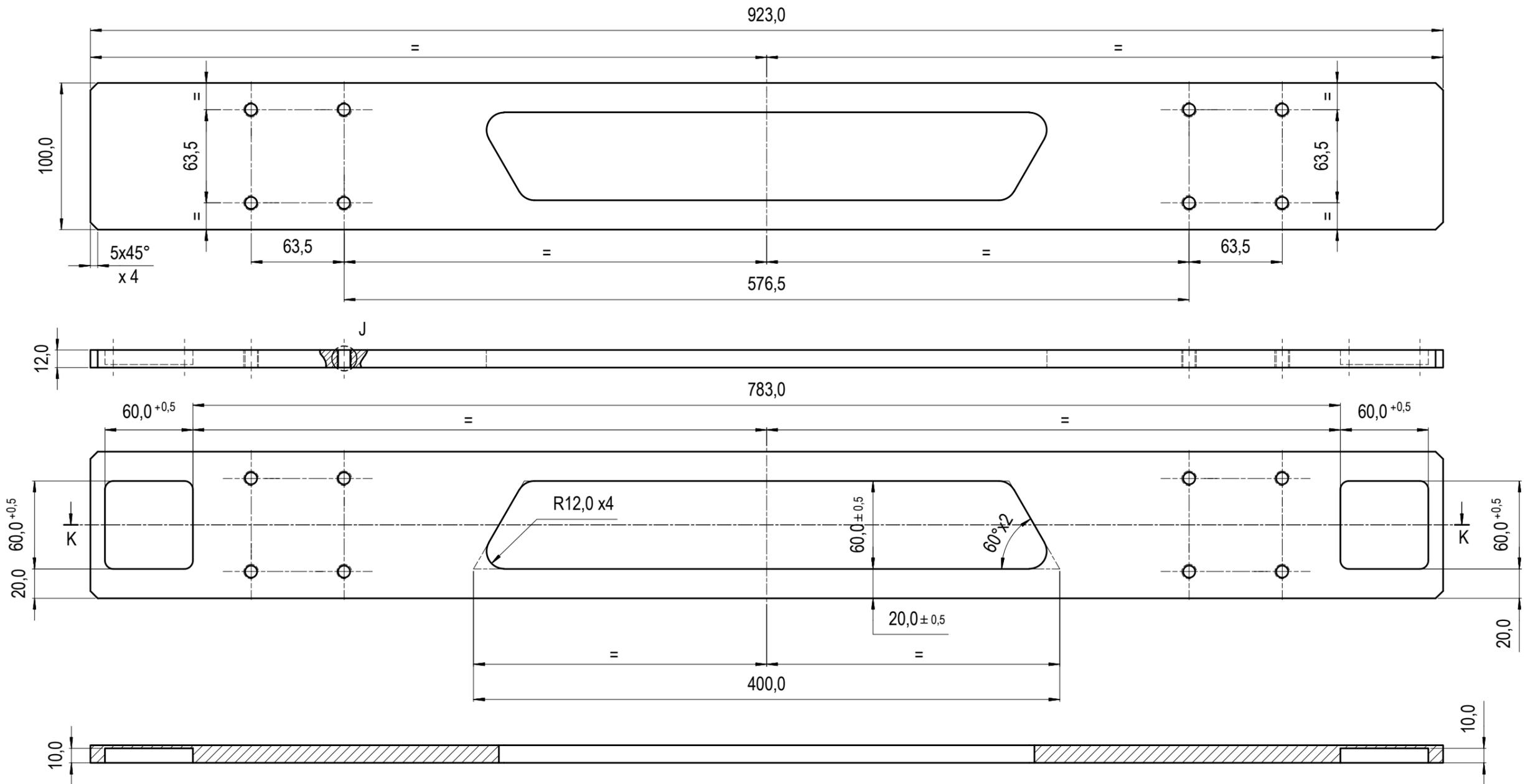
10	8	TUERCA HEXAGONAL M10 (DIN 934)
09	8	TORNILLO ALLEN M10x40 (DIN 912)
08	8	ARANDELA DE PRESIÓN Ø10 (DIN 127)
07	2	CHUMACERA SKF (FYK 20 TF)
06	34	TORNILLO ALLEN M5x20 (DIN 912)
05	34	ARANDELA DE PRESIÓN Ø5 (DIN 127)
04	2	GUÍA LINEAL IGUS
03	1	PERFIL VERTICAL DERECHO
02	1	PERFIL VERTICAL IZQUIERDO
01	1	SOPORTE TORNILLOS EJE Y
No.	CANT.	DESIGNACIÓN

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
	23,159 kg	N/A	N/A	N/A		
FORMATO	A2	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	
PROYECTÓ		17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		
DIBUJÓ		17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		
REVISÓ			TUTOR	Ing. Alfonso Duque		
			PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto		
ESCALA:	PIEZA	SUBCONJUNTO MARCO VERTICAL			No. PIEZA.	REV.
1:6 (1:10)					02	A
PERTENECE A		BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA 1 DE 4	

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventoriación/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

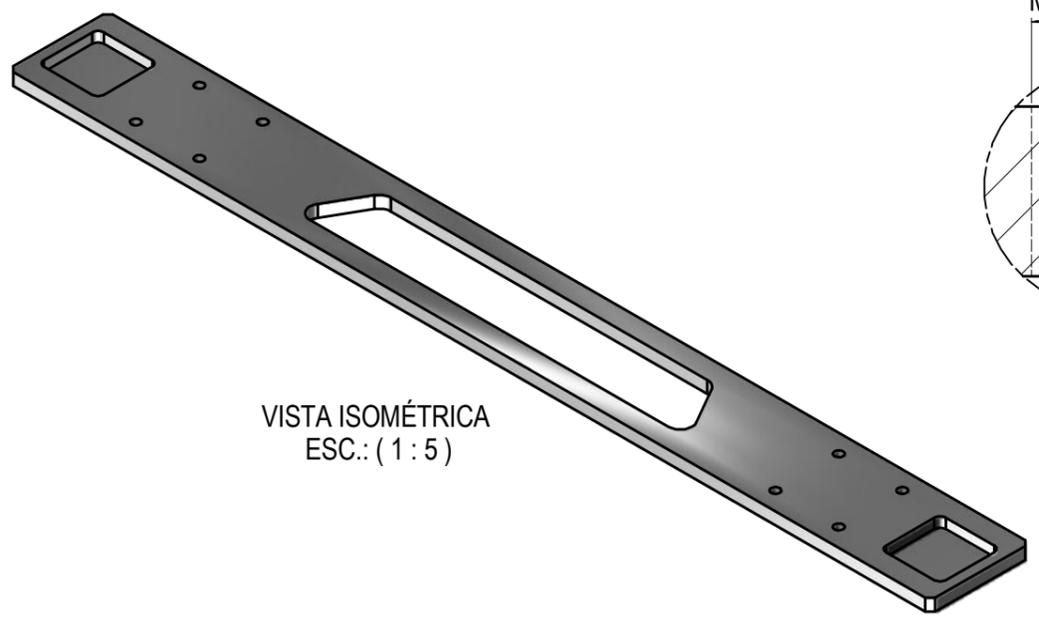
**PROPIEDAD**  
 Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventario contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



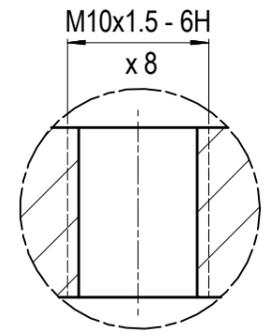
CORTE K-K  
ESC.: (1 : 3)

- NOTAS:
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
  2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
  3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

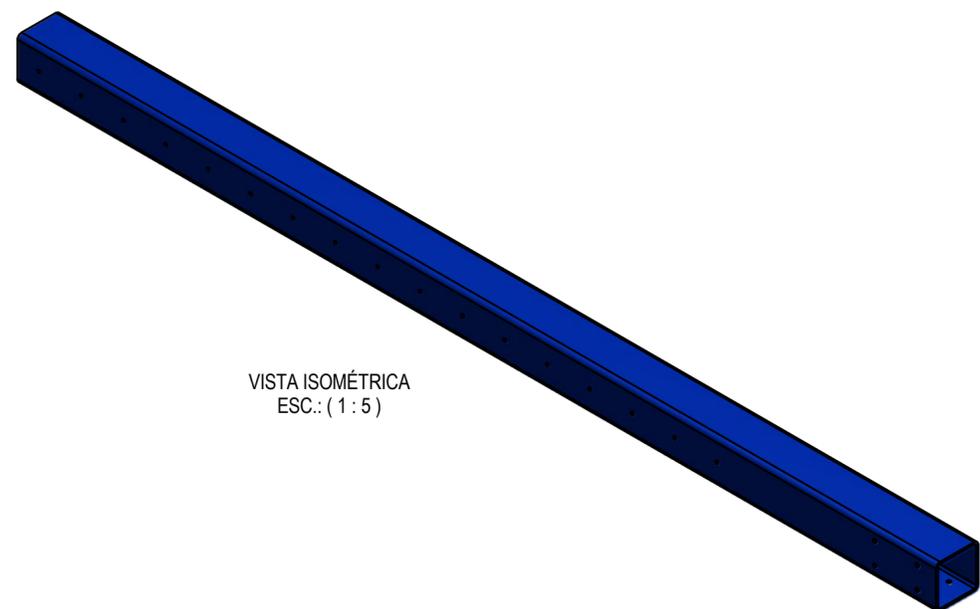
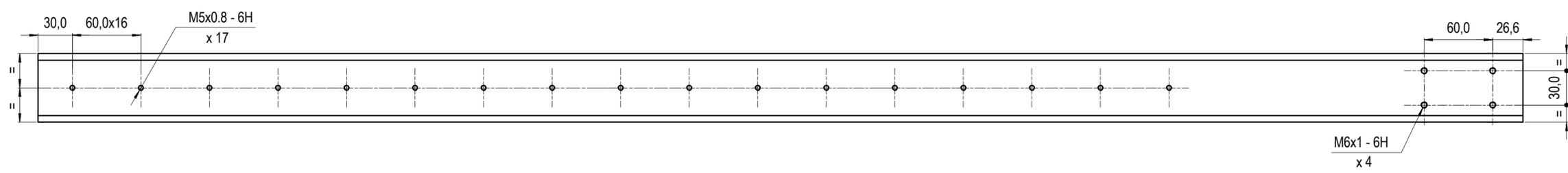
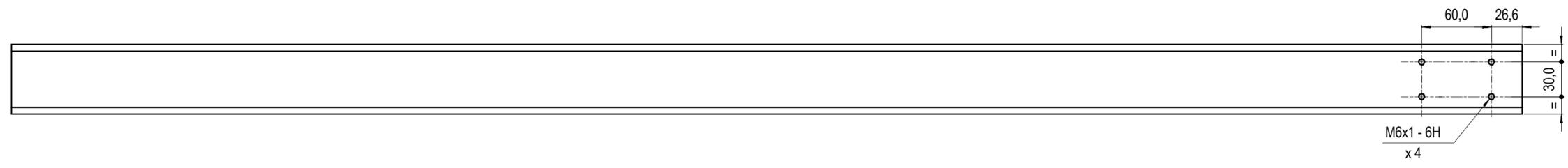
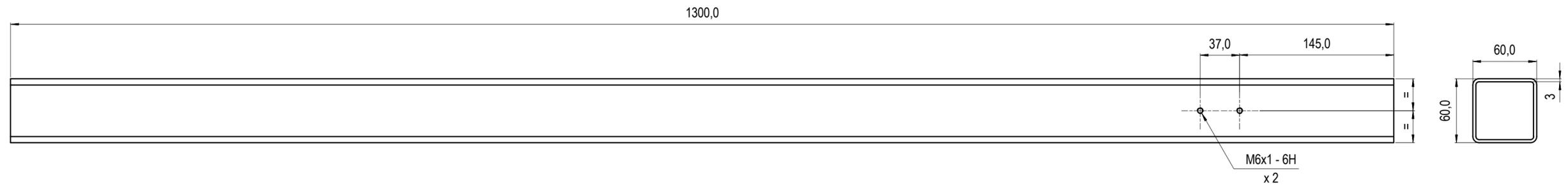


VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 5)



DETALLE J  
ESC.: (2 : 1)

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 1045	6,043 kg	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA: 1:3 (2:1)	PIEZA	SOPORTE TORNILLOS EJE Y			No. PIEZA: 01	REV. A
	PERTENECE A	MARCO VERTICAL BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA 2 DE 4



- NOTAS:
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
  2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
  3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
  4. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AZUL.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL
ASTM A36	6,529 kg	N/A	N8/(N7)	VER NOTA 4
FORMATO A2	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA
PROYECTÓ	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
DIBUJÓ	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque	
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto	
ESCALA: 1:3 (1:5)	PIEZA	PERFIL VERTICAL IZQUIERDO		No. PIEZA: 02
	PERTENECE A	BANCO BALÍSTICO		REV. A

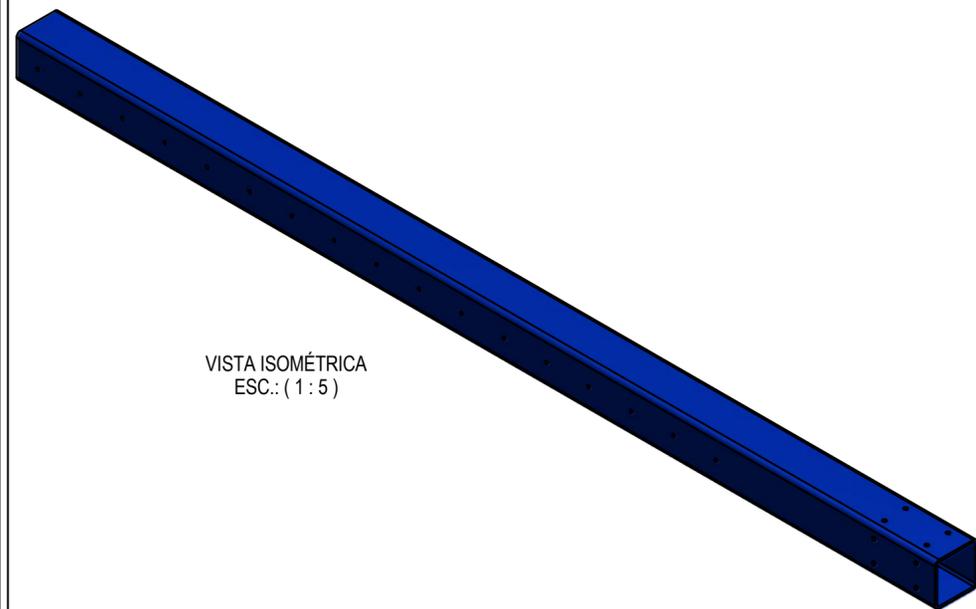
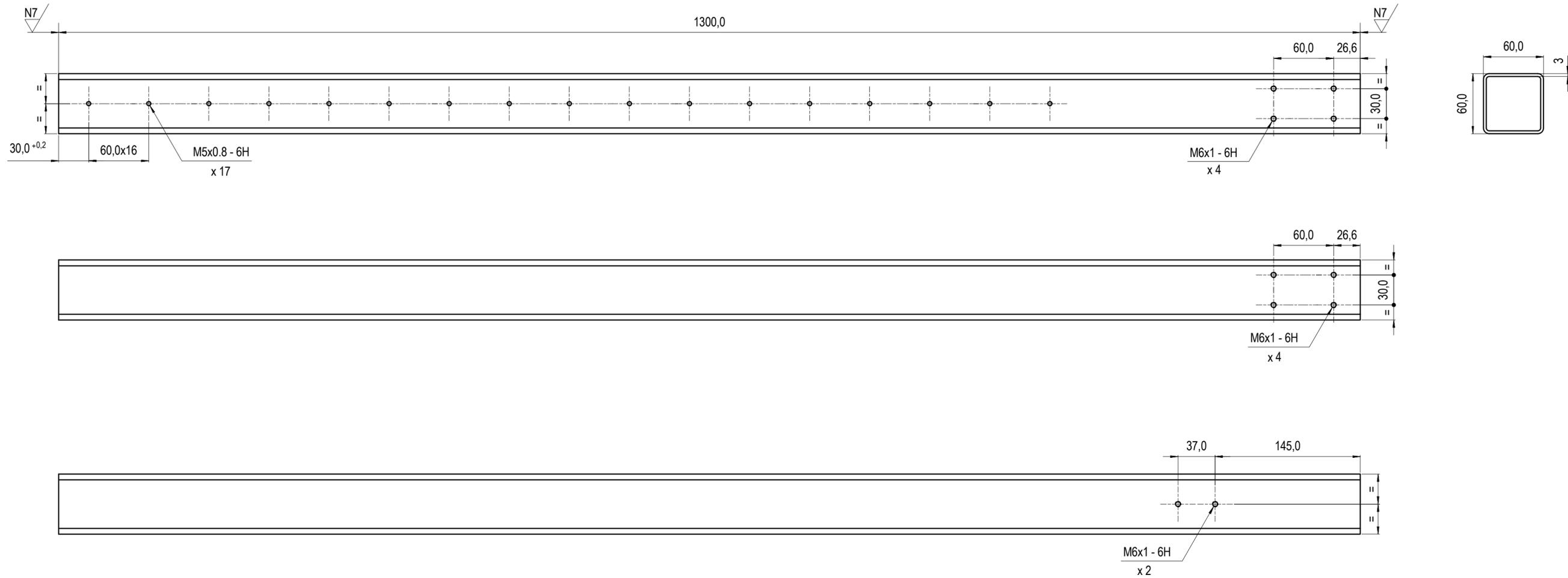
**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECATRÓNICA

PLANO HOJA 3 DE 4

**PROPIEDAD**  
Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventón/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. APLICAR PINTURA ELECTROSTÁTICA COLOR AZUL.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

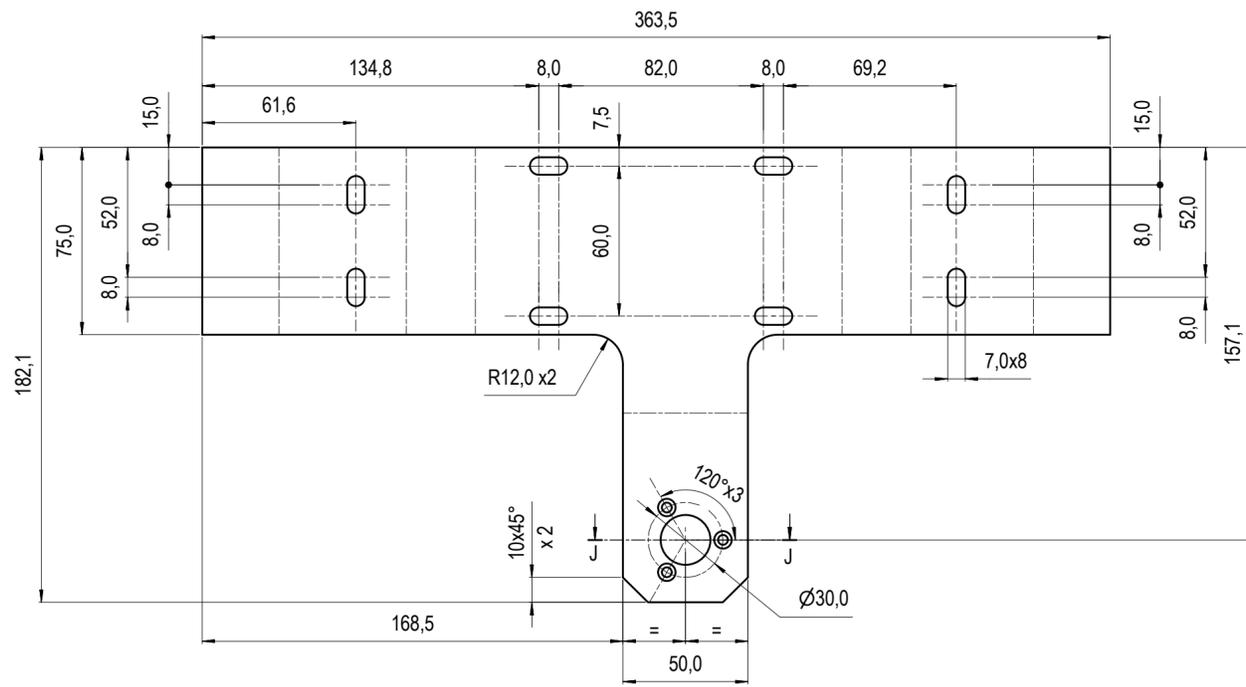
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL
ASTM A36	6,529 kg	N/A	N8 / (N7)	VER NOTA 4
FORMATO A2	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA
PROYECTÓ	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
DIBUJÓ	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque	
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto	
ESCALA: 1:3 (1:5)	PIEZA	PERFIL VERTICAL DERECHO		No. PIEZA: 03
	PERTENECE A	BANCO BALÍSTICO		REV. A



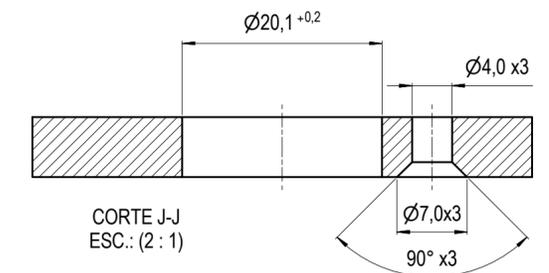
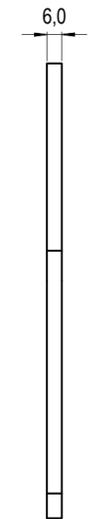
FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECATRÓNICA

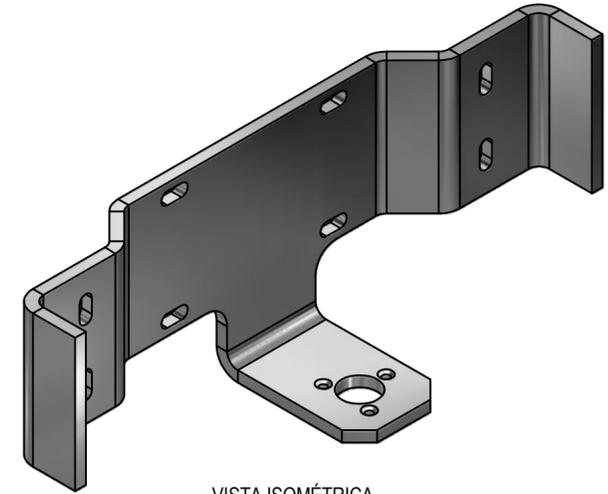
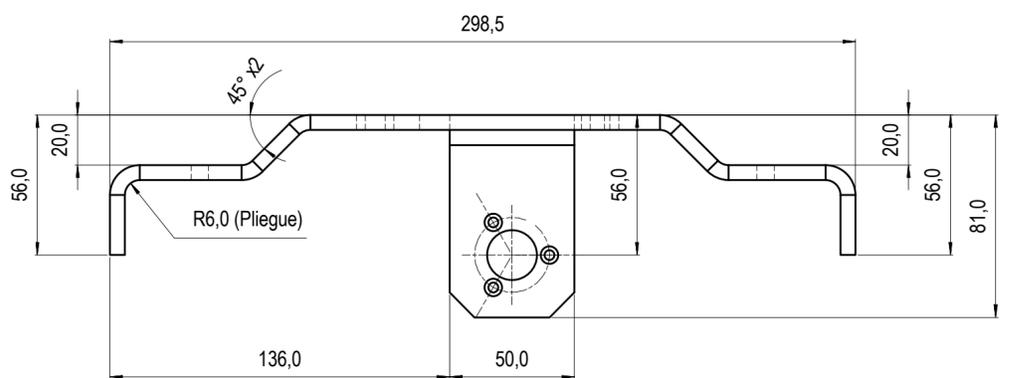
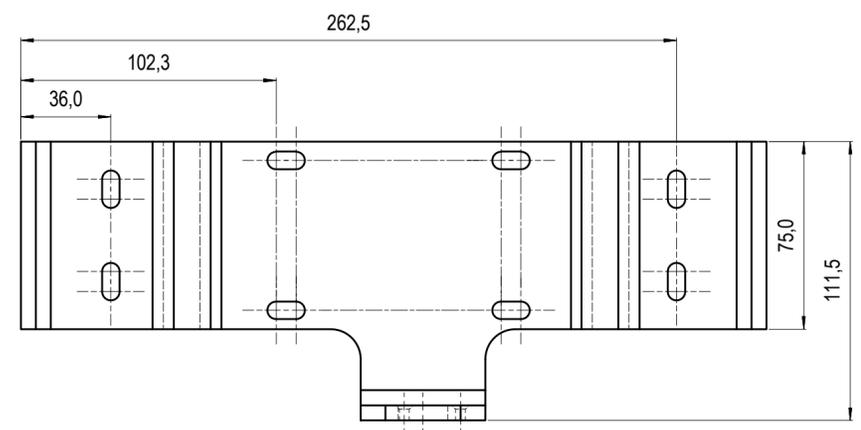
**PROPIEDAD**  
Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventón/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



DESARROLLO  
ESC.: ( 1 : 2 )



CORTE J-J  
ESC.: ( 2 : 1 )



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 2 )

- NOTAS:  
 1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.  
 2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.  
 3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS:	0,2
ELIMINAR REBABAS:	0,2

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL
SAE/AISI 1020	1,495 kg	N/A	N/A	PAVONADO
FORMATO A2	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA
PROYECTO	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
DIBUJO	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque	
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto	
ESCALA:	PIEZA	SOPORTE MOTORREDUCTOR DERECHO		
1:2				
	PERTENECE A	BANCO BALÍSTICO		

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA**

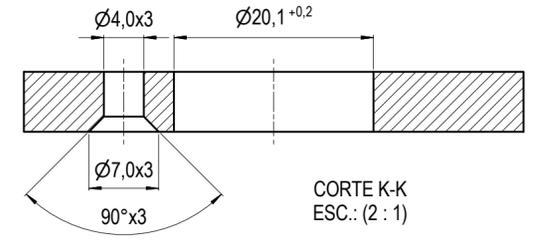
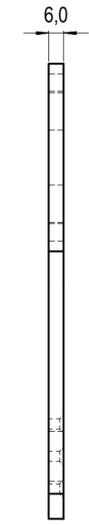
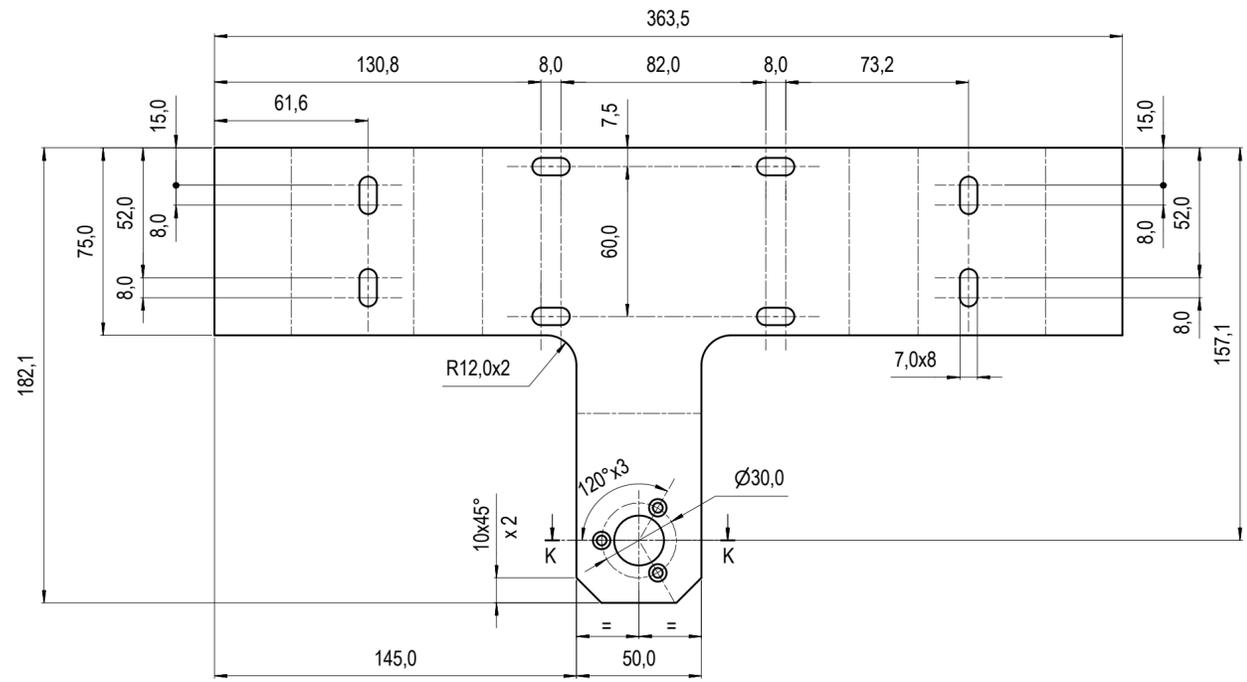
FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECATRÓNICA

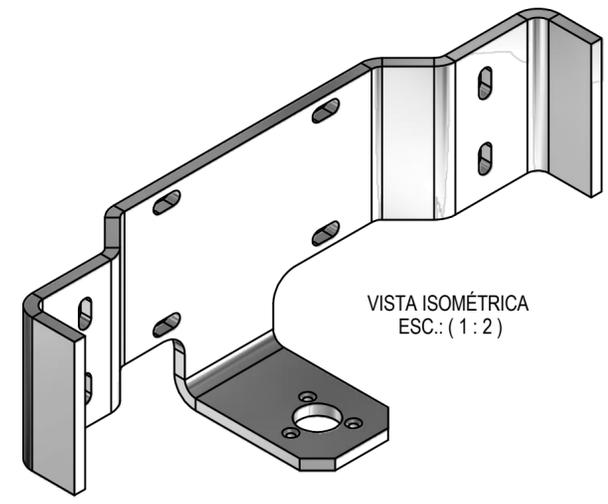
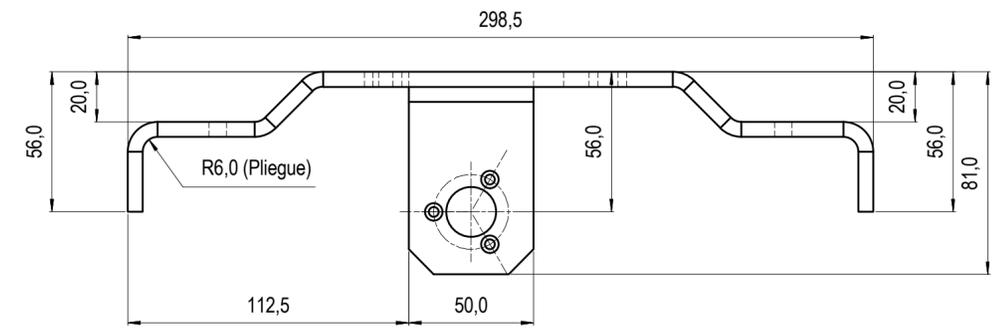
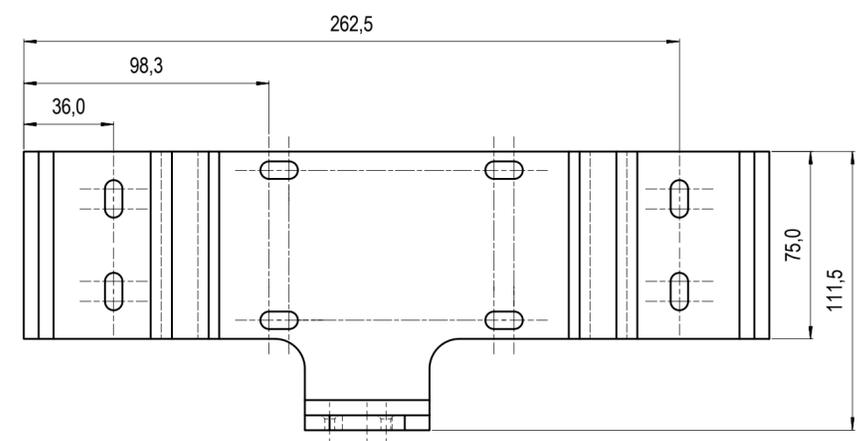
No. PIEZA: 09  
REV.: A

PLANO HOJA 1 DE 1

PROPIEDAD  
 Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventos/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completado o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



DESARROLLO  
ESC.: (1 : 2)

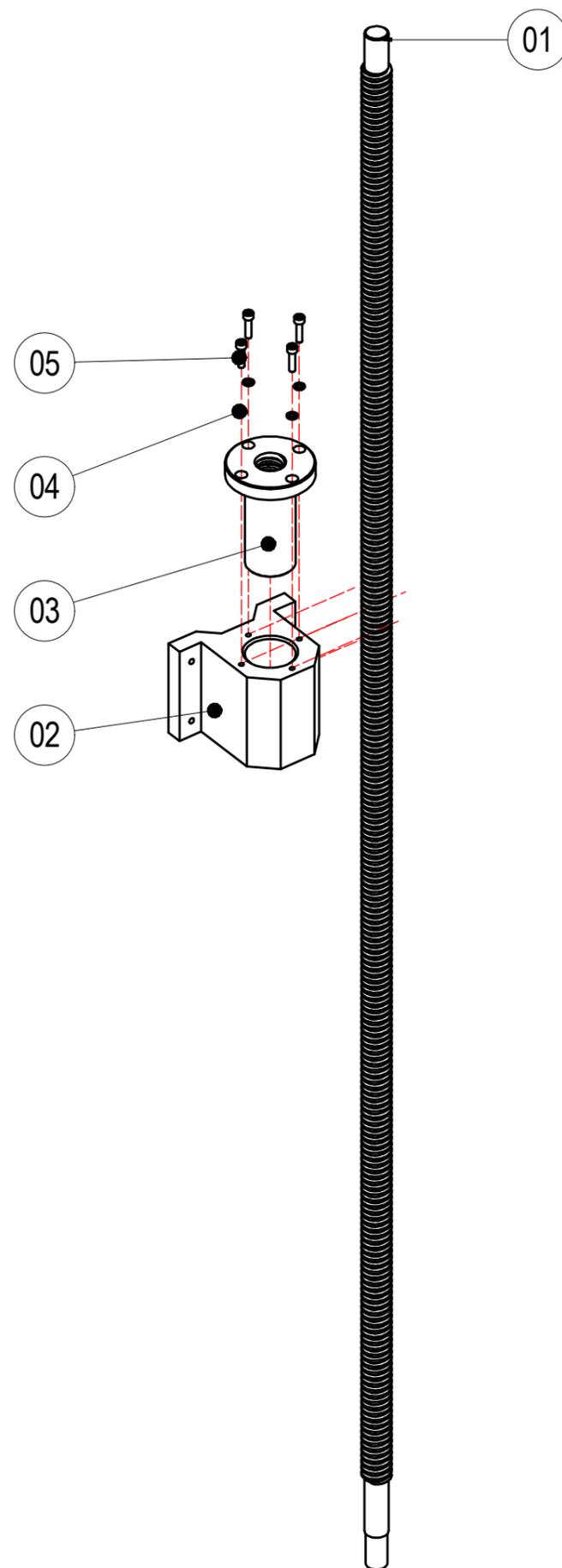


VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 2)

- NOTAS:  
 1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.  
 2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.  
 3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	
SAE/AISI 1020	1,495 kg	N/A	N/A	PAVONADO		
FORMATO A2	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO DIBUJO	25/10/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque		INGENIERÍA MECATRÓNICA	
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA: 1:2	PIEZA	SOPORTE MOTORREDUCTOR IZQUIERDO			No. PIEZA: 08	REV. A
TOLERANCIA ANG. ± 1°	TOLERANCIA LIN. ± 0,1	PERTENECE A			PLANO HOJA 1 DE 1	
RADIOS INTERNOS: 0,2	ELIMINAR REBABAS: 0,2	BANCO BALÍSTICO				

PROPIEDAD  
 Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventivo/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completado o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

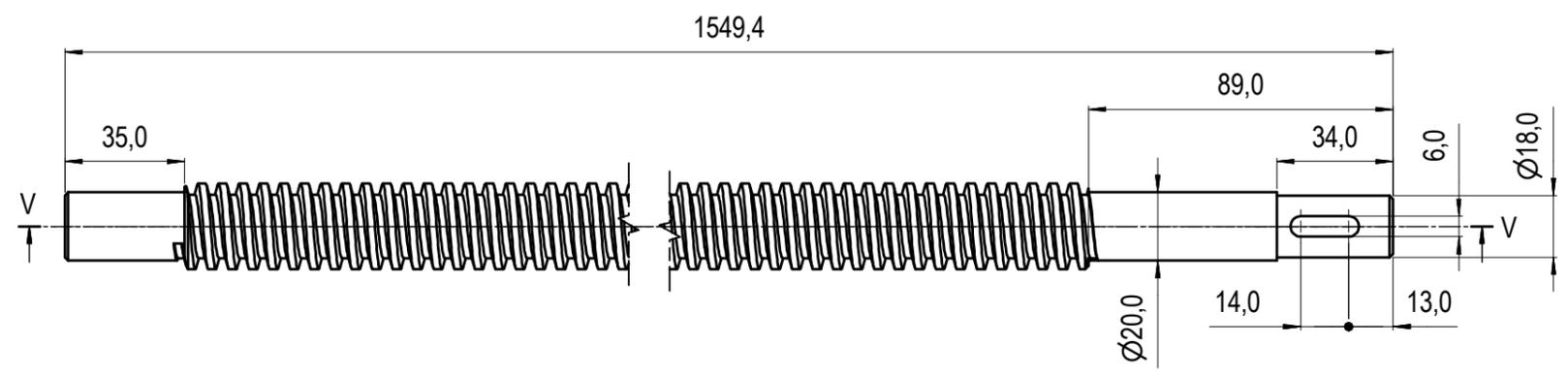
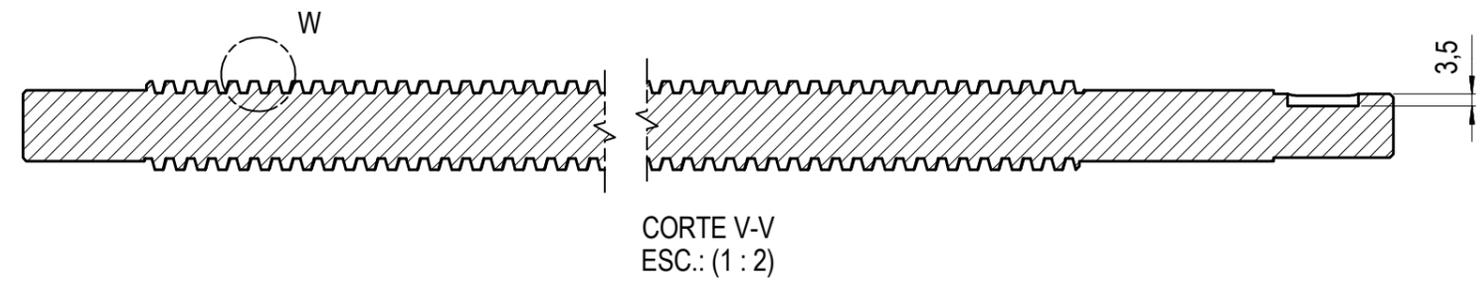
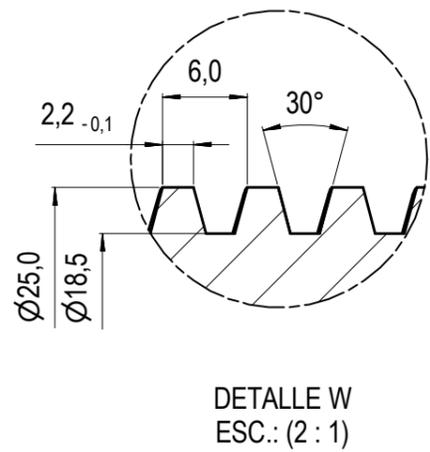


05	4	TORNILLO ALLEN M5x20 (DIN 912)				
04	4	ARANDELA DE PRESIÓN Ø5 (DIN 127)				
03	1	BUJE ROSCADO EJE VERTICAL Y HORIZONTAL				
02	1	SOPORTE BUJE HORIZONTAL				
01	1	TORNILLO DE POTENCIA HORIZONTAL				
No.	CANT.	DESIGNACIÓN				
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
	9,601 kg	N/A		N/A		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		INGENIERÍA MECATRÓNICA	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA: 1:5	PIEZA	SUBCONJUNTO TORNILLO DE POTENCIA HORIZONTAL			No. PIEZA: 07	REV. A
	PERTENECE A	BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA 1 DE 4	

**PROPIEDAD**

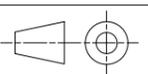
Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inención/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

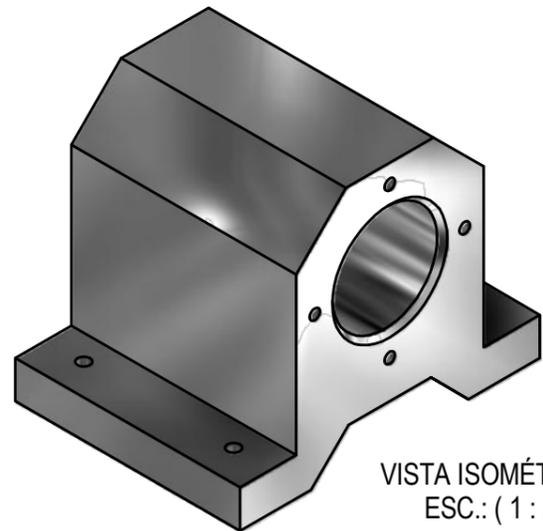


- NOTAS:
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
  2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
  3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

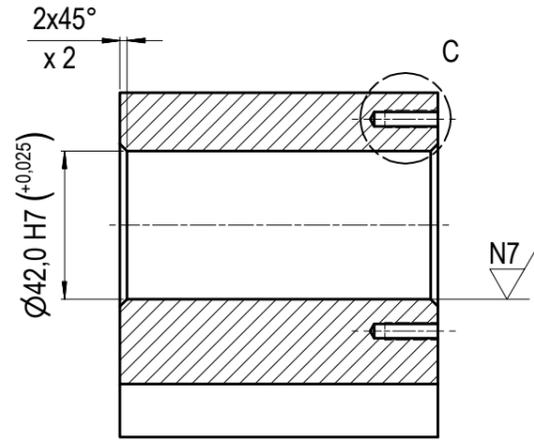
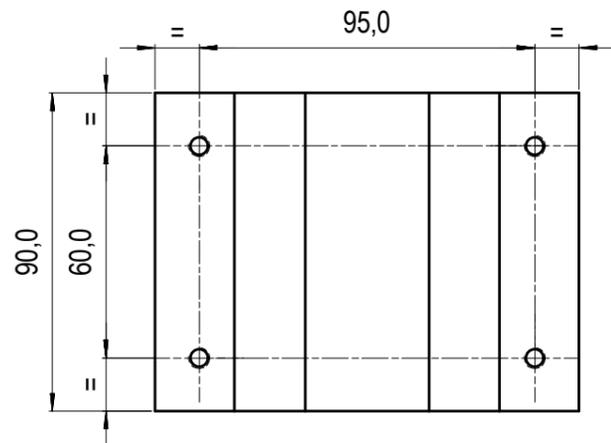
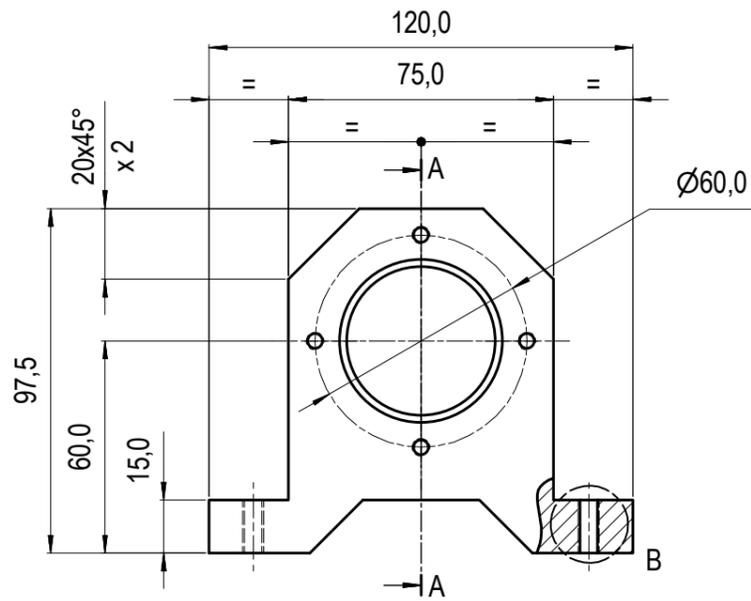
TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 4140	4,546 kg	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	10/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	10/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA: 1:2 (2:1)	PIEZA	TORNILLO DE POTENCIA HORIZONTAL			No. PIEZA: 01	REV. A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO TORNILLO DE POTENCIA HORIZONTAL BANCO BALISTICO			PLANO HOJA 2 DE 4	

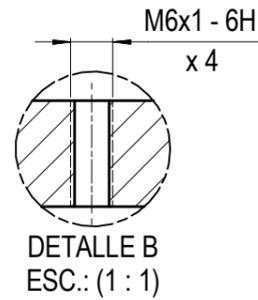
Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inención/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, copiado o parcialmente a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



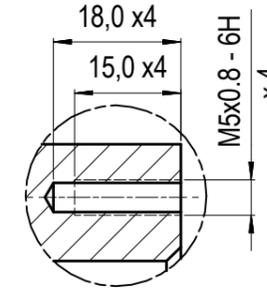
VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 2)



CORTE A-A  
ESC.: (1 : 2)



DETALLE B  
ESC.: (1 : 1)



DETALLE C  
ESC.: (1 : 1)

NOTAS:

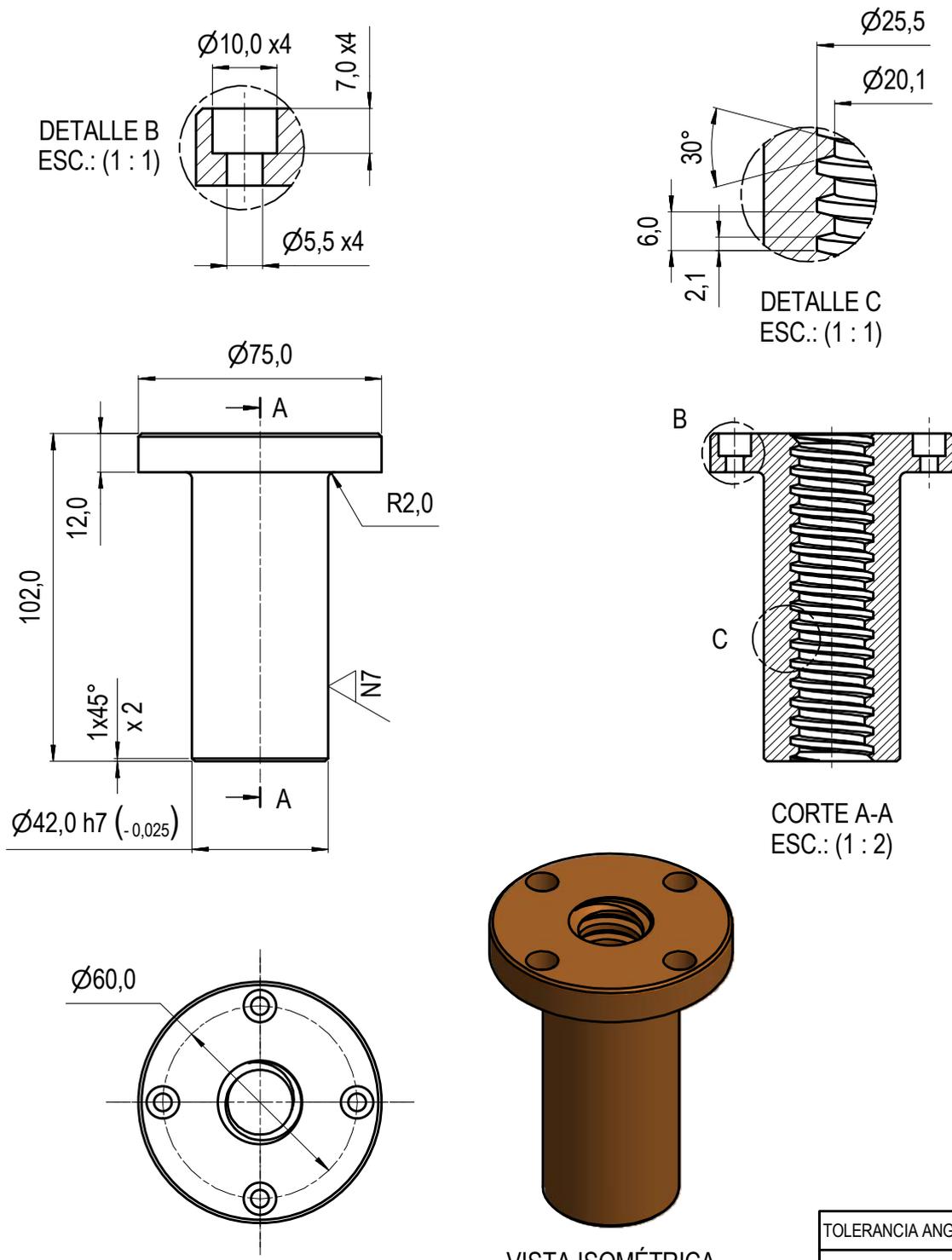
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 1045	3,852 kg	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	10/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	10/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA: 1:2 (1:1)	PIEZA	SOPORTE BUJE HORIZONTAL			No. PIEZA: 02	REV. A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO TORNILLO DE POTENCIA HORIZONTAL BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA 3 DE 4	

**PROPIEDAD**

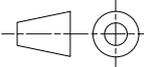
Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

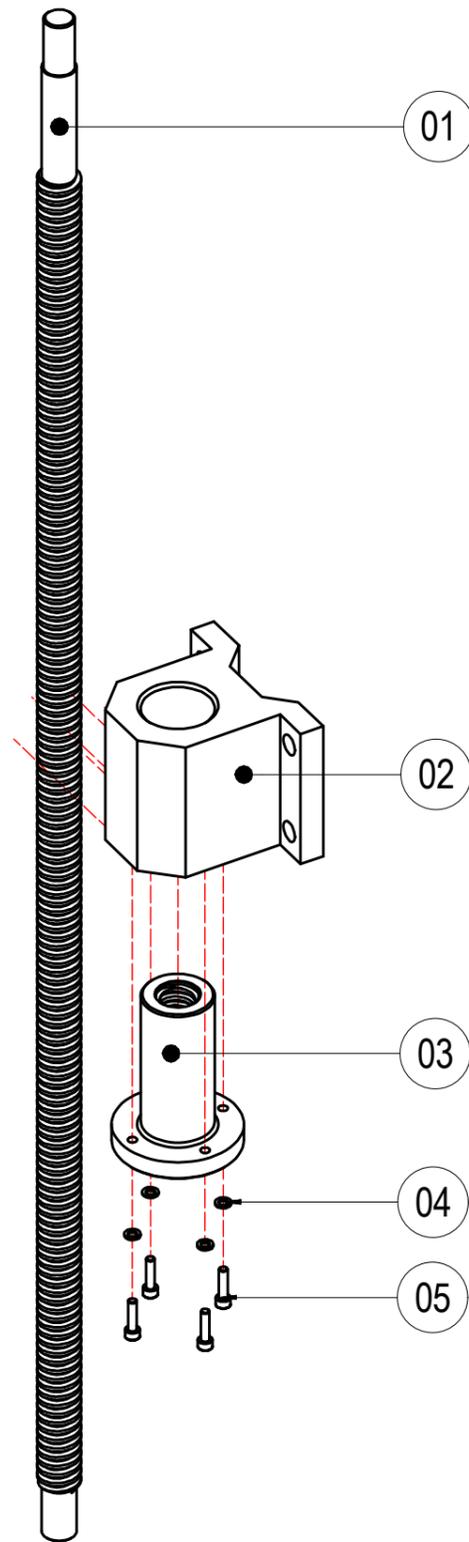


**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
BRONCE FOSFORADO	1,182 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	BUJE ROSCADO EJE VERTICAL Y HORIZONTAL			No. PIEZA.	REV.
1:2 (1:1)					03	A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO TORNILLO DE POTENCIA HORIZONTAL Y VERTICAL BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA	4 DE 4



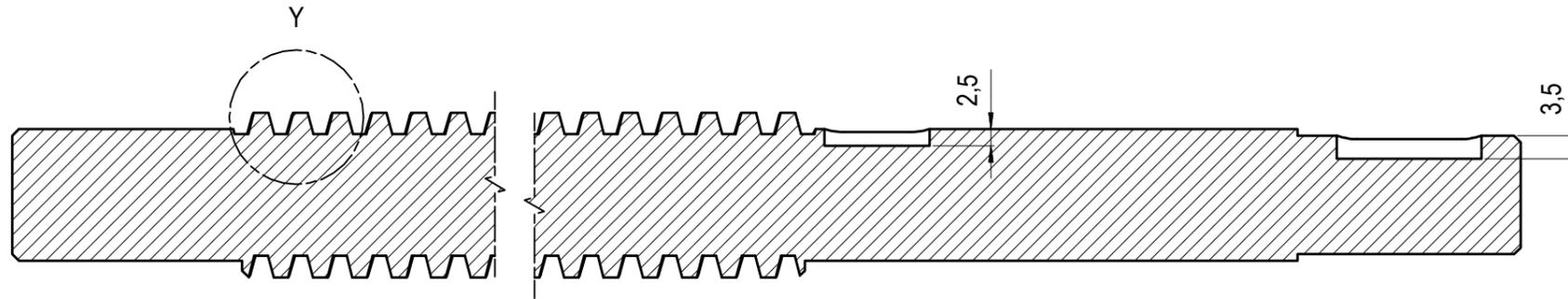
05	4	TORNILLO ALLEN M5x20 (DIN 912)
04	4	ARANDELA DE PRESIÓN Ø5 (DIN 127)
03	1	BUJE ROSCADO EJE VERTICAL Y HORIZONTAL
02	1	SOPORTE BUJE VERTICAL
01	1	TORNILLO DE POTENCIA VERTICAL
No.	CANT.	DESIGNACIÓN

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>
	8,047 kg	N/A		N/A	
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>
PROYECTÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		
DIBUJÓ	17/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque		
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto		

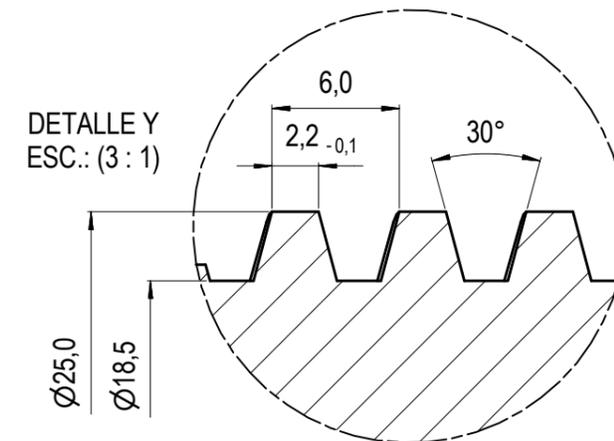
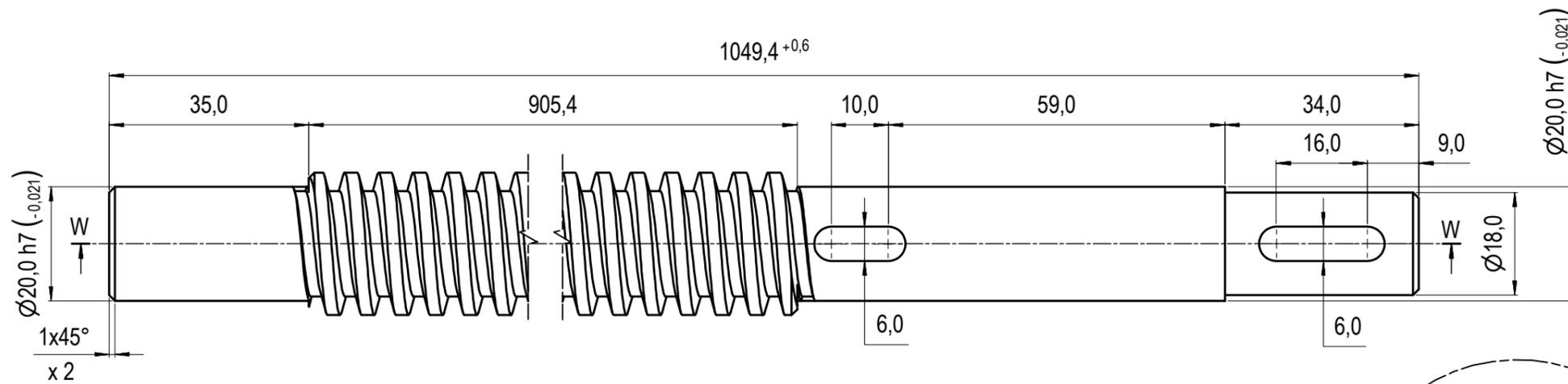
ESCALA:	PIEZA	SUBCONJUNTO TORNILLO DE POTENCIA VERTICAL	No. PIEZA.	REV.
1:4			06	A
	PERTENECE A	BANCO BALÍSTICO		PLANO HOJA 1 DE 4

**PROPIEDAD**

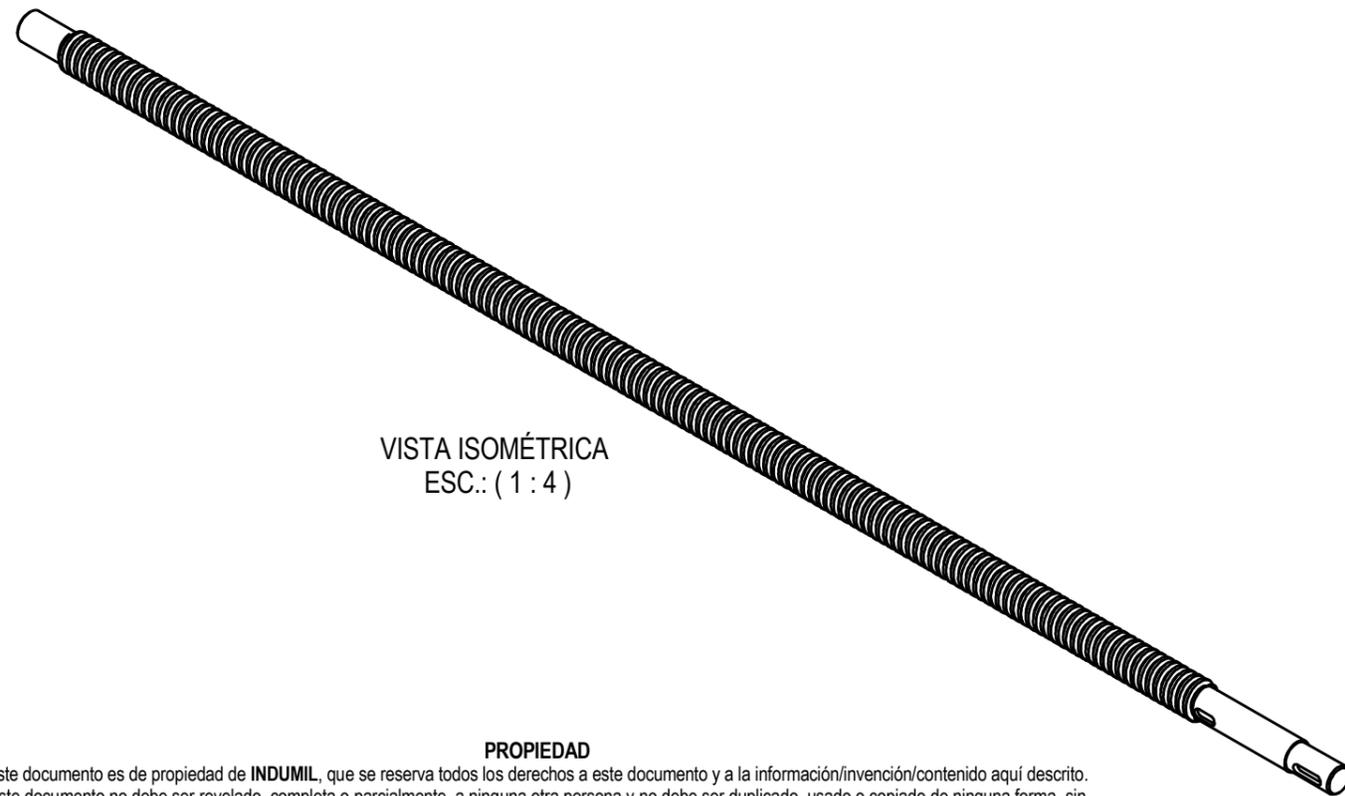
Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



CORTE W-W  
ESC.: (1 : 1)



DETALLE Y  
ESC.: (3 : 1)

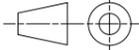


VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 4)

NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

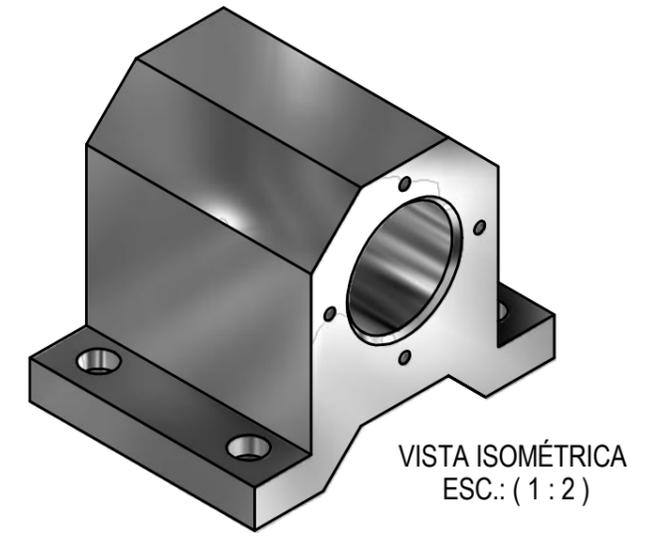
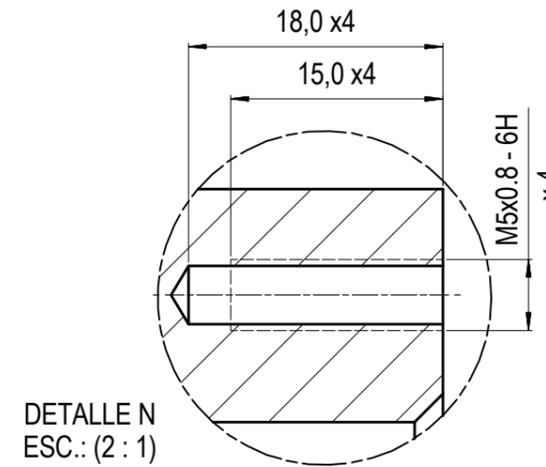
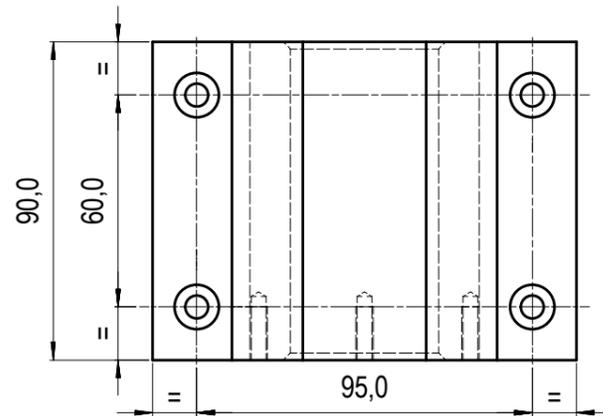
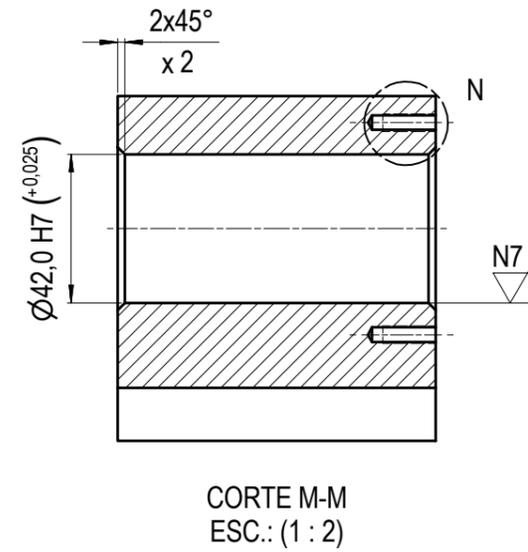
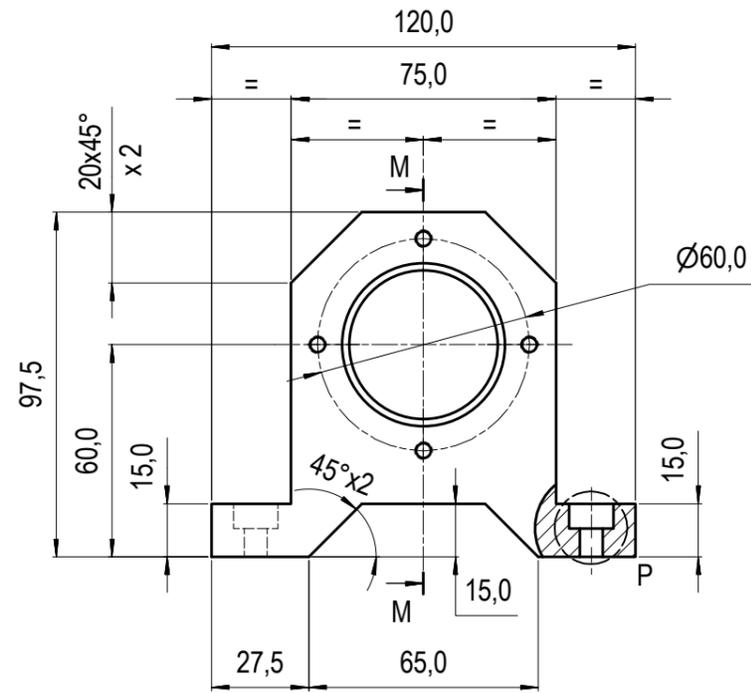
TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 4140	3,039 kg	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	09/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	09/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA: 1:1 (1:4)	PIEZA	TORNILLO DE POTENCIA VERTICAL			No. PIEZA: 01	REV. A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO TORNILLO DE POTENCIA VERTICAL BANCO BALÍSTICO			PLANO HOJA 2 DE 4	

PROPIEDAD

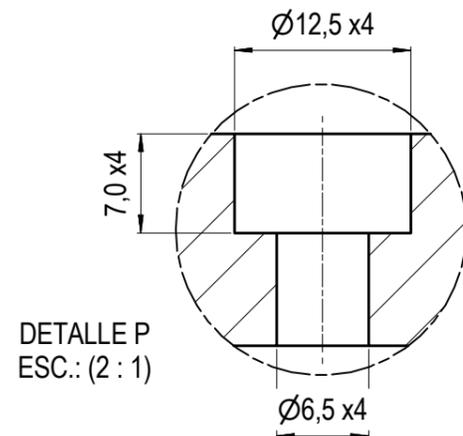
Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

**PROPIEDAD**  
 Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventario/contenido aquí descrito.  
 Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin  
 previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



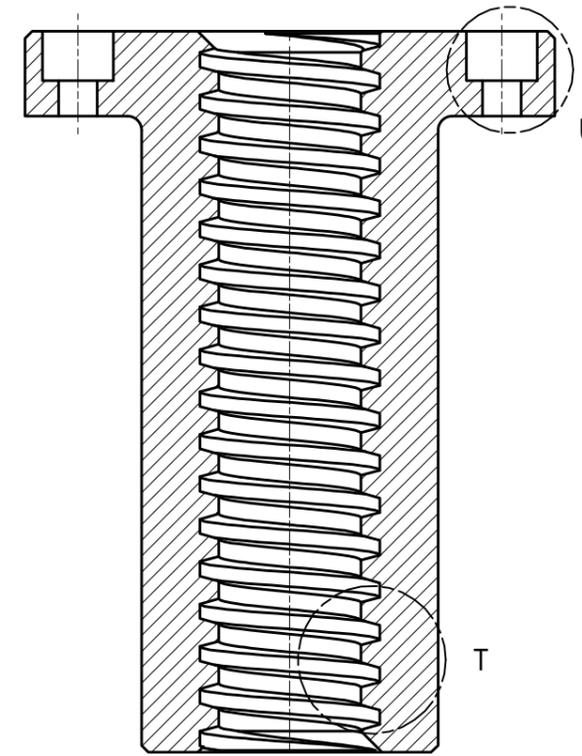
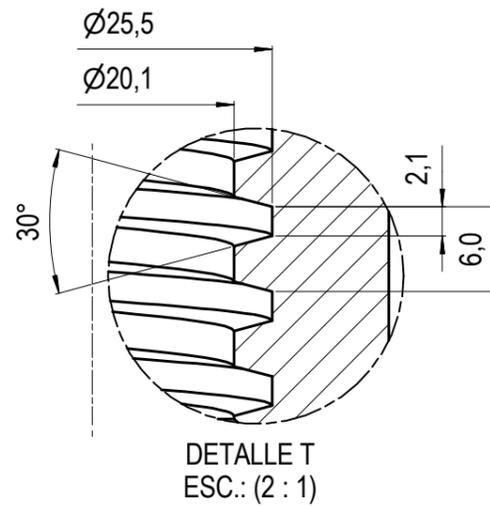
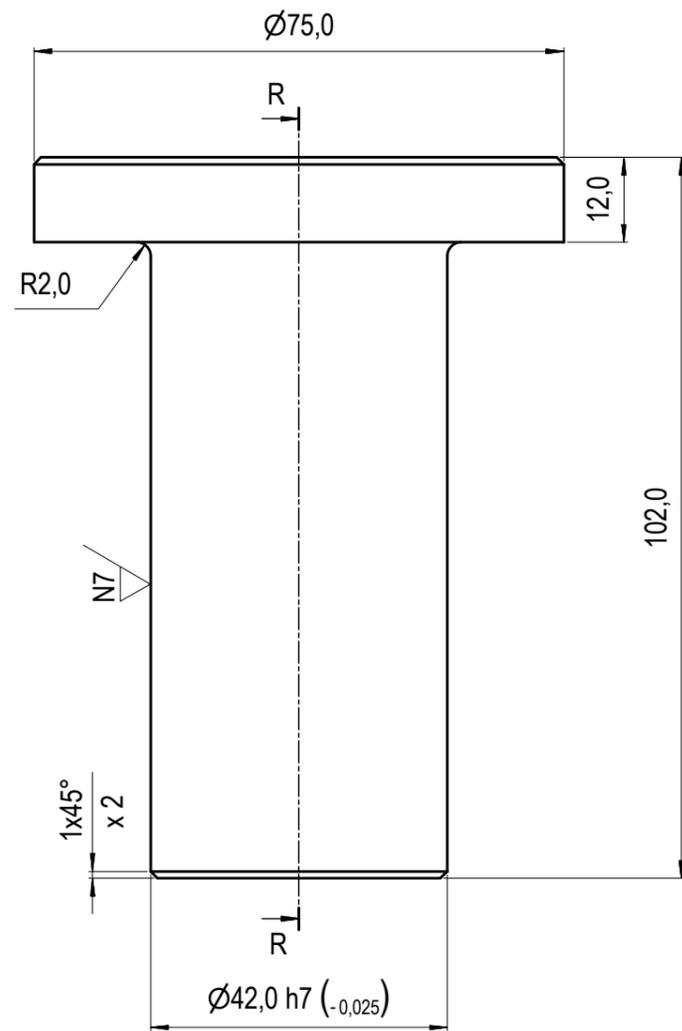
**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

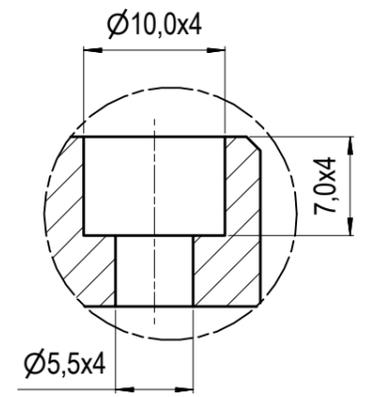


TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS:	0,2
ELIMINAR REBABAS:	0,2

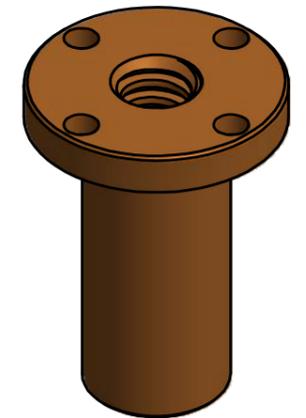
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 1045	3,805 kg	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTÓ	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia		INGENIERÍA MECATRÓNICA	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA:	PIEZA	SOPORTE BUJE VERTICAL			No. PIEZA:	REV.
1:2					02	A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO TORNILLO DE POTENCIA VERTICAL			PLANO	
		BANCO BALÍSTICO			HOJA	
					3 DE 4	



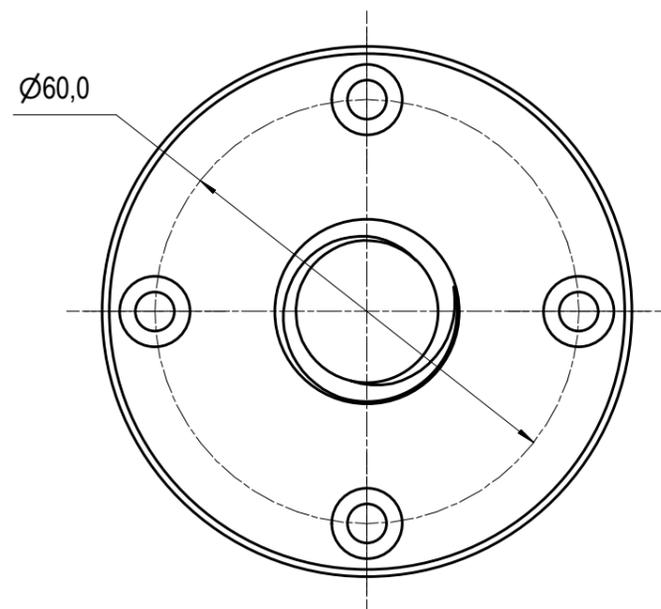
CORTE R-R  
ESC.: (1 : 1)



DETALLE U  
ESC.: (2 : 1)



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 2)



PROPIEDAD

Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/invencción/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.

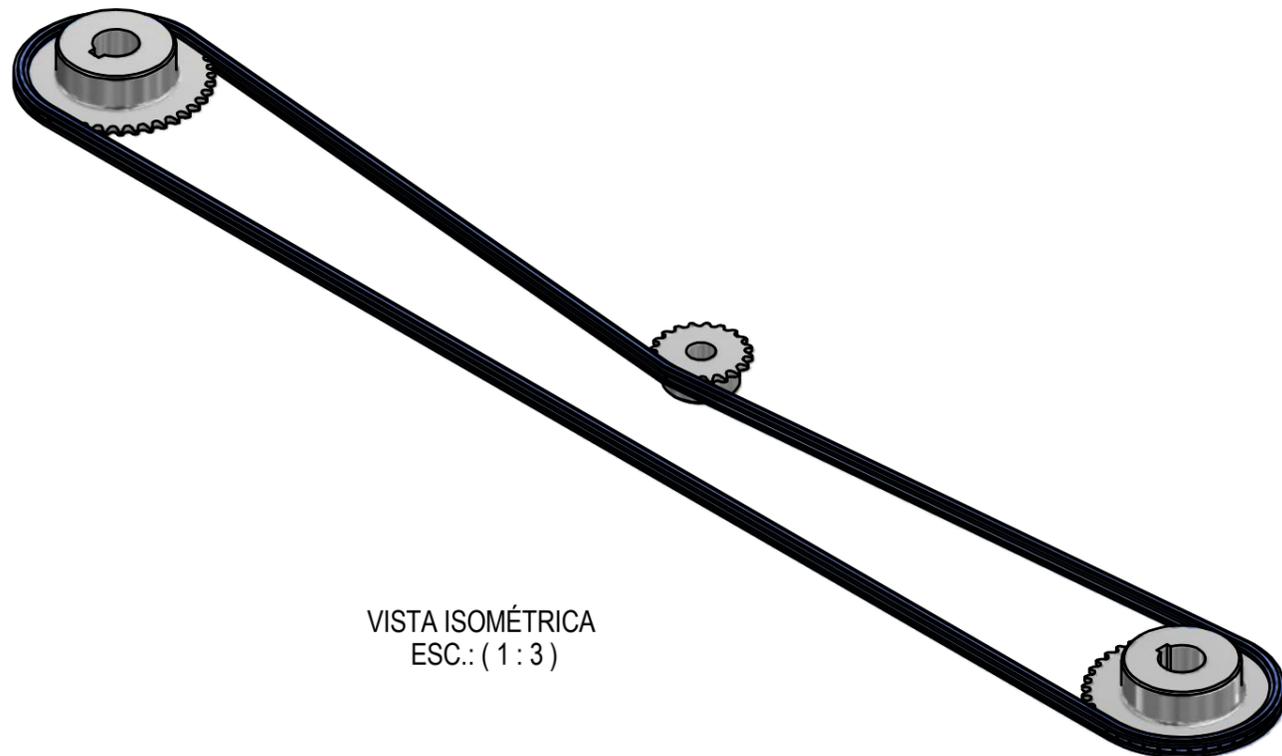
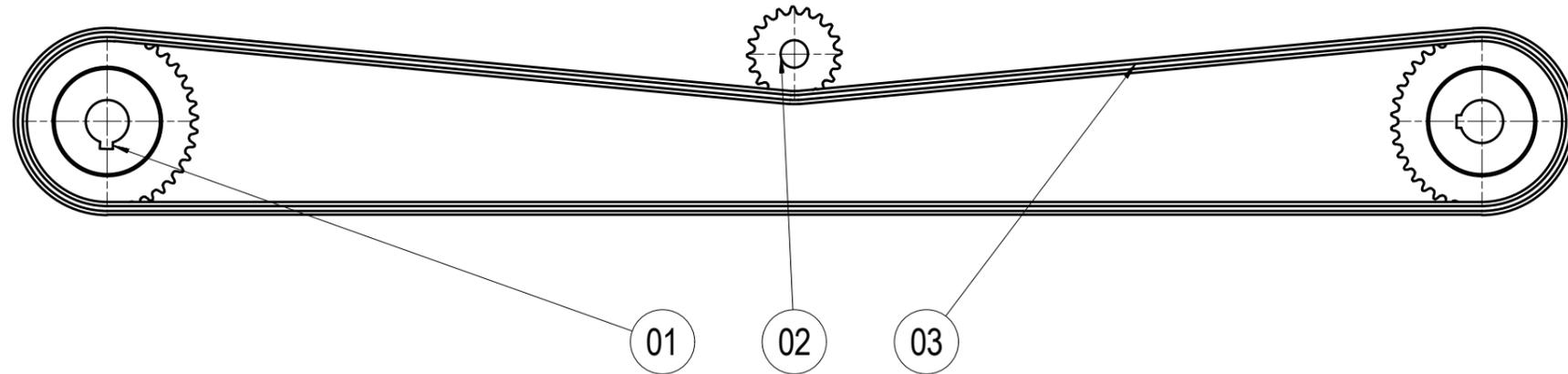
NOTAS:

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
BRONCE FOSFORADO	1,182 kg	N/A	N7	N/A		
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	08/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto			
ESCALA: 1:1 (2:1 - 1:2)	PIEZA	BUJE ROSCADO EJE VERTICAL Y HORIZONTAL			No. PIEZA: 03	REV. A
	PERTENECE A	SUBCONJUNTO TORNILLO DE POTENCIA HORIZONTAL Y VERTICAL BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA 4 DE 4

**PROPIEDAD**  
 Este documento es de propiedad de **INDUMIL**, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventoría contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por **INDUMIL**. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: ( 1 : 3 )

03	1	CADENA DE RODILLOS ANSI No. 25 PASO 1/4 in (No. Eslabones 242)		
02	1	PIÑÓN TENSOR		
01	2	PIÑÓN CONDUCTOR		
No.	CANT.	DESIGNACIÓN		
MATERIAL	PESO DE MATERIAL 0,813 kg	TRATAMIENTO TÉRMICO N/A	RUGOSIDAD N/A	ACABADO SUPERFICIAL N/A
FORMATO A3	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA
PROYECTÓ	24/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
DIBUJÓ	24/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia	
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque	
		PROFESIONAL DID	Ing. Edwin N. Prieto	
ESCALA: 1:3	PIEZA	SUBCONJUNTO TRANSMISIÓN DE CADENA		No. PIEZA. 15
	PERTENECE A	BANCO BALÍSTICO		REV. A
				PLANO HOJA 1 DE 3

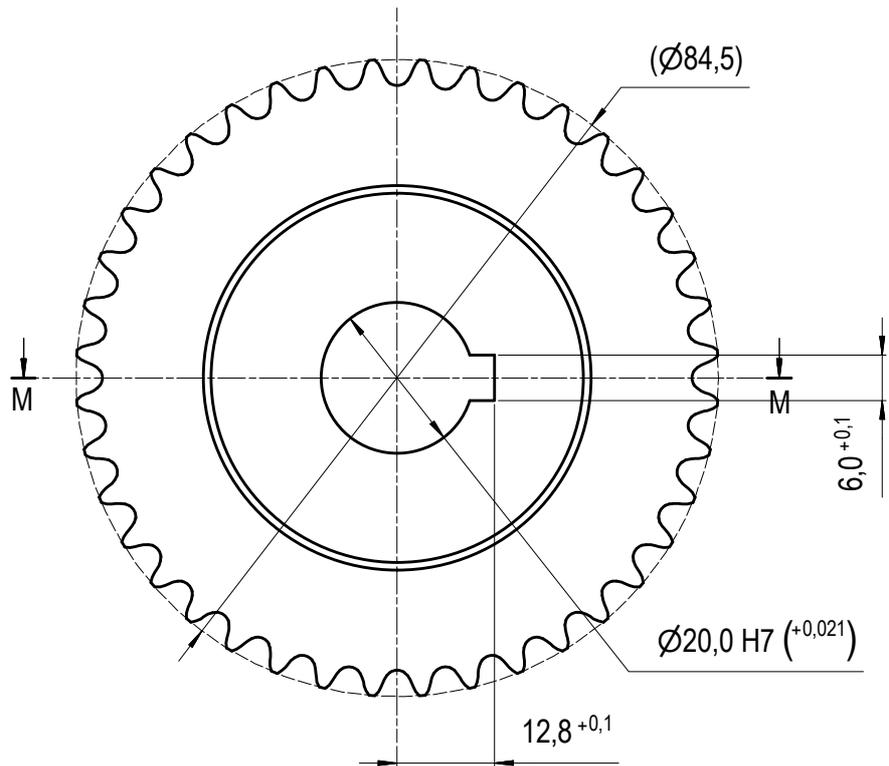


**UNIVERSIDAD DE  
SAN BUENAVENTURA**

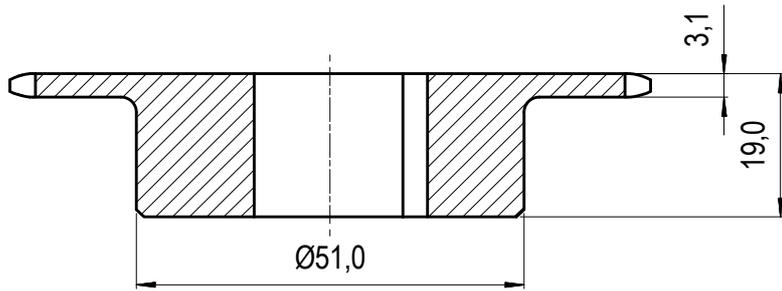
FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECATRÓNICA

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inención/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completado o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 2)



CORTE M-M  
ESC.: (1 : 1)

NOTAS:

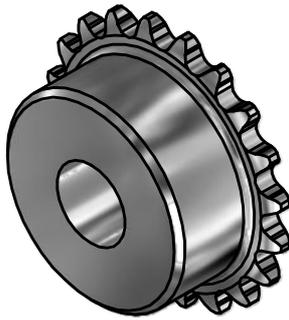
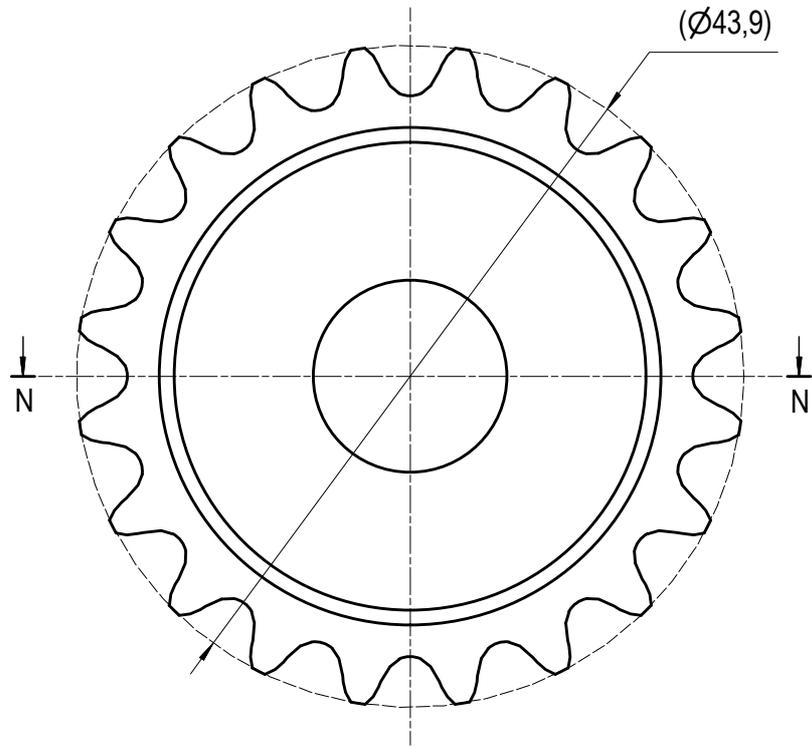
1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. PIÑÓN PARA CADENA ANSI No. 25 CON PASO DE 1/4 In
5. NÚMERO DE DIENTES Z = 40.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

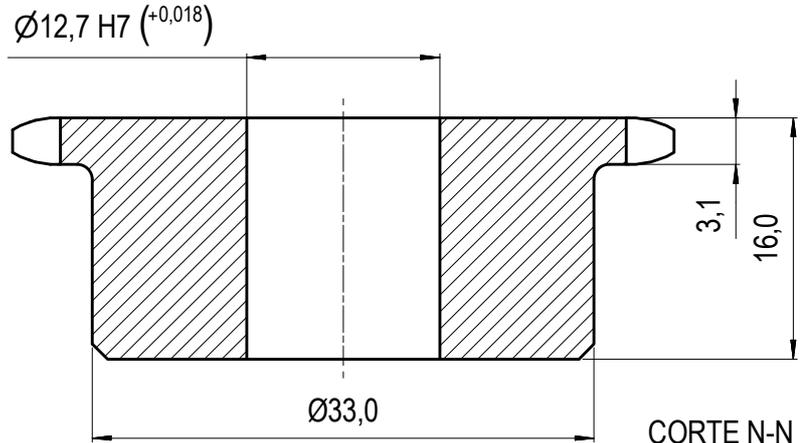
MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 1045	0,329 kg	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	24/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	24/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
ESCALA:	PIEZA				No. PIEZA.	REV.
1:1		PIÑÓN CONDUCTOR			01	A
PERTENECE A		SUBCONJUNTO TRANSMISION DE CADENA BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA 2 DE 3

**PROPIEDAD**

Este documento es de propiedad de INDUMIL, que se reserva todos los derechos a este documento y a la información/inventación/contenido aquí descrito. Este documento no debe ser revelado, completa o parcialmente, a ninguna otra persona y no debe ser duplicado, usado o copiado de ninguna forma, sin previo permiso escrito del personal autorizado por INDUMIL. La aceptación de este documento se constituirá como aceptación de las condiciones anteriores.



VISTA ISOMÉTRICA  
ESC.: (1 : 1)



CORTE N-N  
ESC.: (2 : 1)

**NOTAS:**

1. MEDIDAS EN MILÍMETROS.
2. MEDIDAS SIN INDICACIÓN DE TOLERANCIA SEGÚN TABLA.
3. ELIMINAR REBABAS Y ARISTAS VIVAS.
4. PIÑÓN PARA CADENA ANSI No. 25 CON PASO DE 1/4 In
5. NÚMERO DE DIENTES Z = 20.

TOLERANCIA ANG.	TOLERANCIA LIN.
± 1°	± 0,1
RADIOS INTERNOS: 0,2	
ELIMINAR REBABAS: 0,2	

MATERIAL	PESO DE MATERIAL	TRATAMIENTO TÉRMICO	RUGOSIDAD	ACABADO SUPERFICIAL	 <b>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA</b>	
SAE/AISI 1045	0,101 kg	N/A	N7	PAVONADO		
FORMATO A4	FECHA	CARGO	NOMBRE	FIRMA	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>INGENIERÍA MECATRÓNICA</b>	
PROYECTÓ	24/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
DIBUJÓ	24/11/2011	ESTUDIANTE	Andrés F. Valencia			
REVISÓ		TUTOR	Ing. Alfonso Duque			
ESCALA:	PIEZA				No. PIEZA.	REV.
2:1		PIÑÓN TENSOR			02	A
PERTENECE A		SUBCONJUNTO TRANSMISION DE CADENA BANCO BALÍSTICO				PLANO HOJA 3 DE 3