

## ANEXO A

### Datos obtenidos de la visita a un hospital local

Como parte del estudio de los requerimientos del exoesqueleto para rehabilitación, se realizó una visita al **Hospital Clínica Geriátrica San Isidro Labrador**, ubicado en el Km. 3.5 de la Carretera Central. A este centro son trasladados los pacientes al estabilizarse su condición luego de haber sufrido un evento que requiere terapia física neuromuscular para recuperarse. La visita fue guiada por la doctora Lic. Giovanna Cachay. Los datos obtenidos fueron los siguientes:

#### 1. Sobre los pacientes:

- Los pacientes que son trasladados a este centro para rehabilitación suelen ser quienes han sufrido accidente cerebrovascular, traumatismo medular, derrame cerebral, isquemia, distrofias, ataxia, atetosis y otras afecciones neurológicas con consecuencias a nivel muscular.
- Estos pacientes son los que recién han sido estabilizados, por lo que se considera se les considera agudos o sub-agudos.
- La mayoría de ellos son de edad avanzada, en promedio de 55 años.
- En las terapias se atiende entre 14 a 20 pacientes por día.
- Su permanencia en el hospital varía de 15-20 días, luego de lo cual son dados de alta y su tratamiento diario cambia por uno interdiario ambulatorio.

#### 2. Sobre las terapias:

- Los tratamientos suelen estar orientados a actividades de la vida diaria (empujar una puerta, coger un vaso, levantar objetos) u otros movimientos relacionados con el trabajo u ocupación del paciente.
- Las sesiones suelen durar entre 30 y 45 minutos. Las sesiones más largas (40-45 min) son dedicadas preferentemente a los pacientes con mayor potencial de recuperación.
- En cada terapia se realizan 3 o 4 ejercicios distintos, y cada día se pueden variar uno o más de los ejercicios del día anterior.
- Además de realizar movimientos propios de AVD, se busca la irradiación del movimiento de una parte del cuerpo a la otra. Por ejemplo, en un paciente con discapacidad en uno de los brazos, el ejercicio de aplastar una pelota a la altura del pecho con ambos brazos estimula los músculos del deteriorado a ejercer la misma fuerza que el miembro sano, es decir, se irradia el movimiento.
- Las terapias buscan la rehabilitación empezando por lo proximal (más cercano a la línea media del cuerpo) y conforme progresa el paciente se enfoca en lo distal (más lejano a la línea media del cuerpo).
- Las terapias deben ser de acuerdo al rango de movimiento de cada paciente, el cual puede estar limitado como en el caso de los que presentan acortamiento del músculo pectoral, lo que les imposibilita de realizar la abducción completa del hombro.

### 3. Sobre los resultados de la terapia:

- En los distintos casos que se han visto en el hospital, los pacientes que mostraron una mayor recuperación (varios de los cuales incluso dejaron el hospital caminando por sus propios medios) fueron aquellos que tenían un buen nivel cognitivo, que contaban con soporte familiar/emocional y que estaban en buena o aceptable condición física en cuanto a contextura.
- Los pacientes llegan a este centro luego del evento en fase aguda o sub-aguda, por lo cual sus músculos afectados se encuentran en una etapa llamada “flácida” en la cual no pueden moverse ni ejercer fuerza alguna. Solo realizan ejercicios con ayuda del terapeuta para mantener la movilidad de las articulaciones. Luego de un tiempo, el tono muscular se va recuperando y se deben mantener los ejercicios para que la rigidez obtenida sea una funcional y no demasiada tal que el músculo resulte atrofiado. A esta etapa se le llama “espástica”, y se caracteriza por los repentinos espasmos musculares que puede sufrir el paciente.
- Los pacientes afectados del hemisferio izquierdo del cerebro que presentan afasia comprensiva o del lenguaje y comprensiva (mixta) presentan las mayores dificultades, ya que su capacidad cognitiva está deteriorada.

**Conclusiones:** Como resultado del estudio, se determinaron las siguientes consideraciones y requerimientos adicionales para el exoesqueleto:

- Ya que los pacientes pueden sufrir dolores si se restringe su movimiento durante los espasmos, el equipo estará orientado a quienes se encuentran en la etapa de flacidez solamente.
- Para que el tratamiento cumpla con el objetivo de concientizar el movimiento, el paciente debe tener una capacidad cognitiva aceptable, con lo cual se excluyen pacientes con afasia comprensiva y mixta.
- Se debe considerar que los límites del rango de movimiento o los tipos de movimiento deben poder ser configurados por el terapeuta antes del uso para evitar daños al paciente.
- El equipo debe poder usarse por periodos prolongados como los que duran las sesiones (30-45 min).

## Anexo B

### Grados de libertad requeridos y sus limitaciones

Como se menciona en el capítulo 3, el objetivo en cuanto a diseño mecánico es lograr un exoesqueleto con tres grados de libertad de tipo rotacional correspondientes a la abducción-aducción del hombro, flexión-extensión del hombro y flexión extensión del codo.

Lo que se busca con el uso de estos grados de libertad es la capacidad de emular o imitar movimientos típicos de actividades de la vida diaria. Este tipo de movimientos son ampliamente usados en terapias de miembro superior, como se menciona en el anexo A. Además, el enfoque en el hombro y codo se debe a que en las terapias se busca la recuperación desde lo proximal (cercano al centro del cuerpo) a lo distal (lejano al centro del cuerpo), lo cual también se menciona en el anexo A. Por lo tanto, primero se estaría buscando la rehabilitación del hombro y luego la del codo. Las terapias posteriores al uso del exoesqueleto podrían concentrarse también en la muñeca y mano.

La articulación del codo puede modelarse como una rótula, ya que además de la abducción-aducción y la flexión-extensión también posee el movimiento de rotación interna y externa, por lo que tendría tres ejes de giro. Sin embargo, es posible realizar trayectorias que se aproximen a actividades de la vida diaria con solo la abducción-extensión y la flexión-extensión del hombro, junto con la flexión-extensión del codo.

Los movimientos típicos del hombro mencionados se ilustran en la figura B.1.

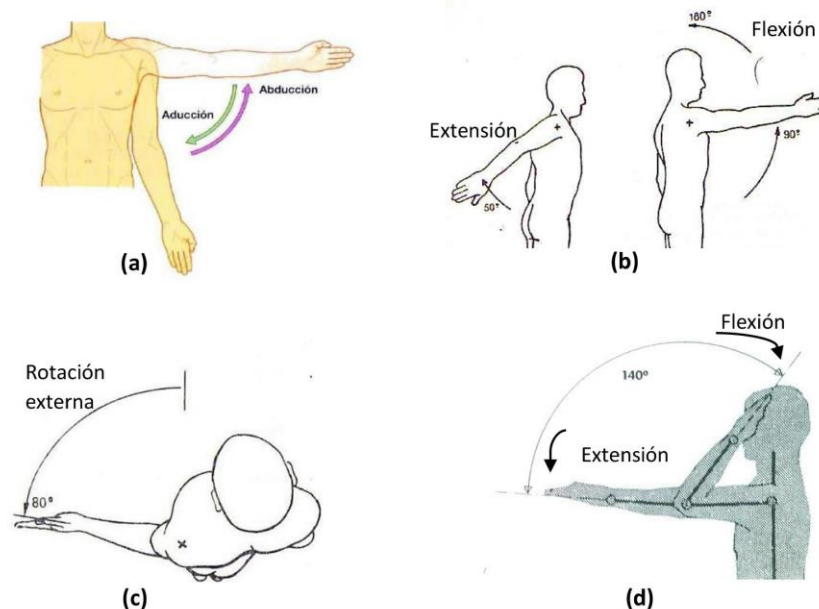


Figura B.1 - Cuatro movimientos básicos del brazo humano. (a) Abducción-aducción. (b) Flexión-extensión del hombro. (c) Rotación interna-externa (d) Flexión-extensión del codo.

La abducción ocurre en un plano frontal y tiene su límite a 180°. La aducción se da en el mismo plano y se relaciona con extensión en un muy bajo grado, y con flexión de 30° a 40°.

La flexión-extensión del hombro ocurre en un plano sagital (plano de perfil). La flexión llega hasta los 180° y la extensión puede llegar entre los 45° a 60°.

La flexión-extensión del codo es similar a la del hombro, pero con mayor rango angular en la flexión.

La tabla B.1 muestra el rango de movimiento (ROM por sus siglas en inglés) de los movimientos mostrados que son usados en actividades de la vida diaria [19].

Tabla B.1 – Rangos de movimiento del brazo en actividades de la vida diaria

Articulación	Movimiento	Rango del movimiento (ROM) en actividades de la vida diaria
Hombro	Flexión-extensión	110°
	Abducción-aducción	100°
	Rotación interna-externa	135°
Codo	Flexión-Extensión	150°

El uso de cables por parte del exoesqueleto lo limita a trabajar solo cuando estos están en tensión, por ellos se debe cuidar que los centros de masa de los segmentos del brazo siempre se ubiquen de modo que tensionen los cables. De otro modo, una vez perdida, la tensión en el cable no puede recuperarse a menos que el terapeuta mueva manualmente el exoesqueleto, considerando que el usuario no puede mover el brazo. Entonces, los rangos de movimiento que son el objetivo de este diseño, tal que aseguren que siempre se mantenga tensión en los cables, serán:

- Flexión del hombro: 90° (82% del total).
- Abducción del hombro: 60° (60% del total).
- Flexión del codo: 120° (80% del total).

Se decidió limitar la abducción en un rango de 0 a 60° ya que en este el movimiento puede efectuarse únicamente en la articulación glenohumeral y no requeriría de un movimiento significativo de la escápula u omóplato (hueso de la parte posterior que gira con el conjunto del hombro), con lo cual se asegura que el hombro del paciente no alcance posiciones incómodas debido a la rigidez del exoesqueleto en la articulación del hombro.

## ANEXO C

### Análisis Técnico Económico

En esta parte se presenta la evaluación de las distintas posibles soluciones aplicando la metodología según la norma VDI 2225<sup>1</sup>, para lo cual se debe conocer las siguientes variables empleadas:

- Valor técnico (Xi)
- Valor económico (Yi)
- p: puntaje de 0 a 4 (Escala de Valores según VDI 2225)  
0= No satisface, 1= Aceptable a las justas, 2= Suficiente, 3= Bien, 4= Muy bien (ideal)
- g: Peso ponderado y se da en función a la importancia de los criterios de evaluación

#### Estructura de funciones

Antes de utilizar el equipo, se debe realizar un entrenamiento del sistema en el que se practica realizando un pensamiento consciente (de preferencia relacionado con el movimiento de la extremidad correspondiente) que luego se corresponderá con una acción del aparato. Una vez hecho el entrenamiento, el sistema debe estar listo para detectar sin errores cuando este envía la señal de accionamiento.

El usuario se coloca el exoesqueleto (con ayuda del fisioterapeuta) y las correas son ajustadas a su brazo. Primero ajusta las del antebrazo, asegurando que la junta de su codo (eje de la articulación) se corresponda y coincida con la del exoesqueleto. Luego, se verifica que el brazo (segmento superior) del usuario se encuentre en una posición adecuada para que se adapte de la mejor manera al segmento correspondiente del exoesqueleto. Una vez asegurado, el sistema es encendido y se inicia la transmisión de datos desde la interfaz al controlador. El usuario debe evocar el pensamiento consciente por el tiempo necesario para que el sistema de control se asegure de que tiene la intención de iniciar el movimiento y no se trata de un pensamiento al azar. Luego de que se detecta la señal de accionamiento, se inicia con la secuencia de movimientos predeterminados. Esto se repite durante toda la sesión hasta el apagado del sistema.

---

<sup>1</sup> Disponible en <<http://www.vdi.eu/index.php?id=44869>>

### Matriz morfológica

Funciones parciales	Portadores de funciones		
	Fibra de carbono	Aluminio	Acero
Estructura de soporte (material)			
Actuadores principales	Motores DC 	Actuador lineal eléctrico 	Servomotores 
Transmisión del movimiento de los actuadores	Acoples directos entre motor y junta 	Engranajes 	Cables y poleas 
Adquisición de señales cerebrales (EEG)	Emotiv EPOC 	XWave headset 	Neural Impulse Actuator 
Trasmisión de datos desde interfaz a controlador	Cableada 	Inalámbrica 	
Sistema de control	Basado en Arduino 	Basado en microcontroladores 	
Alimentación	Fuente DC 	Baterías 	

Figura C.1 - Matriz morfológica



### Ventajas y desventajas de las alternativas:

Comparación de los materiales para la estructura:

Tabla C.1 - Comparación de posibles materiales

	Ventajas	Desventajas
Fibra de carbono	Resistente y muy ligera	Alto costo de fabricación
Aluminio	Resistente y ligera, precio accesible y fácil mecanizado	Mayor densidad que la fibra de carbono.
Acero	Resistente y de bajo costo, de muy fácil mecanizado	Muy pesado

Comparación de los tipos de transmisión:

Tabla C.2 - Comparación de posibles transmisiones

	Ventajas	Desventajas
Acoples	Mínimas pérdidas por fricción	Poco efectivo en distancias largas, agregan peso considerable
Engranajes	Fácil implementación y ensamble	Generan fricción, poco efectivos en largas distancias
Cables y poleas	Pocas pérdidas a largas distancias y ligeros	Generan fuerzas de reacción en la estructura

Comparación entre los tipos de actuadores:

Tabla C.3 - Comparación de posibles actuadores

	Ventajas	Desventajas
Motores DC	Se pueden alimentar con baterías. Conveniente para control en amplio rango de velocidades con precisión.	Mayor mantenimiento.
Actuador lineal eléctrico	Control de movimiento preciso y suave. Poco mantenimiento y larga vida útil.	Rango de movimiento limitado.
Servomotores	Posicionamiento preciso y control de posición angular integrado.	Para torques altos, el precio del servomotor se vuelve muy elevado.

Las interfaces cerebro-computadora ya fueron comparadas en el capítulo 2 “Estado del arte”. Con respecto a la transmisión de datos, la ventaja cableada es que es más veloz y fiable que la inalámbrica, pero no es recomendable el exceso de cables en un centro de rehabilitación por motivos de seguridad. Por otro lado, un sistema de control basado en Arduino es más fácil de configurar y programar que los microcontroladores. Además, con

respecto a la alimentación, el uso de baterías podría ser viable dependiendo de la potencia necesaria para los actuadores con el diseño final. Sin embargo, dado que se trata de un equipo de rehabilitación que estará en un hospital, también puede ser alimentado por la red eléctrica y luego el voltaje sería rectificado por la fuente de poder.

### Evaluación técnico-económica

Se realizará la evaluación de las alternativas aplicando la recomendación VDI 2225.

### Valor técnico (Xi)

Tabla C.4 – Análisis técnico de las alternativas de solución

Variantes del concepto			Alternativa 1			Alternativa 2		Alternativa 3	
Nro.	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	
1	Precisión de la adquisición de señales	2	2	4	2	4	4	8	
2	Tiempo que toma el entrenamiento del equipo	1.5	4	6	2	3	4	6	
3	Peso del exoesqueleto (parte sujeta al brazo)	1.5	1	1.5	4	6	3	4.5	
4	Volumen y peso de todo el equipo	0.5	1	0.5	4	2	2	1	
5	Facilidad de control de los grados de libertad	2	3	6	3	6	1	2	
6	Movimientos pueden realizarse suavemente	1.5	3	4.5	3	4.5	3	4.5	
7	Soporta usuarios de distintas estaturas y pesos	1	4	4	3	3	3	3	
8	Resistencia y durabilidad de los componentes	1	2	2	4	4	3	3	
9	Facilidad de mantenimiento	0.5	2	1	3	1.5	4	2	
10	Precisión de los movimientos	0.5	2	1	2	1	3	1.5	
Puntaje máximo $\sum p$ o $\sum gp$		12	24	30.5	30	35	30	35.5	
Valor técnico Xi			0.6	0.6354167	0.75	0.7291667	0.75	0.73958333	



## Valor económico (Yi)

Tabla C.5 – Análisis económico de las alternativas de solución

Variantes del concepto			Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Nro.	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp
1	Sistema de adquisición de señales cerebrales	2	2	4	2	4	4	8
2	Sistema de procesamiento de señales cerebrales (software de la interfaz)	1	4	4	2	2	4	4
3	Sistema control de actuadores	1	2	2	4	4	3	3
4	Transmisión del movimiento de los actuadores	0.5	3	1.5	2	1	4	2
5	Sistema de actuación (motores o actuadores lineales)	2	1	2	4	8	3	6
6	Estructura (material)	1	3	3	3	3	1	1
7	Caja contenedora de componentes electrónicos	0.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5
Puntaje máximo $\sum p$ o $\sum gp$		8	18	18	20	23.5	22	25.5
Valor técnico Xi			0.64285714	0.5625	0.71428571	0.734375	0.78571429	0.796875

Con el diagrama de evaluación según VDI 2225 se determina la solución óptima:

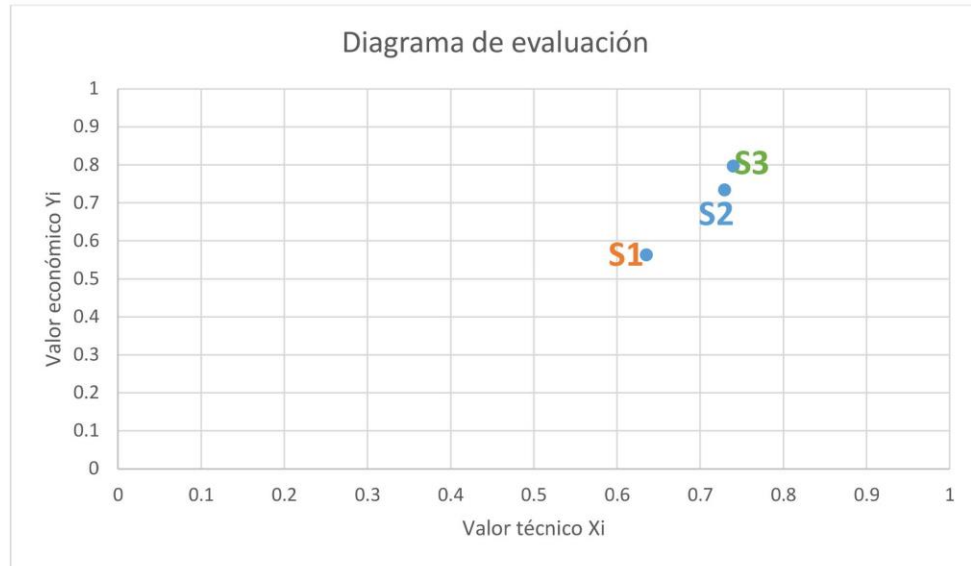


Figura C.2 – Diagrama de evaluación según VDI 2225

La solución 3 es notablemente la que obtuvo mayor puntuación, tanto en el aspecto técnico como en el económico y es por lo tanto la que posee las características más apropiadas para la aplicación, por lo que será la escogida.

## Anexo D

### Criterio de selección de componentes electrónicos

#### D.1 Optoacoplador

El optoacoplador debe poder operar a los voltajes necesarios en su entrada y salida. Para este caso, la entrada será una señal PWM de 5 Vpp (pico-pico) proveniente del controlador y la salida será una señal PWM de 12 Vpp hacia los actuadores. La frecuencia adecuada de la PWM depende de los actuadores, que en este caso serían los actuadores lineales, específicamente sus motores DC. Ya que los rangos de frecuencia en los que se suele controlar un motor DC van de 4 KHz a 40 KHz, para este diseño se usará la frecuencia más baja del rango, de 4 KHz, cuyo periodo sería de 0.25 ms.

El optoacoplador que cumple con los requerimientos es el 4N27, el cual cumple con los requerimientos antes mencionados. Si bien es posible operarlo a 4 KHz, ya que los tiempos de subida y bajada en conmutación son de 2  $\mu$ s, la señal no necesariamente mantiene la forma cuadrada (efecto de las capacitancias del transistor a la salida), por lo que se debe incluir un disparador Schmitt.

#### D.2 Disparador Schmitt

El disparador debe poder operar a la frecuencia (4 KHz) y al voltaje necesario (12V).

El disparador Schmitt escogido es el HEF4093B, el cual opera de 3 a 15 V y un tiempo de transición del voltaje alto al voltaje bajo y viceversa de 30 ns, mucho menor que el valor típico del optoacoplador, el cual es 2  $\mu$ s. Por lo tanto, el disparador le dará a la onda PWM la forma deseada.

#### D.3 Mosfet IRF740

Ya que se trabajará con una PWM de 4 KHz, el mosfet escogido es uno de conmutación rápida, que además puede soportar altos voltajes y corrientes (400 V y 10 A como máximo).

#### D.4 Fuente de alimentación

La fuente debe proveer tres tomas de 12 V para los actuadores y una de 10 V para el Arduino Mega 2560. Las corrientes máximas necesarias para los actuadores pueden obtenerse a partir de sus curvas corriente-carga y de las fuerzas máximas necesarias, las cuales son de 217 N (para abducción del hombro), 313.1 N (para flexión del hombro) y 138.05 N (para flexión del codo).

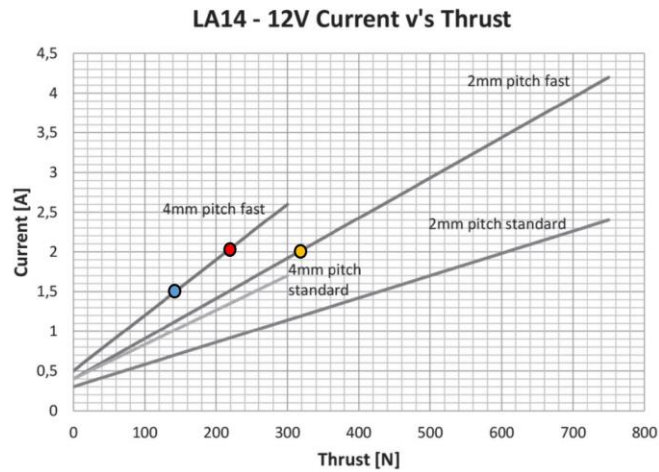


Figura D.1 - Curva corriente-fuerza del actuador lineal LA14

En la figura D.1 se aprecia el punto azul que corresponde a la fuerza de 138.05 N, el rojo que corresponde a la de 217 N y el amarillo que corresponde a la de 313.1 N. Como se menciona en el capítulo 3, en la parte de sensores y actuadores, el actuador para el que se requiere 313.1 N es un modelo con 2 mm de paso de husillo, mientras que los otros dos son de 4 mm de paso de husillo.

Las corrientes requeridas en los actuadores serán 2 A, 1.5 A y 2 A. Para la salida de 10 V al controlador Arduino Mega, se debe tener en cuenta que este consume 40 mA por pin de E/S (entrada/salida).

El total de salidas usadas, según los planos esquemáticos, es:

$$3 \text{ salidas PWM} + 6 \text{ salidas digitales} = 9 \times 40 \text{ mA} = 450 \text{ mA}.$$

Por seguridad, se requerirá que la corriente para cada toma del actuador sea mayor a la requerida para soportar los picos de corriente. Se considera que los picos no superarán el doble de la corriente debido a los métodos de control empleados.

A partir de la figura y del cálculo para el Arduino, se tiene que los requerimientos para las salidas de la fuente son:

Tabla D.1 - Requerimientos de voltajes y corrientes de la fuente

Salida	Voltaje nominal	Corriente máxima
1	12 V	4 A
2	12 V	3 A
3	12 V	4 A
4	10 V	1 A

Las especificaciones completas de los componentes electrónicos se encuentran en el anexo K "Hojas de datos".

## Anexo E

### Medidas antropométricas del hombre peruano para el diseño del exoesqueleto

Según las estadísticas proporcionadas por el Instituto Nacional de Salud (INS), se tiene que la estatura promedio de los peruanos a nivel nacional es de 1.57 m, siendo la talla promedio de los varones 1.64 m y 1.51 m en las mujeres [20]. Además, de la tabla 1.1 "Gross Anthropometric Data for the Upper Limbs" extraída de [21] se obtienen los ratios entre los links o eslabones que conforman el miembro superior y la altura de la persona. Los mismos se muestran en la figura E.1.

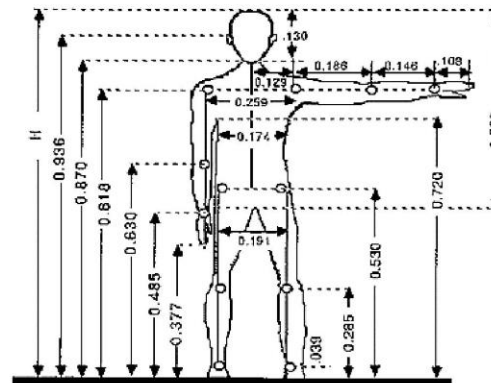


Figura E.1 - Medidas antropométricas en relación a la estatura.  
 Fuente: Blog Ergonomía2010 de Wordpress

Los links de interés para el exoesqueleto serían el brazo (de longitud L1) y antebrazo (de longitud L2). La longitud para el brazo está medida desde la articulación glenohumeral (articulación del hombro), la cual se muestra en la figura E.2, hasta la del codo; la del antebrazo está medida desde la articulación del codo a la de la muñeca.

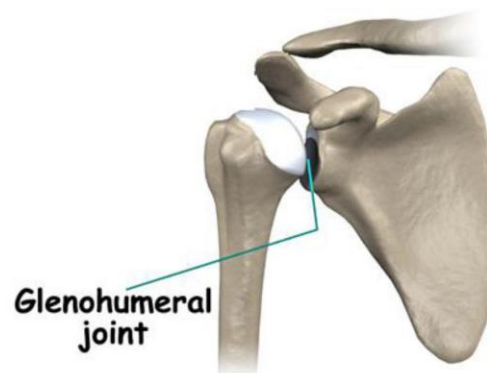


Figura E.2 - Ubicación de la articulación glenohumeral

Según lo presentado antes y empleando las medidas promedio del Perú, sus longitudes serían:

$$L_1 = 0.186H$$

$$L_2 = 0.146H$$

Donde "H" es la estatura de la persona. Con esto se calculan las medidas para varones, mujeres y el promedio.

Tabla E.1 - Medidas promedio estimadas de brazo y antebrazo

	$L_1$ (cm)	$L_2$ (cm)
Mujeres	28.1	22
Hombres	30.5	23.9
Promedio	29.2	22.9

Estos resultados pueden contrastarse con los presentados en percentiles en [21].

Tabla E.2 - Medidas de brazo y antebrazo según percentiles

Percentil	Varones			Mujeres		
	5 <sup>th</sup>	50 <sup>th</sup>	95 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	50 <sup>th</sup>	95 <sup>th</sup>
$L_1$ (cm)	28.6	30.4	32.6	26.1	27.8	29.5
$L_2$ (cm)	25.6	27.1	28.7	22.7	24.1	25.5

La medida del brazo debe poder ajustarse a la mayoría de usuarios. En base a ambas fuentes, se toma como longitud promedio del brazo la de 30 cm. Dado que el link  $L_2$  es solo de ajuste y soporte del antebrazo, si su longitud hace que coincida o no con la del usuario es irrelevante. Más aún, este debe ser más corto que el antebrazo para permitir que el exoesqueleto se ajuste en un punto más alto que la muñeca. La longitud escogida para el antebrazo será de 16 cm, permitiendo que este se ubique un poco más allá de la mitad de distancia desde el codo y que se pueda ajustar (por correas) en el punto medio del antebrazo.

#### Altura del contenedor

El contenedor debe tener una altura tal que la altura a la que sostenga el exoesqueleto, en específico a la junta o articulación del hombro para la abducción, coincida con la glenohumeral. Las medidas del hombre peruano sentado se obtienen a partir de la figura E.3 (imagen extraída de [22]). Entonces, para que el exoesqueleto esté acorde a las medidas del usuario promedio, se deben considerar la altura de la articulación glenohumeral como 86.4 cm y al altura del extremo superior del hombro como 97.9  $\approx$  98 cm.

#### Alto del hombro

El alto considerado para el hombro puede tomarse de la figura E.4, donde los extremos inferior y superior de este están a las alturas 124.5 cm y 134.5 cm, por lo que la cavidad para el hombro debe tener una altura de 10 cm como mínimo.

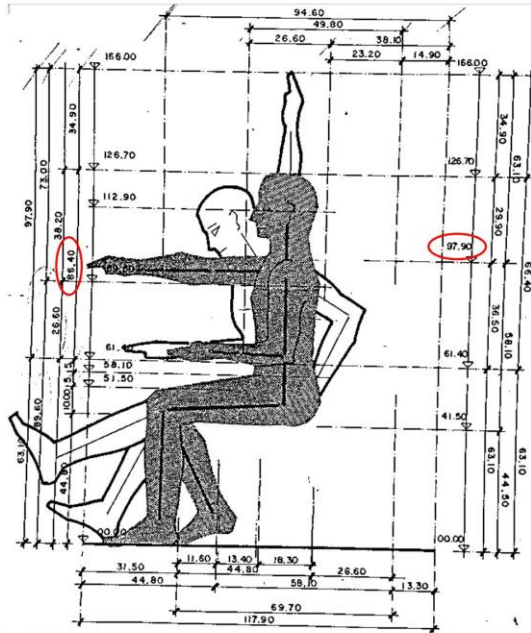


Figura E.3 - Medidas antropométricas del hombre sentado. Fuente: [22]

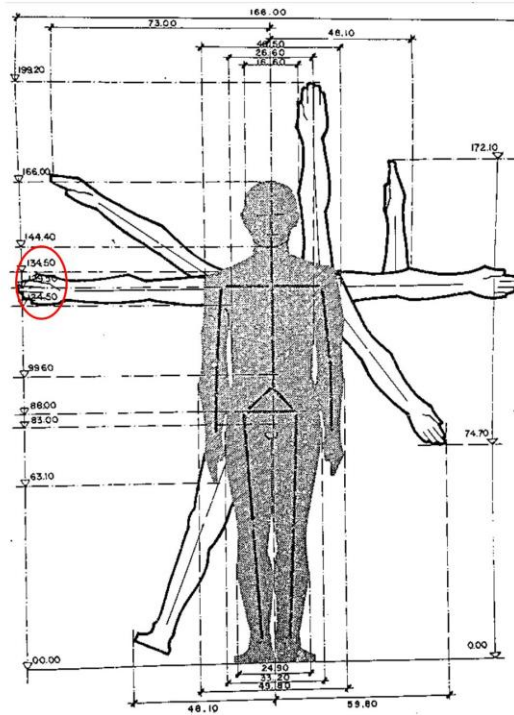


Figura E.4 - Posturas superpuestas. Fuente: [22]

## ANEXO F

### DIMENSIONAMIENTO DE EJES Y ESPESORES DE LOS ACOPLAMIENTOS

El material a emplear será aluminio 2024 T3, aluminio tratado térmicamente y envejecido naturalmente. Este material posee las siguientes ventajas:

- Muy buenas características de maquinado.
- Aleación de alta resistencia con una fuerza ligeramente superior a 2014 (A) y 2017A y 2030.
- Alta resistencia a la fatiga.
- Conveniente para la soldadura (sólo soldadura por resistencia).
- Resistencia a la corrosión sólo con revestimiento u otra protección.

Sus características mecánicas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla F.1 – Propiedades mecánicas del aluminio 2024 T3. Fuente: [23]

<b>Densidad</b>	<b>2.77 g/cm<sup>3</sup></b>
<b>Módulo de elasticidad (Young)</b>	73 GPa
<b>Máxima elongación</b>	18%
<b>Resistencia a la fatiga</b>	140 MPa
<b>Módulo de corte</b>	28 GPa
<b>Esfuerzo de corte</b>	285 MPa
<b>Esfuerzo máximo a la tensión</b>	490 MPa
<b>Esfuerzo de fluencia (límite elástico)</b>	310 MPa

Ya que las poleas son coplanares, las fuerzas de reacción generadas en la estructura serán de corte principalmente. Se considera un máximo de 500 N de carga en el eje de las juntas (50 kg aproximadamente) para el caso crítico, el cual se da en la junta del hombro correspondiente a la flexión, ya que en ella actúan reacciones de dos actuadores (correspondientes a la flexión del hombro y a la flexión del codo).

$$\tau_c = \frac{V}{A} = \frac{500 \text{ N}}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

Aplicando la teoría de Von Mises, máxima energía de distorsión:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_f + \sigma_N)^2 + 3(\tau_t + \tau_c)^2}$$

$$\sigma_{eq} \leq \frac{\sigma_f}{FS}$$

Despreciando los esfuerzos normales, flexión y torsión, ya que la fuerza más significativa es de corte:

$$\sigma_{eq} \leq \frac{310 \text{ MPa}}{FS}$$



$$\sqrt{3 \left( \frac{500 \text{ N}}{\frac{\pi d^2}{4}} \right)} \leq \frac{310 \text{ MPa}}{\text{FS}}$$

$$(\sqrt{3}) \frac{500 \text{ N}}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq \frac{310 \text{ MPa}}{\text{FS}}$$

$$(\sqrt{3}) \frac{500 \text{ N}}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq \frac{310 \text{ MPa}}{\text{FS}}$$

Para FS = 15:

$$7.3 \text{ mm} \leq d$$

Por lo tanto, el diámetro de los ejes de las juntas seleccionado será de 10 mm, el cual es común en los rodamientos comerciales.

Asimismo, los acoplamientos soportarán principalmente esfuerzos de aplastamiento (nuevamente, debido a que las fuerzas son coplanares a la superficie mayor de las piezas). Por ejemplo, para el acoplamiento del antebrazo:

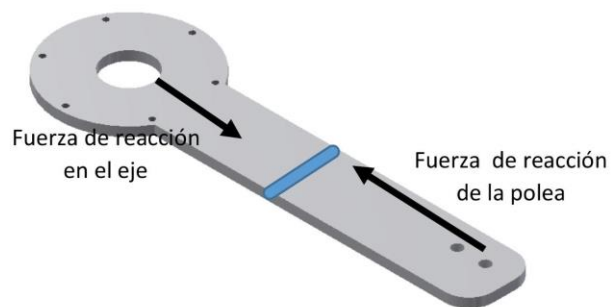


Figura F.1 - Fuerzas de aplastamiento en el eje del antebrazo

Ahora la fuerza que era de corte para el eje es de aplastamiento en el acoplamiento.

$$\sigma_{eq} \leq \frac{\sigma_f}{\text{FS}}$$

Donde:

$$\sigma_{eq} = \frac{500 N}{ab}$$

El espesor de la pieza sería  $a$  y su ancho  $b$ . Para un ancho de 3 cm (30 mm), el más pequeño que se usará en el antebrazo (en el brazo y hombro las dimensiones son mayores):

$$\frac{500 N}{a(30 mm)} \leq \frac{270 \text{ MPa}}{FS}$$

Si  $FS=10$ :

$$0.9 \text{ mm} \leq a$$

Entonces, es poco probable que la pieza falle por esfuerzos con un espesor adecuado. Sin embargo, también se busca lograr la rigidez del exoesqueleto. Se simularon los esfuerzos y deformaciones para el acoplamiento correspondiente al segmento del brazo, en el cual los esfuerzos son mayores debido a que soporta las reacciones de las fuerzas para la flexión del hombro y del antebrazo. Se considera que las fuerzas debido a las reacciones en la polea serán de 240 N y cada una estará dividida en dos de 120 N en cada agujero de cada perno. Mientras que el extremo correspondiente al hombro se considera fijo, en el otro se evalúa la deformación debido a la masa del antebrazo. Se estima que el antebrazo y la mano tendrán un peso de 15 N, cuya componente perpendicular sería de unos 13 N (se toma el caso de ángulo máximo de abducción, de  $60^\circ$ ). Se empezó a evaluar desde un espesor de 2 mm con incrementos de 1 mm.

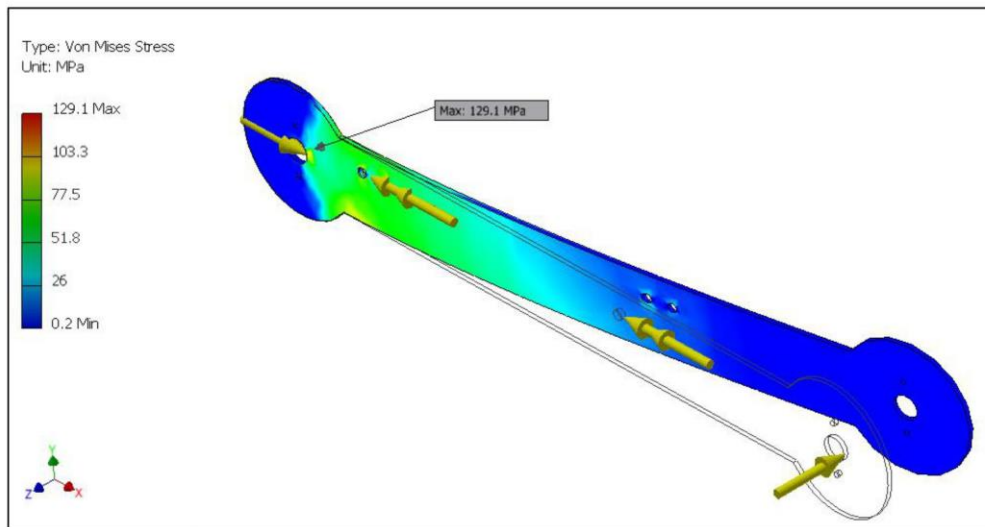


Figura F.2 - Simulación de esfuerzos y deformación en segmento del brazo. Espesor: 2 mm.

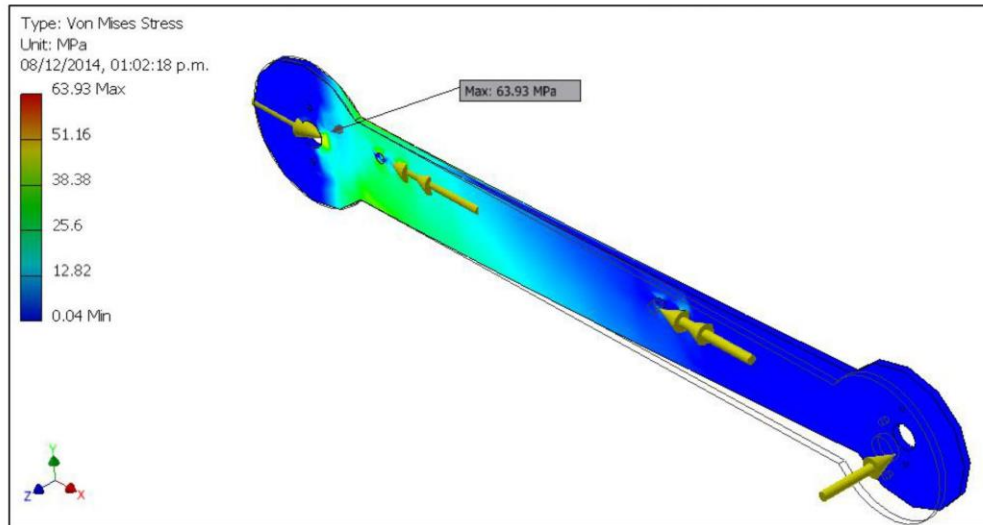


Figura F.3 - Simulación de esfuerzos y deformación en segmento del brazo. Espesor: 3 mm.

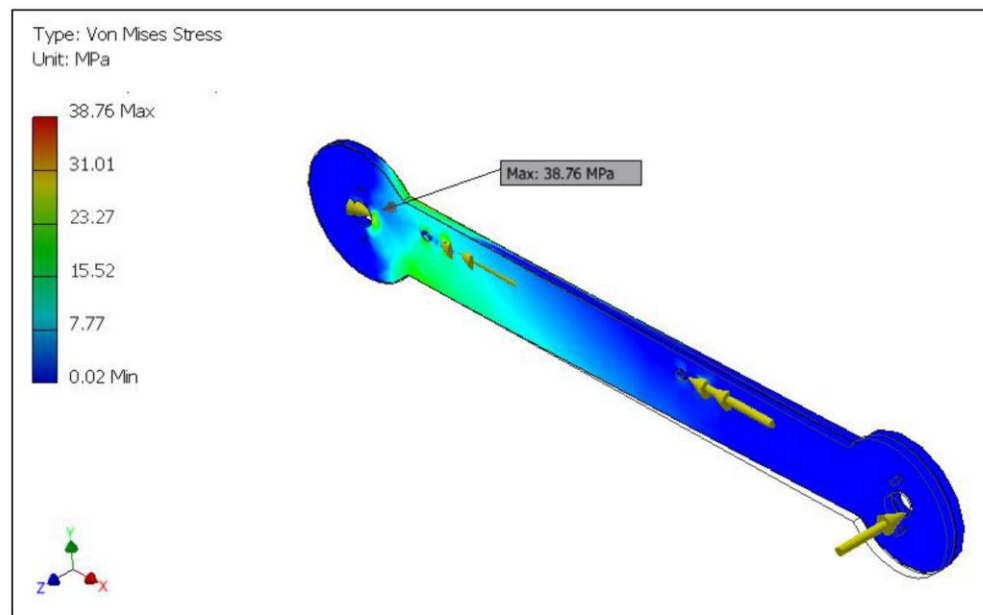


Figura F.4 - Simulación de esfuerzos y deformación en segmento del brazo. Espesor: 4 mm.

Notar que en ninguno de los casos los esfuerzos alcanzaron el límite elástico (con espesor 4 mm el FS mínimo es 7). Con el espesor de 4 mm se obtiene una deformación aceptable, aproximadamente igual a 5 mm. Por lo tanto, este espesor será empleado en los acoplamientos de brazo, antebrazo y hombro.

## ANEXO G

### CÁLCULOS GEOMÉTRICOS Y REQUERIMIENTOS DE CARRERA DEL ACTUADOR LINEAL

La cinemática de las juntas para este caso consiste en una transformación de la distancia que separa a las dos últimas poleas de cada grado de libertad. Se considera que esta distancia es máxima cuando el actuador lineal está completamente extendido y es mínima cuando el actuador está completamente retraído.

La transformación de longitud lineal, correspondiente a la variación de posición del actuador, a posición angular de cada acoplamiento se basa en la Teorema del Coseno, la cual se define como:

Dado un triángulo ABC, siendo  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , los ángulos, y  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , los lados respectivamente opuestos a estos ángulos entonces:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$$

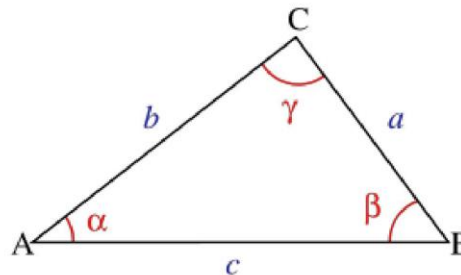


Figura G.1 - Ilustración explicativa del teorema del coseno

Las distancias para cada uno de los grados de libertad serán tomadas a partir del modelo creado en el software Autodesk Inventor 2014. Los rangos escogidos para cada grado se explican en el anexo B "Grados de libertad requeridos y sus limitaciones".

En cada grado de libertad el triángulo se forma con los ejes que pasan por centros de las dos poleas móviles y la junta respectiva. Mientras que dos de los lados ( $a$  y  $b$ ) permanecen constantes en longitud, el tercero ( $L$ ) varía con el movimiento del actuador lineal.

#### G.1 Abducción del hombro ( $\theta_{abd}$ )

Las figuras D.2 y D.3 muestran los triángulos formados para el caso de la abducción. La figura D.2 muestra el caso en que  $\theta_{abd} = 0^\circ$  y la figura D.3 muestra el caso para un  $\theta_{abd}$  arbitrario dentro del rango admisible. Todas las longitudes se expresan en milímetros.

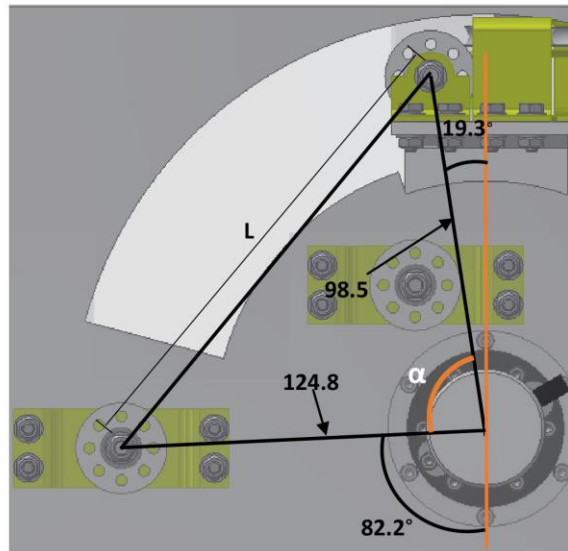


Figura G.2 - Triángulo para el cálculo geométrico de la abducción con  $\theta_{abd} = 0^\circ$

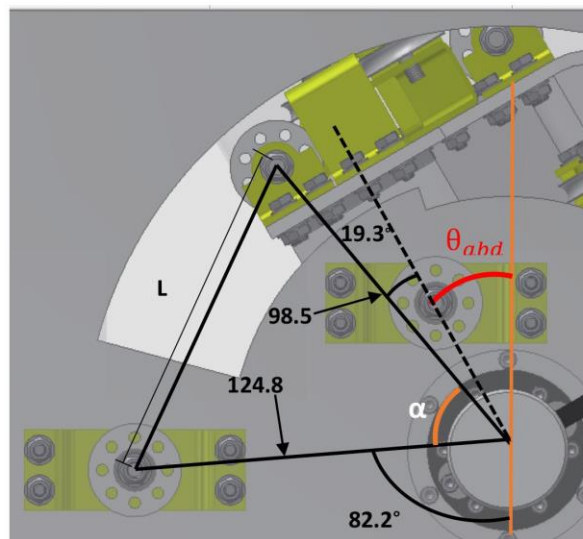


Figura G.3 - Triángulo para el cálculo cinemático de la abducción con  $\theta_{abd}$  arbitrario

A partir del Teorema del Coseno:

$$L^2 = 124.8^2 + 98.5^2 - 2(124.8)(98.5) \cos \alpha$$

$$L^2 = 25277.29 - 24585.6 \cos \alpha$$

Despejando  $\alpha$ :

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{25277.29 - L^2}{24585.6} \right)$$

Además, se tiene que  $180^\circ = 19.3^\circ + \theta_{abd} + \alpha + 82.2^\circ$ , entonces  $\theta_{abd} + \alpha = 78.5^\circ$ .

Reemplazando en la ecuación anterior:

$$\theta_{abd} = 78.5^\circ - \cos^{-1} \left( \frac{25277.29 - L^2}{24585.6} \right)$$

Se deduce que el máximo valor posible del ángulo de abducción es  $78.5^\circ$ . Sin embargo, nuestro objetivo es lograr un máximo de  $60^\circ$ . Entonces, para este caso:

$$\theta_{abd} = 60^\circ \rightarrow L = 44.3 \text{ mm}$$

$$\theta_{abd} = 0^\circ \rightarrow L = 142.76 \text{ mm}$$

Por lo tanto, la carrera requerida para el actuador será

$$\Delta L = 142.76 - 44.3 = 98.46 \text{ mm}$$

## G.2 Flexión del hombro ( $\theta_{\text{flexh}}$ )

Repitiendo el mismo procedimiento con cambios en las dimensiones del triángulo que forman las dos poleas y la junta, se obtiene la fórmula que relaciona el ángulo de flexión del hombro con la distancia entre las poleas.

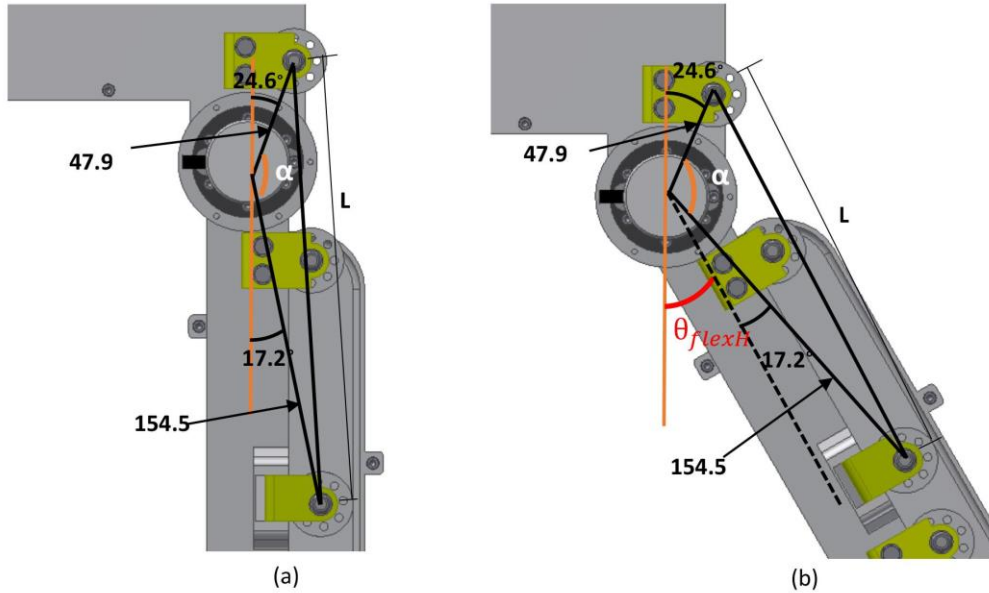


Figura G.4 - Triángulo para el cálculo geométrico de la flexión del hombro.  
(a)  $\theta_{flexH} = 0^\circ$ . (b)  $\theta_{flexH}$  arbitrario.

$$L^2 = 154.5^2 + 47.9^2 - 2(154.5)(47.9) \cos \alpha$$

$$L^2 = 26168.1 - 14801.1 \cos \alpha$$

Despejando  $\alpha$ :

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{26168.1 - L^2}{14801.1} \right)$$

Se tiene que  $180^\circ = 24.6^\circ + \theta_{ext} + \alpha + 17.2^\circ$ , entonces  $\theta_{ext} + \alpha = 138.3^\circ$ .

Por lo tanto,

$$\theta_{flexH} = 138.3^\circ - \cos^{-1} \left( \frac{26168.1 - L^2}{14801.1} \right)$$

Se busca lograr un máximo de  $90^\circ$ . Entonces, para este caso:

$$\theta_{flexH} = 90^\circ \rightarrow L = 127.76 \text{ mm}$$

$$\theta_{flexH} = 0^\circ \rightarrow L = 192.92 \text{ mm}$$

Por lo tanto, la carrera requerida para el actuador será

$$\Delta L = 192.92 - 127.76 = 65.16 \text{ mm}$$

### D.3 Flexión del codo ( $\theta_{flex}$ )

Se repite el mismo cálculo con distintas dimensiones para los lados de longitud constante del triángulo formado:

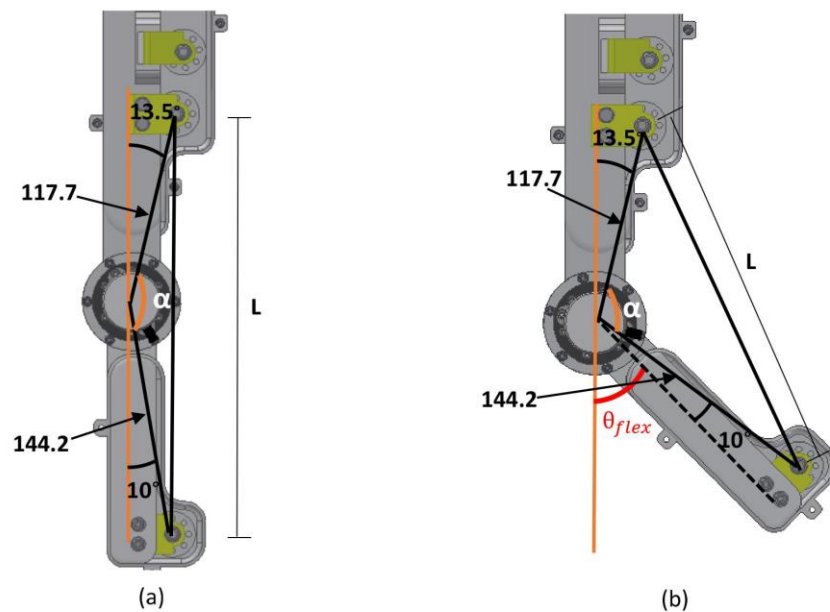


Figura G.5 - Triángulo para el cálculo cinemático de la flexión del codo.  
(a)  $\theta_{ext} = 0^\circ$ . (b)  $\theta_{ext}$  arbitrario.

Según el Teorema del Coseno:

$$L^2 = 117.8^2 + 144.2^2 - 2(117.8)(144.2) \cos \alpha$$

$$L^2 = 34670.5 - 33973.5 \cos \alpha$$

Despejando  $\alpha$ :

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{37615.7 - L^2}{37405.5} \right)$$

Se tiene que  $180^\circ = 10^\circ + \theta_{flex} + \alpha + 13.5^\circ$ , entonces  $\theta_{flex} + \alpha = 156.5^\circ$ .



Por lo tanto,

$$\theta_{flex} = 156.5^\circ - \cos^{-1}\left(\frac{37615.7 - L^2}{37405.5}\right)$$

Se busca lograr un máximo de  $120^\circ$ . Entonces, para este caso:

$$\theta_{ext} = 120^\circ \rightarrow L = 145.3 \text{ mm}$$

$$\theta_{ext} = 0^\circ \rightarrow L = 256.5 \text{ mm}$$

Por lo tanto, la carrera requerida para el actuador será

$$\Delta L = 256.5 - 145.3 = 111.2 \text{ mm}$$

## ANEXO H

### CÁLCULO DE SOLICITACIONES DE FUERZAS DE LOS ACTUADORES

Para este cálculo se tuvo en cuenta los datos del peso del modelo en inventar y para estimar el peso del brazo de la persona se tomó como caso extremo el de un usuario de 100 kg de peso. Además, las longitudes consideradas para los segmentos fueron de un varón adulto promedio (percentil 50), las cuales son de 30 cm para el brazo, 27 cm para el antebrazo y 19 cm para la mano.

Las características antropométricas consideradas obtenidas de [21] se resumen en la tabla H.1:

Tabla H.1 - Datos antropométricos para el cálculo de solicitaciones de fuerza

	Brazo	Antebrazo	Mano
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1.075	1.125	1.15
Relación masa/masa total	0.029	0.018	0.008
$I_{cm}$ (10 <sup>-4</sup> kg m <sup>2</sup> )	141	55	5
$I_0$ desde el extremo proximal (10 <sup>-4</sup> kg m <sup>2</sup> )	407	182	0.587
Relación radio de giro entre longitud del segmento desde el extremo proximal	0.542	0.526	0.587
Ratio entre la distancia del centro de gravedad y la longitud del segmento desde el extremo proximal	0.452	0.424	0.397

El término proximal hace referencia a la cercanía al punto medio del cuerpo. Así, el extremo proximal del brazo será el hombro (centro de la junta glenohumeral), el del antebrazo será la articulación del codo y el de la mano será la articulación de la muñeca.

#### H.1 Abducción del hombro

Sea  $\theta_{abd}$  el ángulo de abducción del hombro, se calcularán las solicitaciones de fuerza para los casos extremos, es decir, cuando  $\theta_{abd} = 0^\circ$  y cuando  $\theta_{abd} = 60^\circ$ .

Para calcular la inercia de los segmentos del miembro superior, se empleará el radio de giro y la masa. Luego, empleando el Teorema de Steiner, se obtendrá la inercia respecto al eje de giro de abducción. La tabla E.2 resume estos cálculos.

Tabla H.2 - Cálculo de la inercia del miembro superior respecto al eje de abducción

	Masa	Radio de giro respecto a extremo proximal	$I_0$ (kg mm <sup>2</sup> )	Distancia al eje de abducción (d)	$I = I_0 + md^2$ (kg mm <sup>2</sup> )
<b>Brazo</b>	2.9	162.6	76672.404	95	102844.904
<b>Antebrazo</b>	1.8	142	36295.2	395	317140.2
<b>Mano</b>	0.8	111.5	9945.8	665	363725.8
<b>Total</b>					783710.904

A partir del modelo en el software Autodesk Inventor, se obtuvo que la inercia del exoesqueleto respecto al eje de abducción era de 96795.512 kg mm<sup>2</sup>. Sumando este valor a la inercia debido al brazo del usuario hipotético de 100 kg, se obtiene una inercia resultante de 862200.294 kg mm<sup>2</sup>.

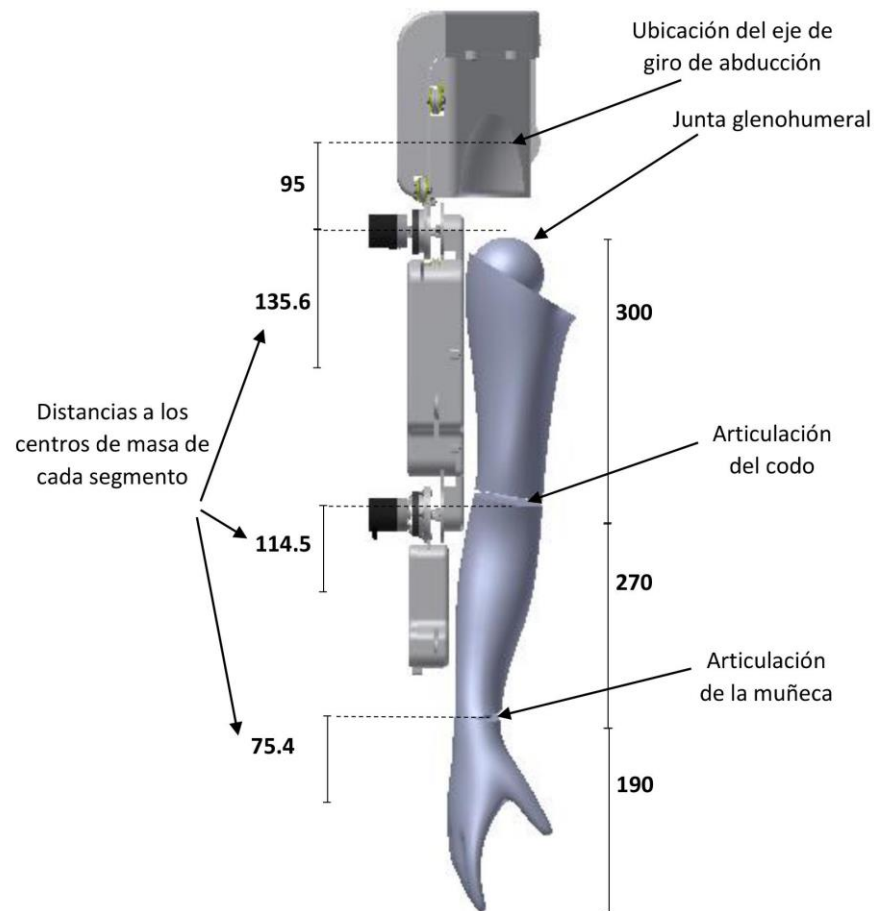


Figura H.1 - Dimensiones y distancias de los segmentos del miembro superior

La dirección de la fuerza proveniente del cable puede obtenerse gráficamente del modelo:

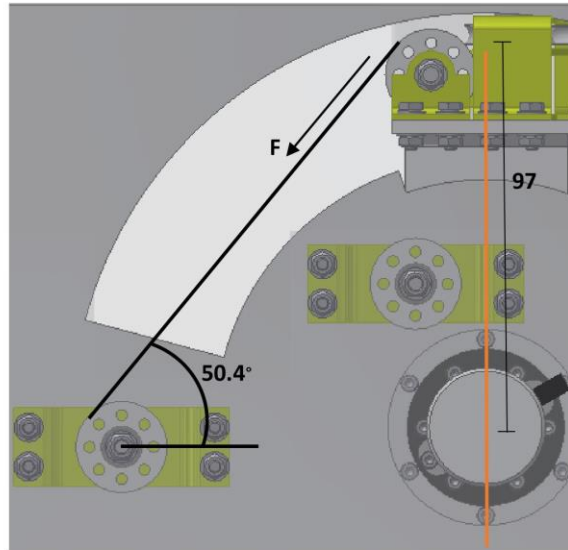


Figura H.2 – Gráfico para determinar dirección de la fuerza

Entonces, la componente horizontal de la fuerza, la que aporta el torque, será:

$$F \cos 50.4^\circ = 0.637F$$

La ecuación de torques sería entonces:

$$\sum \tau = I\alpha$$

Para lograr una aceleración de  $\pi/3 \text{ rad/s}^2$  y sin considerar el efecto de los pesos de los segmentos del miembro superior en un inicio (no generan torque ya que sus centros de masa están alineados con el eje de abducción), los torques a considerar serían el de la componente horizontal de F y el de carga del peso del exoesqueleto, con lo que la ecuación quedaría:

$$0.637F(97 \text{ mm}) - (1.845 \text{ kg})(66.3 \text{ mm}) \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = (880506.416 \text{ kg mm}^2) \left(\frac{\pi}{3}\right)$$

$$F = 37 \text{ N}$$

Con el peso del exoesqueleto siendo 1.845 kg (dato del modelo 3D) y su centro de masa a 66.3 mm del eje de giro, se obtiene  $F = 37 \text{ N}$  para iniciar el movimiento. El otro extremo se da en el caso en que  $\theta_{abd} = 60^\circ$ .

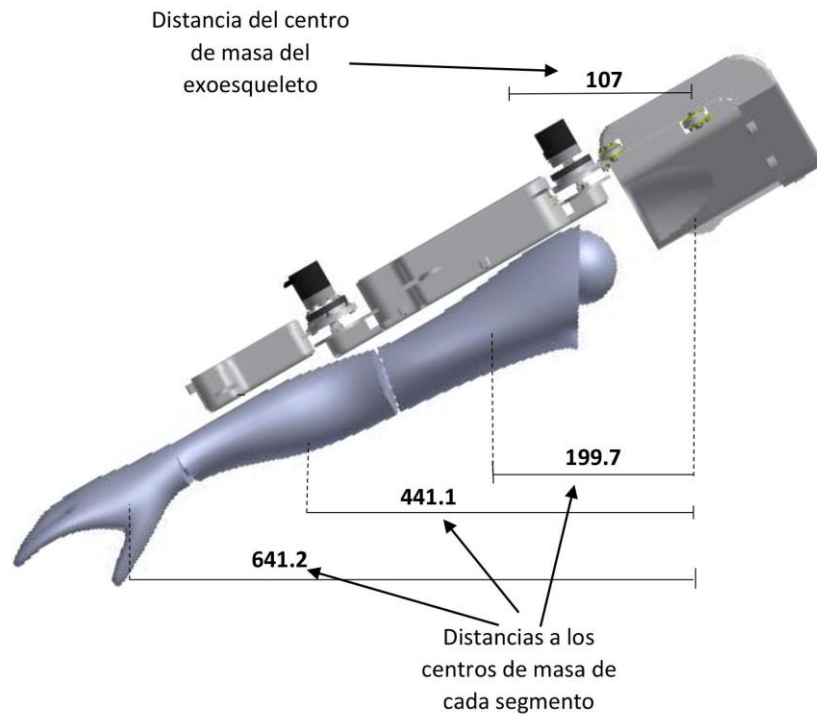


Figura H.3 - Distancias de los centros de masa de los segmentos para  $\theta_{abd} = 60^\circ$ .

La componente de F para este ángulo es  $F \cos(58.9^\circ) = 0.866F$ .

Se repite el cálculo pero ahora considerando también las cargas del brazo, antebrazo y mano:

$$0.866F(97 \text{ mm}) - (1.845 \text{ kg})(107 \text{ mm}) \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) - (9.81)((2.9)(199.7) + (1.8)(441.1) + (0.8)(641.2)) = (880506.416 \text{ kg mm}^2) \left(\frac{\pi}{3}\right)$$

Despejando:

$$F = 217 \text{ N}$$

## H.2 Extensión del hombro

Se realiza el mismo cálculo tomando como caso crítico en el que  $\theta_{\text{ext}} = 90^\circ$ . Además, el brazo de palanca de  $F$  es ahora de 45.5 mm y su componente horizontal es  $0.999F \approx F$  y se considera la carga del exoesqueleto como la conformada solo por el brazo y antebrazo (ya no se incluye el hombro), los cuales pesan 0.778 kg en conjunto y tienen su centro de masa a 193.5 mm.

$$F(45.5 \text{ mm}) - (0.778 \text{ kg})(193.5 \text{ mm}) \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) - (9.81)((2.9)(135.6) + (1.8)(414.5) + (0.8)(645.4)) = (880506.416 \text{ kg mm}^2) \left(\frac{\pi}{3}\right)$$

Despejando:

$$F = 313.1 \text{ N}$$

## H.3 Flexión del codo

Se realiza el mismo cálculo tomando como caso crítico en el que  $\theta_{\text{flex}} = 0^\circ$  y  $\theta_{\text{ext}} = 90^\circ$ , lo que significaría tener el brazo extendido e iniciar la flexión del codo. Este se considera el caso crítico porque en esta posición el torque de carga es máximo. El brazo de palanca de  $F$  es ahora de 36 mm y su componente horizontal es  $0.999F \approx F$  y se considera la carga del exoesqueleto como la conformada solo por el antebrazo (ya no se incluyen el hombro ni el brazo), el cual pesa 0.276 kg y tienen su centro de masa a 46.3 mm.

$$F(36 \text{ mm}) - (0.276 \text{ kg})(46.3 \text{ mm}) \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) - (9.81)((1.8)(114.5) + (0.8)(345.4)) = (880506.416 \text{ kg mm}^2) \left(\frac{\pi}{3}\right)$$

Despejando:

$$F = 138.05 \text{ N}$$

# Anexo I

## Cotizaciones



Figura I.1 - Cotización del controlador principal Arduino Mega 2560

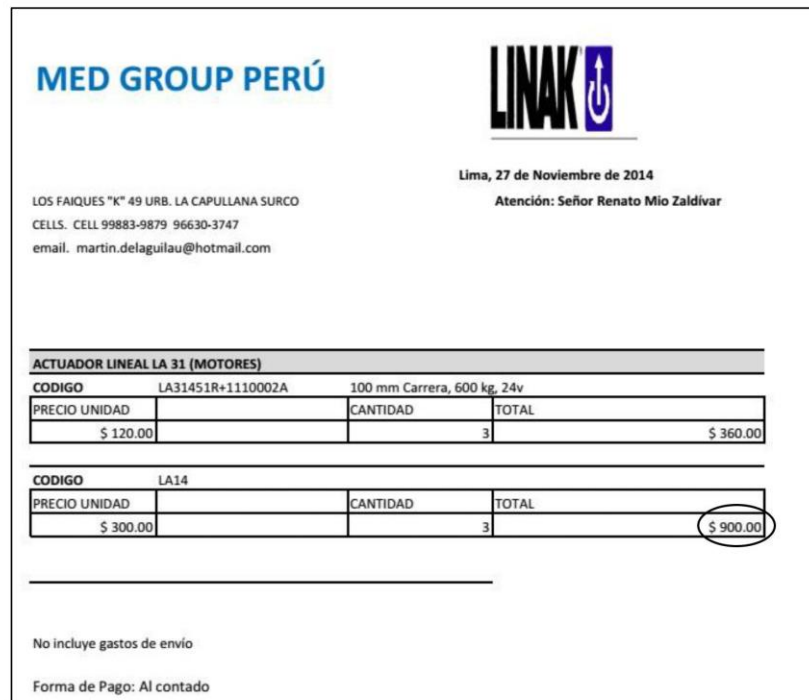


Figura I.2 - Cotización de los actuadores Linak LA14

		<b>ALFA BEARING S.A.C.</b>			
Distribuidor Autorizado					
Oficina: Av. Nicolas Arriola 1399 - La Victoria Teléfono: +51 1 324-3344 Fax: +51 1 323-1484 Nextel: 837*7946					
<a href="http://www.alfabearing.com">www.alfabearing.com</a> <a href="mailto:alfabearingsac@terra.com.pe">alfabearingsac@terra.com.pe</a> <a href="mailto:ventas1@alfabearing.com">ventas1@alfabearing.com</a>					
Numero de Proforma	Cliente	Fecha de Emisión	Fecha de Validez	Moneda	Condición de Pago
2014AB004285	PUCP	27/11/2014	15/12/2014	SOLES	CONTADO
Item	Producto	Cantidad	Precio Unitario	Total	Tiempo de entrega
1	RODAJE 6200-2Z SKF	3	8.47	25.41	Stock, salvo venta previa
2	RODAJE 619/5-2Z SKF	16	11.86	189.76	Stock, salvo venta previa
N. de Req.	Email		Valor Neto	215.17	
Ref. del Cliente	Renato Mioz		I.G.V.(18%)	38.73	
Ref. Alfa Bearing	Juliana Linares Navarro		Total	253.90	

Figura I.3 - Cotización de los rodamientos SKF

**Servindustrial J&M**  
**TORNO FRESA CEPILLO Y SOLDADURA**  
 Servicio Mantenimiento Mecánico de Maquinarias para la Industria Minera, Pesquera, Agrícola, Textil, Fabricación de Repuestos en Aceros especiales.  
 PÍÑONES: Rectos Helicoidales Cremalleras y Acoples.  
 POLEAS: Fierro Fundido o en Aluminio AyB, con Bujes.  
 SERV. SOLDADURA: Fierro Fundido, Plata Bronce, Aluminio y Tig.

R.U.C. 10099334725

RECIBO   
 PROFORMA

DIA MES AÑO: 3 12 14 JR. HUAROCHIRI 681 Tda. 7 - BERCADO  
 NEXTEL: 41\*735\*5497 / 825\*5254 / 180\*5601  
 E-mail: servindustrias\_javi@hotmail.com

Nº 00241

Señor(es): Renata Mía Saldívar Telf.: \_\_\_\_\_  
 Dirección: \_\_\_\_\_

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	TOTAL
	Por fabricar las siguientes piezas de		
	A1 según planos, solo mano de obra		
	según especificaciones		
1	A3 - L11	7180.00	
1	A4 - L12	750.00	
1	A4 - L13	780.00	
1	A4 - L14	7120.00	
1	A4 - L15	720.00	
1	A4 - L16	7100.00	
1	A4 - L17	7120.00	
1	A4 - L18	7100.00	
1	A4 - L19	780.00	
1	A4 - L10	720.00	
	Sin I.G.V.		
	TOTAL		
	A CUENTA		
	SALDO		

Todo trabajo se realiza con el 50 % de Adelanto  
 Nota: Cambiar con Factura + I.G.V.

CLIENTE \_\_\_\_\_

Figura I.4 - Cotización de las piezas a mecanizar en chapa de aluminio



**Servindustrial J&M**  
**TORNO FRESA CEPILLO Y SOLDADURA**

Servicio Mantenimiento Mecánico de Maquinarias para la Industria Minera, Pesquera, Agrícola, Textil, Fabricación de Repuestos en Aceros especiales.

PIÑONES: Rectos Helicoidales Cremalleras y Acoples.  
POLEAS: Fierro Fundido o en Aluminio AyB, con Bujes.  
SERV. SOLDADURA: Fierro Fundido, Plata Bronce, Aluminio y Tig.

R.U.C. 10099334725

RECIBO   
PROFORMA

DIA MES AÑO: 03 12 14  
Nº 00240

JR. HUARACHIRI 581 Tda. 7 - CERCADO  
NEXTEL: 41\*735\*5497 / 825\*6254 / 100\*5601  
E-mail: servindustrias\_javi@hotmail.com

Señor(es): \_\_\_\_\_ Telf.: \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_

CANT.	DESCRIPCION	P. UNIT.	TOTAL
01	Eje de juntas	20.00	20.00
01	Puño de rodamiento	30.00	30.00
01	Tapa	30.00	30.00
01	Bucha	20.00	20.00
01	eje de juntas	10.00	10.00
		TOTAL	110.00

Todo trabajo se realiza con el 50 % de Adelanto  
Nota: Cargar con Factura + I.O.V.

CLIENTE: \_\_\_\_\_  
A CUENTA: \_\_\_\_\_  
SALDO: \_\_\_\_\_

Figura I.5 - Cotización de las piezas de aluminio a mecanizar en torno

**JASER & MATROC**

Matrícula, Mantenimiento Industrial y Servicios Generales en la Industria Alimenticia, Minera y Pesquera  
Av. Guillermo Dreyer Nº 815 Int. A-113 - Lima 18100  
Tel: 9985-7685 Nextel: 834\*0999 RPM: 8724160 Email: jsmatroc@hotmail.com

PROFORMA   
CONTRATO   
Nº 000693

FECHA: 03/12/14

Sr. (s): ROBERTO MIO

Dirección: \_\_\_\_\_ RUC: \_\_\_\_\_

CANT.	DESCRIPCION	P. UNIT.	TOTAL
01	TAPA FRONTAL		
01	PANCHA SOPORTE		
01	CUBIERTA TRASERA		
01	SOPORTE ACTIVADOR		
01	CUBIERTA LATERAL		
		TOTAL	500.00

A CUENTA: \_\_\_\_\_ SALDO: \_\_\_\_\_ TOTAL: 500.00

Figura I.6 - Cotización de las piezas de acero en chapa para el contenedor

**INOXIDABLES  
CHRISTOFER**  
ACEROS INOXIDABLES EN  
GENERAL

AV. GUILLERMO DANSEY N° 918  
PUERTO N° LIMA CERCAO  
NEXTEL: 10\*7053  
CEL.: 9863-49274 - 9863-49273

**IVAN A.S.  
JENNY R.P.**

FECHA: / /

CANT.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
1	Pz barra 3/4 x 1.70L.	104.00.
1	Plancha 2mm de 39x 1.70	96.00 +

Figura 1.7 - Cotización de material para las patas del contenedor y soporte de las poleas

**INVERSIONES  
AGUIRE E&R S.A.C**

VENTA POR MAYOR Y MENOR DE ACERO  
INOXIDABLE, COBRE, BRONCE Y TRAFILADO,  
SAE 64-62-65 ALUMINIO LAMINADO,  
TRAFILADO Y DURALUMINIO PLANCHAS,  
TUBOS, BARRAS Y ALUMINIO FUNDIDO

Walter Arenas Velásquez  
Nextel: 136\*0607  
Emperatriz Aguirre Salcedo  
Nextel: 109\*4677  
Rosmery Arenas Aguirre  
Nextel: 654\*8854

Av. Guillermo Dansey N° 918 Stand A-4 / A-6 Lima Cercado • Teléfono: 431-4900

**PROFORMA**      Fecha:...../...../.....

CANT.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
01	plancha inox 2mm	966.00

**INVERSIONES AGUIRE E&R S.A.C.**

Figura 1.8 - Cotización de material para el contenedor

Producto	Precio	Cantidad	Total	Opciones
Arduino Nano Compatible V3.0	US\$ 7,82	1	US\$ 7,82	

Habilitar Precios de BULKRATE

Subtotal del Pedido: **US\$ 7,82**

Costes de Envío: **US\$ 0,00**

Envío gratuito

**Gran Total: US\$ 7,82**

Figura I.9 - Cotización de controlador Arduino Nano 3.0

Full Name: Renato Mio

Company: PUCP

Email: [r.mioz@pucp.pe](mailto:r.mioz@pucp.pe)

Telephone: 941462198

Comments: Solicito cotizaci<sup>o</sup>n de una placa de aluminio 2024-T3 de espesor 4mm o el m<sup>á</sup>s cercano mayor, dimensiones 1m x 0.3m. Si venden placas con dimensiones fijas solamente me gustar<sup>í</sup>a saber su precio. Espero su respuesta.

Estimado Renato,

BMG ofrece;

1 - .160 x 8 1/2 X 48 IN **\$250**

FOB TAMPA FL

Dejame saber si necesitas algo mas.

Saludo Cordial

Ignacio Benitez

**BMG Latin America**  
[www.bmglatinamerica.com](http://www.bmglatinamerica.com)  
 Phone: 813-907-9314 Ext. 7002  
 Gratuito desde MEXICO 01-800-112-8242. Opcion # 1

Figura I.10 - Cotización de plancha de aluminio 2024 T3 de 4 mm (0.160 ") de espesor

**Gurley Precision Instruments, Inc.**  
 514 Fulton Street, P.O. Box 88 Troy, NY 12181 U.S.A.  
 800.759.1844 - 518.272.6300 - fax 518.274.0336  
 http://www.gurley.com - E-mail: info@gurley.com

Pro Forma Invoice No. 120814

**Renato Mio**  
 Pontifical Catholic University of Peru  
 Pedro Garezon 175  
 San Miguel, Lima 32  
 Peru

Fax:

By:   
 Christopher Guiry, Director of Encoder Sales

Your Inquiry Number: \_\_\_\_\_ Estimated Shipping Date: **6-7 weeks ARO**

DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT PRICE
A37S12SBR06SAS3905MN	1	\$550.00
DHL shipping charges from Troy, NY to Pontifical Catholic University of Peru	1	\$275.00
Wire Transfer Fee	1	\$45.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$870.00</b>

Terms: All prices are in U.S. dollars, EX WORKS Troy, NY. All fees and charges to the Buyer's account.

Figura I.11 - Cotización de los encoder A37 de Gurley Precision Instruments

24 de nov. (hace 10 días) ☆ ↶ ↷

DCI DCI  
para mí

Estimado Renato,

El servicio de impresión 3d en ABS y en las máquinas pequeñas saldrá S/ 510.00

Te comento que tenemos un nuevo servicio, donde podrás hacer uso de la impresora 3d y tu mismo mandar a imprimir tus archivos, solo pagarías el cartucho de material que sería S/ 260.00 x 660gr de ABS.

Me comentas cual te interesa,

Saludos,

**Jennifer Wong**

El 24 de noviembre de 2014, 12:48, Renato Alonso Mio Zaldivar <r.mioz@pucp.pe> escribió:

Figura I.12 - Cotización de las piezas en impresión 3D

QTY	PRODUCT	STATUS	UNIT PRICE	LINE TOTAL
16	<b>1 inch Smooth Hub Pulley</b> Product # 615130		\$5.99 \$0.00 Discount	\$95.84 \$0.00 Discount
3	<b>(11.11.04) 14 inch ID x 1/8 inch Smooth Belt</b> Product # 636150		\$4.99 \$0.00 Discount	\$44.91 \$0.00 Discount

[update cart](#)










[Continue Shopping](#)

Empty the cart

**Discount: \$0.00**

**Subtotal: \$140.75**

Figura I.13 - Cotización de las poleas y cables

Index	Quantity	Image	Part Number	Description	Available Quantity	Unit Price	Extended Price
☒ 1	<input type="text" value="2"/>		<a href="#">602-1097-ND</a>	MODULE ZIGBEE W/U.FL ANT CONN	2 Immediate	22.01000	\$44.02
☒ 2	<input type="text" value="3"/>		<a href="#">IRF7404PBFACT-ND</a>	MOSFET P-CH 20V 6.7A 8-SOIC	3 Immediate	1.24000	\$3.72
☒ 3	<input type="text" value="4"/>		<a href="#">516-1264-1-ND</a>	EMITTER IR 2X2MM DOME 875NM GW	4 Immediate	1.04000	\$4.16
☒ 4	<input type="text" value="3"/>		<a href="#">1N5817-TPCT-ND</a>	DIODE SCHOTTKY 20V 1A DO41	3 Immediate	0.39000	\$1.17
☒ 5	<input type="text" value="3"/>		<a href="#">568-8347-5-ND</a>	IC GATE NAND 4CH 2-INP 14-SO	3 Immediate	0.46000	\$1.38
☒ 6	<input type="text" value="3"/>		<a href="#">335-1018-ND</a>	BOOT PUSHBUTTON 1/4-32NS GRAY	3 Immediate	2.93000	\$8.79
☒ 7	<input type="text" value="3"/>		<a href="#">PCE3910CT-ND</a>	CAP ALUM 4.7UF 25V 20% SMD	3 Immediate	0.44000	\$1.32
☒ 8	<input type="text" value="3"/>		<a href="#">399-3067-1-ND</a>	CAP CER 1800PF 50V 10% X7R 0402	3 Immediate	0.36000	\$1.08
☒ 9	<input type="text" value="3"/>		<a href="#">4N27VS-ND</a>	OPTOISO 5KV TRANS WBASE 6DIP	3 Immediate	0.60000	\$1.80
<b>Subtotal</b>							<b>\$67.44</b>

International Shipping Rates	
Select country to ship to:	<input type="text" value="PERU"/>
Shipping Rates for PERU	
<b>UPS World Wide</b>	
Order Amount:	All order amounts
Ship Rate:	\$100.00
<b>FedEx International Priority</b>	
Order Amount:	All order amounts
Ship Rate:	\$100.00
<b>DHL Express International</b>	
Order Amount:	All order amounts
Ship Rate:	\$100.00
All costs listed in USD All duties, taxes and brokerage fees will be due at time of delivery.	

Figura 1.14 - Cotización de componentes electrónicos y precio de envío.

## Anexo J

### Simulaciones

#### Simulación del eje de junta

Para esta simulación se consideró fijo el extremo unido al hombro. La fuerza de reacción (perpendicular al eje) producto de la extensión y flexión para el caso crítico es de aproximadamente 450 N (313N de la flexión del hombro y 138 N de la del codo). Adicionalmente, una fuerza en el sentido longitudinal de 20 N representa el aporte del peso del brazo del usuario.

Type: Von Mises Stress  
Unit: MPa

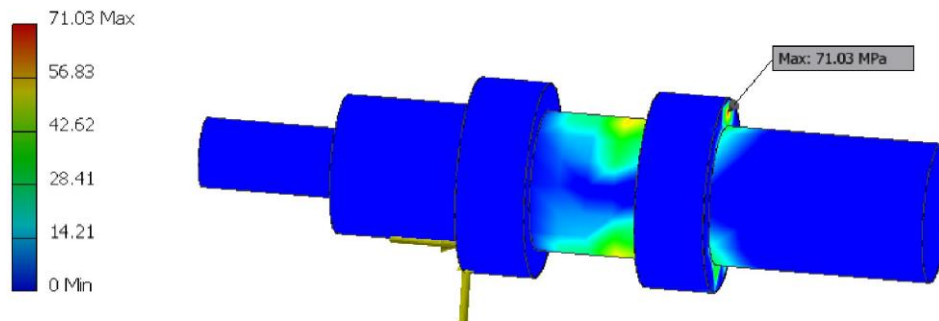


Figura J.1 - Simulación de esfuerzos en el eje de junta

El esfuerzo máximo es de 71.03 Mpa. Para el aluminio 2024-T3, según la tabla F.1, la resistencia a la fatiga es de 140 MPa. Por lo tanto, si se considera esta carga como alternante, se estaría trabajando con un factor de seguridad a la fatiga de 2. Este factor sería mayor durante la operación normal del equipo, ya que la posición que genera este caso extremo no necesariamente sería utilizada en la trayectoria predefinida de movimiento. Además, no siempre el usuario tendrá un peso de 100 kg, lo cual fue considerado en el cálculo de las fuerzas.

#### Simulación de la polea

Considerando el caso crítico para la fuerza de 313 N hallada en el anexo H, la tensión del cable produce reacciones perpendiculares entre la polea y su eje, como se observa en la figura J.2 a. Se realizó la simulación con estas fuerzas y considerando fijo el centro de la polea.

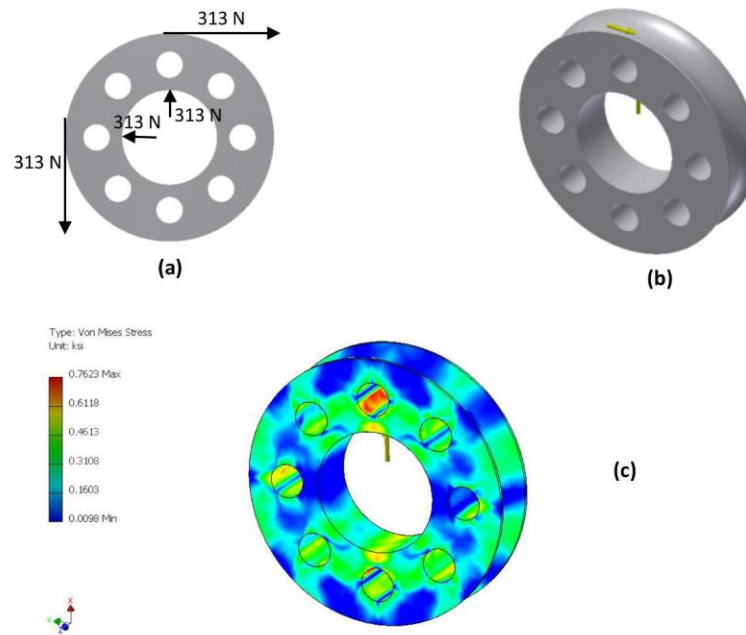


Figura J.2 - Simulación de esfuerzos de la polea. (a) Diagrama de cuerpo libre. (b) Vista 3D con las fuerzas. (c) Resultados de la simulación.

El máximo esfuerzo equivalente, según el método de Von Mises, fue de 0.7623 ksi, equivalente a 5.25 MPa. Si se considera estas fuerzas como pulsantes, y teniendo en cuenta que el máximo esfuerzo de fatiga para el aluminio 6061 es de 97 MPa, la polea no fallará.

### Simulación del soporte de los actuadores

Esta simulación se realizó en el ensamble del contenedor para verificar que la plancha soporte de las poleas verticales (ver lámina L19) no se deforme más de lo aceptable al estar sometido a las cargas de los cables en el caso crítico de cada carga según las fuerzas halladas en el anexo H. En la figura J.3 se observa cómo fueron colocadas las fuerzas, considerando las patas del contenedor fijas. En la figura J.4 se observan las deformaciones producidas por las fuerzas, las cuales no pasan de 0.03 mm, gracias a la disposición de las poleas verticales que solo produce fuerzas coplanares a las poleas. En la figura J.5 se observa que los esfuerzos que se producen también son de poca magnitud. Por lo tanto, el espesor de 2 mm escogido para el contenedor y el soporte es adecuado.

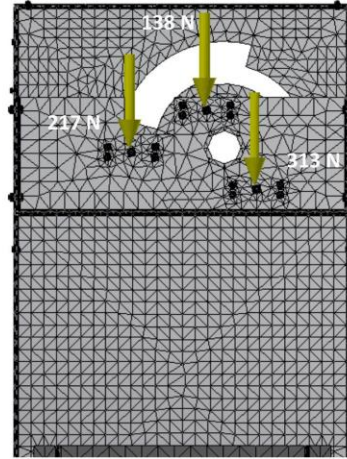


Figura J.3 - Fuerzas empleadas en la simulación y vista de malla del contenedor

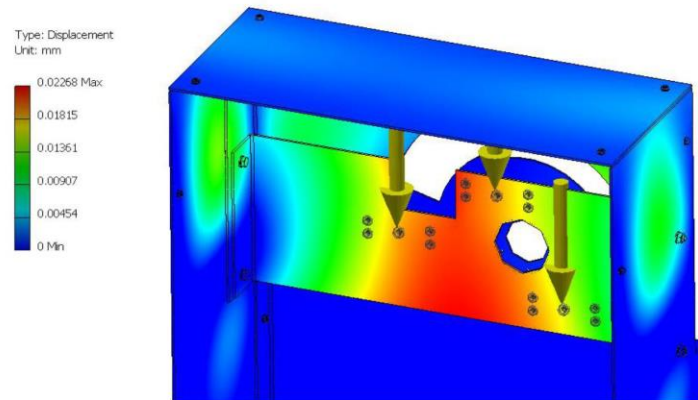


Figura J.4 - Deformaciones del contenedor

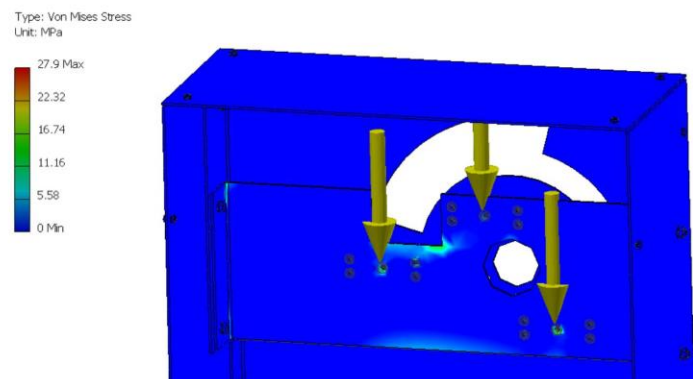


Figura J.5 - Esfuerzos en el contenedor



## Anexo K

Hojas de datos

# GURLEY MODEL A37 ABSOLUTE ENCODER

MOTION TYPE:

ROTARY

USAGE GRADE:

INDUSTRIAL

OUTPUT:

ABSOLUTE

MAX RESOLUTION:

12 BIT



## SMALL ENCODER - HIGH RESOLUTION

The model **A37** mini encoder is a single-turn absolute rotary encoder with opto-electronic technology. This encoder is used in a wide variety of position-sensing applications for the measuring of angles and distances in relatively small envelopes. Mechanical features include a 37-mm aluminum housing, a 3 - 5 mm (or 1/8" - 1/4") dia stainless steel solid or blind hollow shaft, and precision ball bearings.

ingenuity<sup>®</sup>@work

ISO  
9001  
CERTIFIED

Gurley Precision Instruments  
 514 Fulton Street  
 Troy, NY 12180 U.S.A.  
 (800) 759-1844, (518) 272-6300, fax (518) 274-0336,  
 Online at [www.gurley.com](http://www.gurley.com), e-mail: [info@gurley.com](mailto:info@gurley.com)



**SPECIFICATIONS**

	Units	Limiting Values	See Note
<b>Mechanical Specifications</b>			
Moment of Inertia	in-oz-s <sup>2</sup> (g-cm <sup>2</sup> )	2.3 x 10 <sup>-5</sup> (1.7)	
Starting Torque	in-oz (Nm)	0.14 (0.001)	
Radial Shaft Load	lb (N)	1 (5)	
Axial Shaft Load	lb (N)	1 (5)	
Bearing Arrangement		2 pre-loaded bearings	
Bearings		Grease-lubricated and sealed	
Code Disk Type		etched chrome on glass	
Non-Operating Slew	RPM	10,000	
Acceleration	rad/s <sup>2</sup>	3 x 10 <sup>6</sup>	
Shock 11 (ms)	g	50	
Vibration (0-2000Hz)	g	15	
Sealing		IP64	2
Recommended Coupling	SCA		
<b>Environmental Specifications</b>			
Operating Temperature	°F (°C)	32 to 158 (0 to 70)	
Storage Temperature	°F (°C)	0 to 160 (-18 to 71)	
Relative Humidity	%	98	1
<b>Electrical Specifications</b>			
Supply Voltage	VDC	4.75 to 5.25, 5.00 nominal	
Current Consumption	mA	≤ 100	
LED Life	hours	≥ 100,000	
Output Code		Gray code or Natural binary	
Output Format		12 bit parallel, multiplexed bite-wide or serial	
Output Device		TTL, RS, OC	
Accuracy		+/- 0.5 LSB	
Step Frequency LSB		standard 25 kHz (valid code) 100 kHz option @ 6,000 RPM (call for details)	

**Notes**

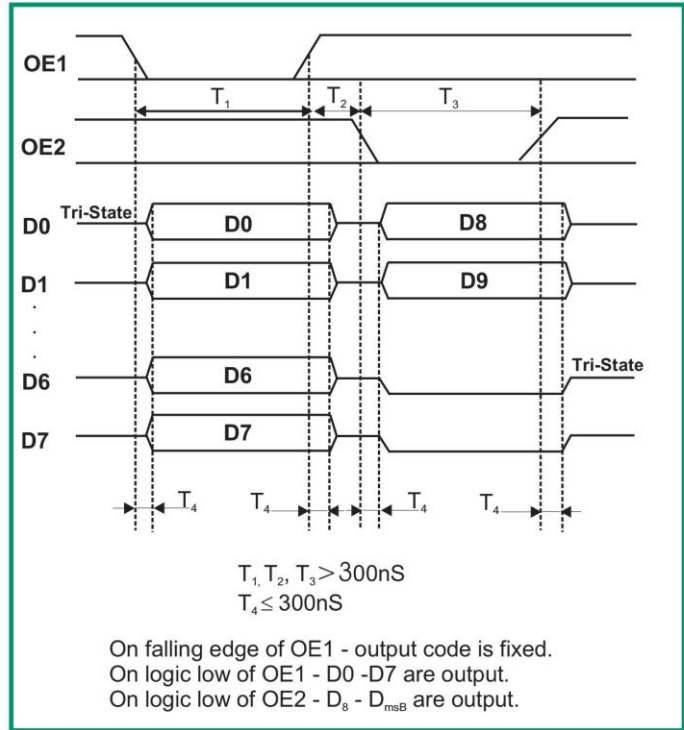
1. Non-condensing
2. Per CEI / IEC 529 - Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

*As part of our continuing product improvement program, all specifications are subject to change without notice.*

OUTPUT OPTIONS

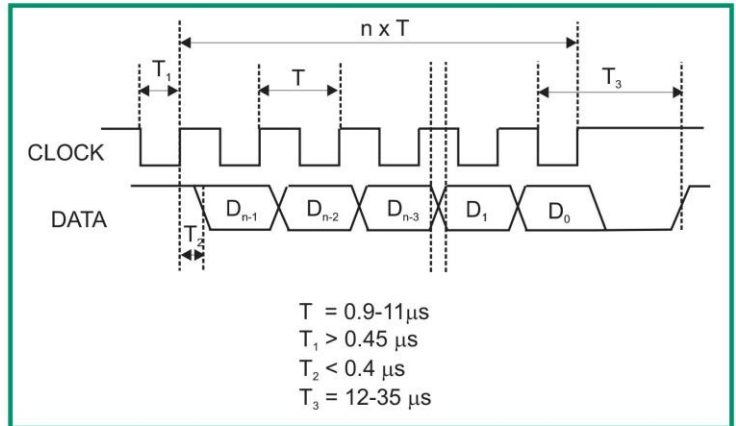
Multiplexed (byte-parallel) Gray code or Binary

Electrical Signal	Pin	Color
D0	1	Yellow
D1	2	Brown
D2	3	Green
D3	4	Yellow-white
D4	5	Blue
D5	6	White
D6	7	Violet
D7	8	Gray
OE1	10	Red-blue
OE2	11	Pink
0V	13	Black
+5V	14	Red
CASE	15	Shield

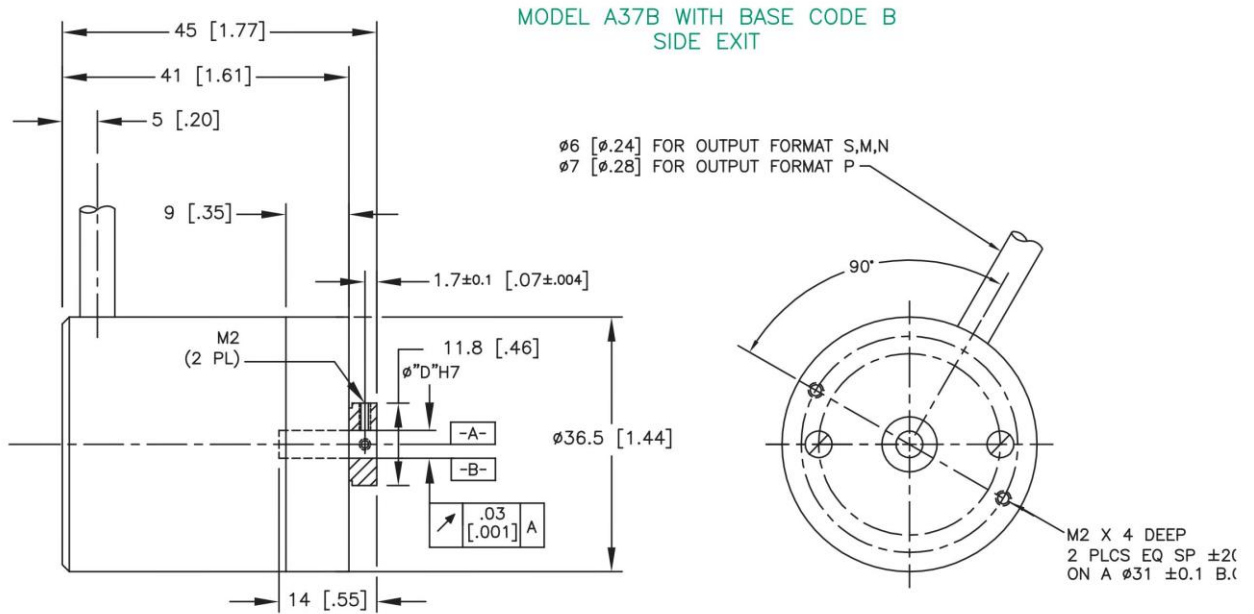


Serial Output - Gray code or Binary

Electrical Signal	Pin	Color
Case	1	Shield
Clock	2	Yellow
/ Clock	3	Brown
Data	6	Green
/ Data	7	Orange
0V	9	Black
+5V	5	Red

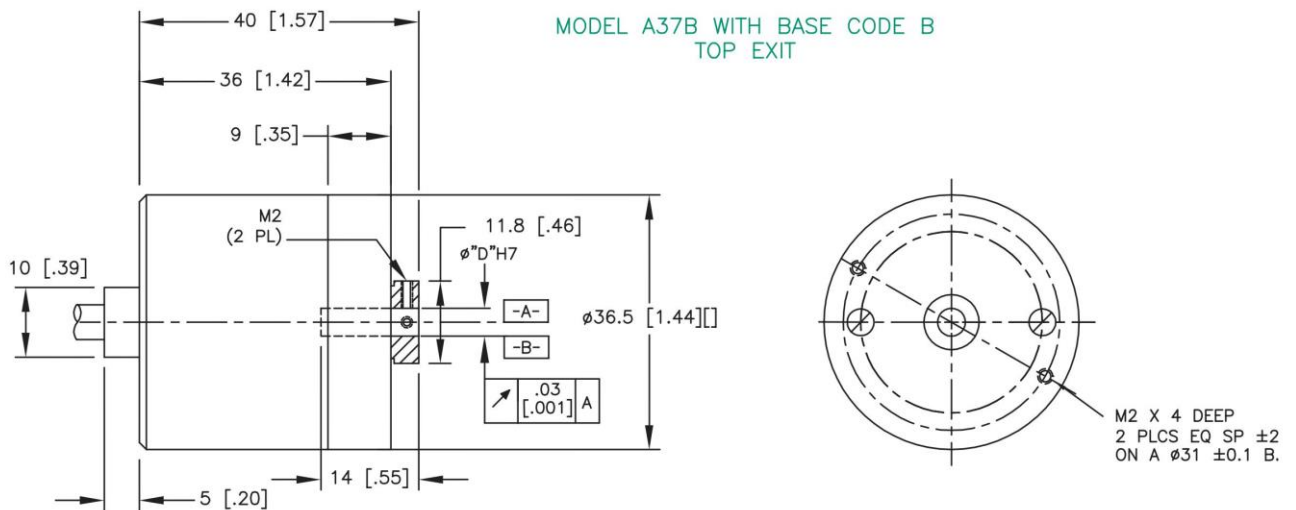


OUTLINE DIMENSIONS



φ "D" TABLE		
DIA	A37S	A37B
03M	φ3mm	φ3mm
04M	φ4mm	φ4mm
05M	φ5mm	φ5mm
02E	φ0.125"	φ0.125"

ALL DIMENSIONS IN mm [INCHES]



**A37**  
PAGE 6 OF 8  
V1006

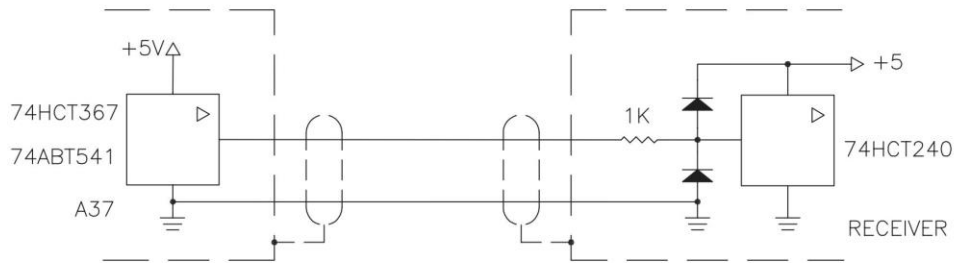
Gurley Precision Instruments  
514 Fulton Street  
Troy, NY 12180 U.S.A.  
(800) 759-1844, (518) 272-6300, fax (518) 274-0336,  
Online at [www.gurley.com](http://www.gurley.com), e-mail: [info@gurley.com](mailto:info@gurley.com)



**OUTPUT SIGNALS AND RECOMMENDED CIRCUIT INTERFACE**

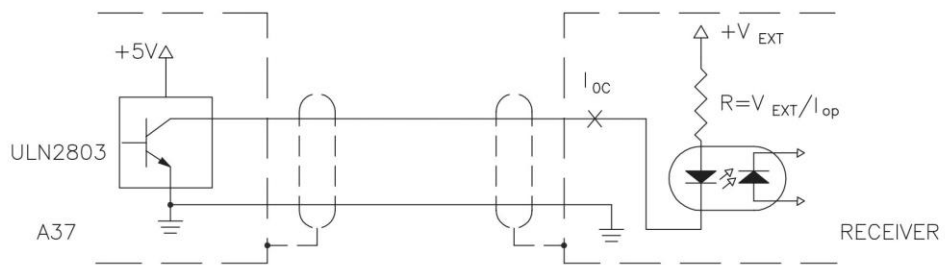
TTL:

$V_0 < 0.5V @ I \leq 20mA$   
WITH +5V POWER SUPPLY



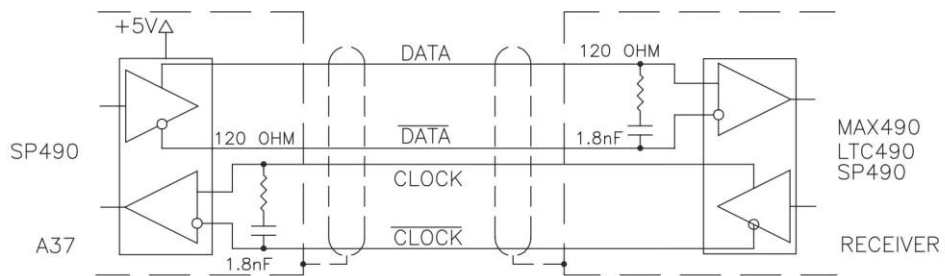
OC (OPEN COLLECTOR):

$V = +5V$   
 $V_{EXT} = 50V \text{ MAX}$   
 $I_{EXT} = 50mA \text{ MAX}$



SSI (RS485):

$V = +5V$



**ORDERING INFORMATION**

**A37 Ordering Combinations**

RES	OF	OC	OD	VOLT	CONN
12	S	B, G	RS	5	P, S
	P	B, G	TT, OC	5	P, T
	N	G	TT, OC	5	P, Q, R
	M	B, G	TT, OC	5	P, Q, R

MODEL	SHAFT	RES	OF	OC	OD	VOLT	TEMP	BASE	EXIT	CAB	CONN	SHAFT	SPEC
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**MODEL**  
A37

**SHAFT** - Shaft type  
**S** Solid shaft  
**B** Blind Hollow Shaft

**RES** - Resolution  
**12** 12Bit resolution

**OF** - Output Format  
**S** SSI  
**P** Parallel, Output Enable  
**N** Paralled, no Output Enable  
**M** Multiplexed Output Enable

**OC** - Output Code  
**B** Binary  
**G** Gray code

**OD** - Output Device  
**TT** TTL (74HCT367, 74ABT541)  
**OC** Open Collector (ULN 2803)  
**RS** RS Differential (SP 490)

**VOLT** - Voltage  
**05** 5VDC Power Supply

**TEMP** - Temperature Range  
**S** Standard (0 - 70 C)

**BASE**  
**A** Combination Synchro flange/face mount base  
**B** Blind hollow shaft with external tether

**EXIT** - Cable Exit  
**S** Side exit cable  
**T** Top exit cable

**CAB** - Cable length, inches  
**39** Standard (1M)  
**XX** 02" - 99"

**CONN** - Conector  
**P** Pigtail  
**Q** DA-15P  
**R** DE-15P  
**S** DE-9P  
**T** DA-26P

**SHAFT**  
**03M** 3 mm  
**04M** 4 mm  
**05M** 5 mm ("S" shaft only)  
**02E** 1/8 inch  
**04E** ¼ inch

**SPEC** - Special features  
**N** No Special Features

**SPECIAL CAPABILITIES**

For special situations, we can optimize catalog encoders to provide higher frequency response, greater accuracy, wider temperature range, reduced torque, non-standard line counts, or other modified parameters. In addition, we regularly design and manufacture custom encoders for user-specific requirements. These range from high-volume, low-cost, limited-performance commercial applications to encoders for military, aerospace and similar high-performance, high-reliability conditions. We would welcome the opportunity to help you with your encoder needs.

**WARRANTY**

Gurley Precision Instruments offers a limited warranty against defects in material and workmanship for a period of one year from the date of shipment.



Gurley Precision Instruments  
 514 Fulton Street  
 Troy, NY 12180 U.S.A.  
 (800) 759-1844, (518) 272-6300, fax (518) 274-0336,  
 Online at [www.gurley.com](http://www.gurley.com), e-mail: [info@gurley.com](mailto:info@gurley.com)



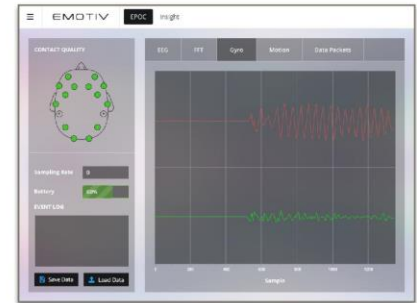
EMOTIV EPOC

EMOTIV

# BCI & Practical EEG Research

The Emotiv EPOC is a high resolution, multi-channel, portable system which has been designed for practical research applications.

License our Testbench™ software to receive raw EEG data from the Neuroheadset and our proprietary software toolkit that exposes our APIs and detection libraries: Mental Commands, Performance Metrics & Emotional States and Facial Expressions.



## Performance Metrics & Emotional States

This suite monitors the user's emotional states in real-time. It enables an extra dimension in interaction by allowing the computer to respond to a user's emotions. Characters can transform in response to the user's feeling. Music, scene lighting and effects can be tailored to heighten the user's experience in real-time. The user's state of mind can be monitored so that difficulty can be tailored and adjusted to suit each situation.

The suite can be combined with other inputs such as eye tracking devices to provide real-time feedback from the entire user experience for neuromarketing applications. Adaptive interfaces can monitor user engagement, boredom, excitement, frustration and meditation level in real time.

## Facial Expressions

This uses the signals measured by the Emotiv EPOC to interpret player facial expressions in real-time. It provides a natural enhancement to interaction by allowing characters to come to life. When a user smiles, their avatar can mimic the expression even before they are aware of their own feelings. Artificial intelligence can now respond to users naturally, in ways only humans have been able to until now.

## Mental Commands

This detection suite reads and interprets a user's conscious thoughts and intent. Users can manipulate virtual or real objects using only the power of their thought! For the first time, the fantasy of magic and supernatural power can be experienced.





# Emotiv EPOC

	EEG HEADSET
Number of channels	14 (plus CMS/DRL references, P3/P4 locations)
Channel names (International 10-20 locations)	AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4
Sampling method	Sequential sampling. Single ADC
Sampling rate	128 SPS (2048 Hz internal)
Resolution	14 bits 1 LSB = 0.51 $\mu$ V (16 bit ADC, 2 bits instrumental noise floor discarded)
Bandwidth	0.2 - 45Hz, digital notch filters at 50Hz and 60Hz
Filtering	Built in digital 5th order Sinc filter
Dynamic range (input referred)	8400 $\mu$ V (pp)
Coupling mode	AC coupled
Connectivity	Proprietary wireless, 2.4GHz band
Power	LiPoly
Battery life (typical)	12 hours
Impedance Measurement	Real-time contact quality using patented system

**EMC and Telecom:** Class B

ETSI EN 300 440-2 V1.4.1

EN 301 489-1

EN 301 489-3

AS/NZS CISPR22 :2009

AS/NZS 4268 :2008

FCC CFR 47 Part 15C (identifiers XUE-

EPOC01, XUE-USBD01)

**Safety:**

EN 60950-1:2006

IEC 60950-1:2005 (2nd Edition)

AS/NZS 60950.1:2003 including  
amendments 1, 2 & 3

CB Certificate JPTUV-029914 (TUV  
Rheinland)

PRODUCT DATA SHEET

## ACTUATOR LA14

**Features:**

- 12V / 24V DC permanent magnetic motor
- Max. thrust 750 N
- Compact design, built-in dimensions 245 mm (up to 345 mm)
- Protection class: IP66, furthermore the actuator can be washed down by a high pressure cleaner (IP69K)
- Colour: Dark olive grey
- Exchangeable cable
- Back fixture available in 2 different positions: 0° or 90°
- Built-in limit switches (not adjustable)
- Heavy duty aluminium housing for harsh conditions
- Stainless steel inner tube and steel piston rod eyes
- Stroke from 19 to 130 mm

**Options:**

- Potentiometer - max. stroke length 100 mm
- Exchangeable cables in different lengths up to 5 m
- Stainless steel piston rod eye
- iFLEX options including IC and Parallel:  
Positioning options: Hall potentiometer, Hall PWM or Single Hall  
End of stroke signal (EOS)

**Usage:**

- Duty cycle max. 20% (4 min. drive and 16 min. rest for 2 mm spindle pitch) and max. 40% (8 min. drive and 12 min. rest for 4 mm spindle pitch) at +5 to +40°C ambient temperature
- Ambient temperatures: -40°C to + 85°C, full performance from +5°C to +40°C
- Typical noise level with no load and standard motor: 50-53 dB (A).  
With fast motor: 58-63 dB (A).  
Measuring method DSI/EN ISO 3743-1.



The actuator LA14 is a very tough actuator with a high IP degree and aluminium housing, making it ideal for use in harsh and demanding environments. The LA14 offers top quality in every detail and ensures reliable performance in temperatures ranging from -40° to +85 °C.

With its small size the LA14 is well suited for applications that require short linear movements.



iFLEX is a descriptive term under which every TECHLINE® actuator with built-in intelligence is unified.  
For more information on iFLEX, please see:  
[www.linak.com/techline](http://www.linak.com/techline)



Technical specifications LA14

Type	Spindle Pitch (mm)	Thrust max. Push/Pull (N)	Self-lock max. (Push) (N)	Self-lock max. (Pull) (N)	Typical speed 0/full load (mm/s)		Stroke length			Typical Amp. at full load (A) 24V - 12V	
					No load	Max. load	Min.		Max.	No load	Max. load
14020xxxxxxxxA...	2	750	750	375	15	8	19	-	130	-	2.4
14020xxxxxxxxB...	2	750	750	375	15	9	19	-	130	1.3	-
14020xxxxxxxxC...	2	750	750	375	23	15	19	-	130	-	4.2
14020xxxxxxxxD...	2	750	750	375	24	16	19	-	130	2.5	-
14040xxxxxxxxA...	4	300	150	150	29	20	19	-	130	-	1.7
14040xxxxxxxxB...	4	300	150	150	31	24	19	-	130	0.9	-
14040xxxxxxxxC...	4	300	100	100	43	36	19	-	130	-	2.6
14040xxxxxxxxD...	4	300	100	100	45	38	19	-	130	1.3	-

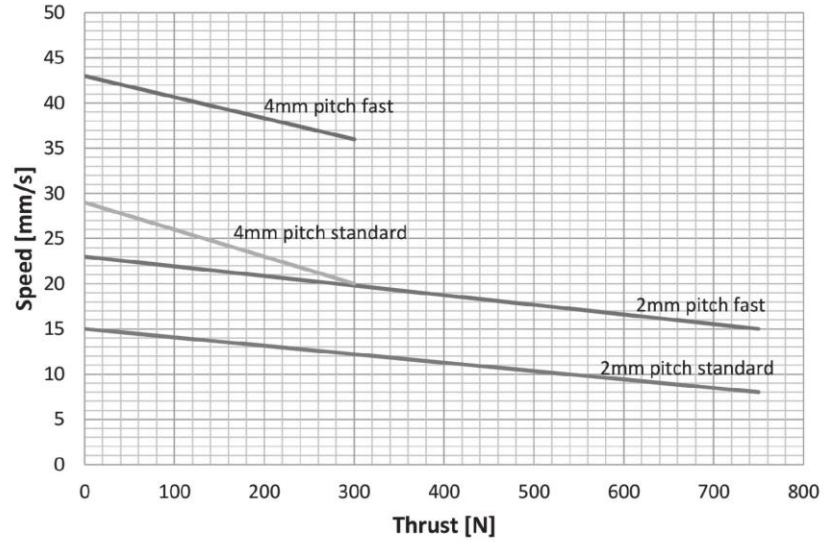
**Self locking ability:**

- Please note that the self-locking is not the same on all variants as it is with the max. thrust.
- To ensure maximum self-locking ability, please be sure that the motor is shorted when stopped. IC variants have this feature integrated in the actuator.

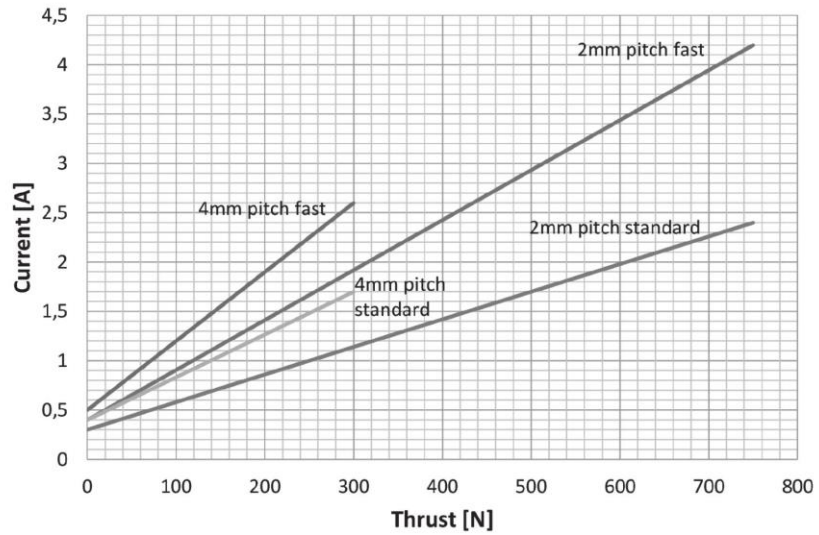
Speed and current curves:

The values below are typical values and made with a stable power supply and an ambient temperature of 20°C.

LA14 - 12V Speed v's Thrust



LA14 - 12V Current v's Thrust



**LA14**  
Ordering example:

Actuator type	Spindle pitch	Stroke length	Safety	Feedback	Platform	Motor type	Endstop	IP degree	Colour	Back fixture	Piston Rod Eye	EOS	Brake	BID	Freecategory	Plug type	Cable	Safety factor	Feedback level	Not specified
14	020	040	00	00	00	A	0	6	ii	1	1	0	0	245	0	C	S	0	0	0

0 = Not specified    0 = None

**Feedback level:**  
 Platform: None  
 0 = None  
 A = 0-10 V  
 B = 0.5-4.5  
 C = 4-20 mA  
 D = 10-90 %  
 E = 20-80 %  
 F = Special

**Safety Factor:**  
 0 = 2.0

**Cable:**  
 0 = None.  
 S = Straight 0.75m (8-core, Note: If AMP is chosen = 6-core)  
 T = Straight 1.5m (8-core, Note: If AMP is chosen = 6-core)  
 R = Straight 5.0m (8-core, Note: If AMP is chosen = 6-core)  
 X = Special

**Plug Type:**  
 0 = None: Is to be chosen, if cable and connectors are not wanted  
 C = Flying leads: Is to be chosen, if connector is not wanted  
 J = Deutsch (DT4)  
 K = AMP superseal  
 X = Special

**Fire Category:**  
 0 = None

**Install. Dim.:**  
 min 245 = mm  
 X: XXX = mm

**Brake:**  
 0 = None

**Option /Position:**  
 0 = No EOS  
 1 = Yes EOS

**Piston Rod Eye:**  
 1 = Ø 10.2 With slot auto. steel (BID 245 -> 345 mm)  
 2 = Ø 12.3 With slot auto. steel (BID 245 -> 345 mm)  
 3 = Ø 12.2 With slot AISI 304 (BID 250 -> 345 MM, only wo POM)  
 4 = Ø 12.2 With slot AISI 303 (BID 250 -> 345 MM, only wo POM)  
 X = Special

**Back fixture:**  
 1 = 0 degrees    A = 0 degrees with POM at piston rod and backfixture  
 2 = 90 degrees    B = 90 degrees with POM at piston rod and backfixture

**Colour:**  
 "i" = Dark Olivish Grey NCS S7000-N

**IP:**  
 6 = IP66

**Endstop:**  
 0 = Powerswitch (E1)  
 1 = Signal switch

**Motor Type:**  
 A = 12VDC Normal (V1)  
 B = 24VDC Normal (V2)  
 C = 12VDC Fast (V1)  
 D = 24VDC Fast (V2)  
 X = Other

**Platform:**  
 0 = None (P0)  
 \* 3 = IC integrated Control

**Feedback:**  
 00 = None (F1)  
 0P = Potentiometer (F6)  
 0K = Single Hall  
 0A = Hall potentiometer  
 0F = PWM

**Safety:**  
 00 = None

**Stroke Length:**  
 XXX = mm.  
 Stroke from 19 mm to 130 mm  
 (Potentiometer: Max. 100 mm)

**Spindle Pitch:**  
 020 = 2 mm  
 040 = 4 mm

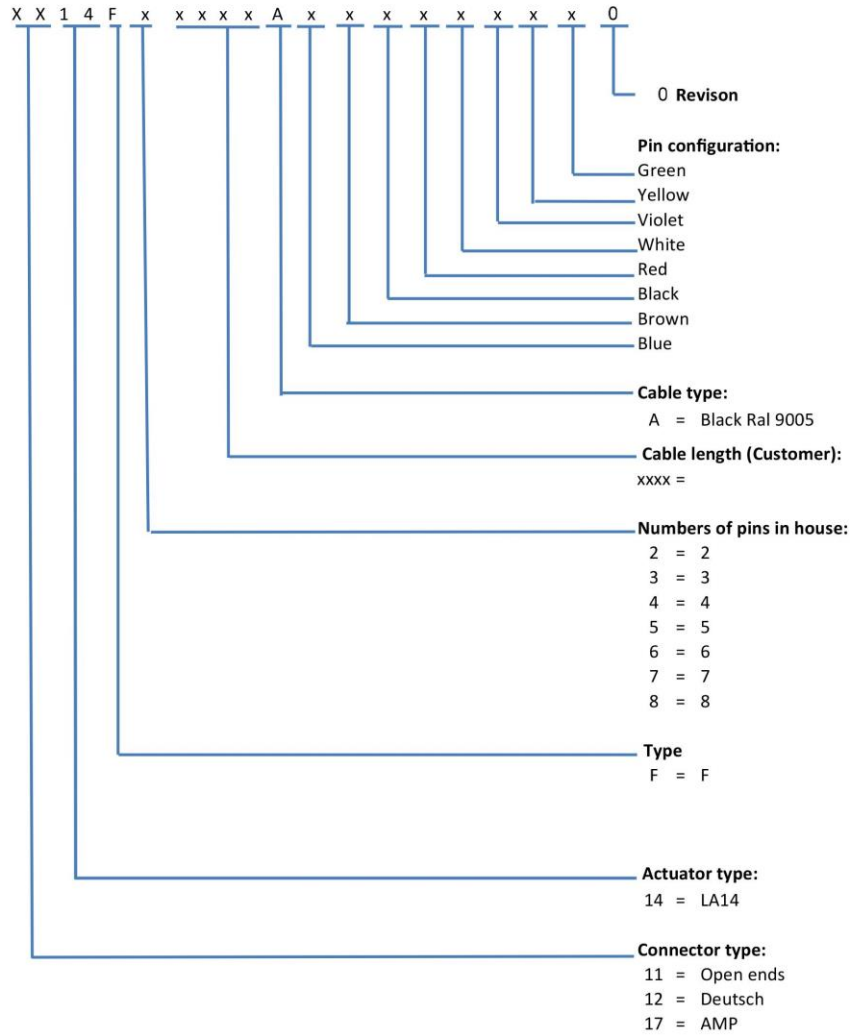
**Actuator Type:**  
 14 = LA14



iFLEX options:	IC	Parallel
LA14 actuator:	✓	✓

**LA14**


Ordering example for cables:



0= none      X= special

LA14 cable item no.	Length (mm) outside the actuator
0147001 - 850	790
0147001 - 1600	1540
0147001 - 5100	5040

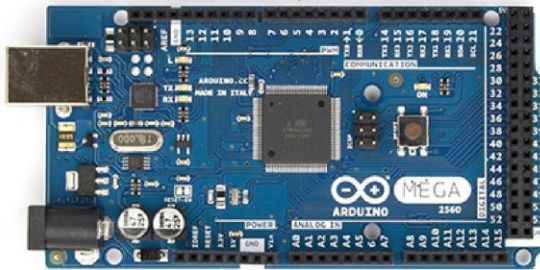
I/O specifications: Actuator with endstop signals and absolute positioning - Analogue feedback

Input/Output	Specification	Comments
Description	The actuator can be equipped with electronic circuit that gives an analogue feedback signal when the actuator moves.	
Brown	12-24VDC (+/-) 12VDC ± 20% 24VDC ± 10%	To extend actuator: Connect Brown to positive  To retract actuator: Connect Brown to negative
Blue	Under normal conditions: 12V, 1-5A depending on load 24V, 0.5-2.5A depending on load	To extend actuator: Connect Blue to negative  To retract actuator: Connect Blue to positive
Red	Signal power supply (+) 12-24VDC	Current consumption: Max. 60mA, also when the actuator is not running
Black	Signal power supply GND (-)	
Green	Endstop signal out	Output voltage min. $V_{IN} - 1V$ Source current max. 100mA NOT potential free
Yellow	Endstop signal in	
Violet	Analogue feedback 0-10V (Option A) 0.5-4.5V (Option B) Special (Option F)	Tolerances +/- 0.2V Max. current output: 1mA Ripple max. 200mV Transaction delay 20ms Linear feedback 0.5%
	4-20mA (Option C) Special (Option F)	Tolerances +/- 0.2mA Transaction delay 20ms Linear feedback 0.5% Output: Source Serial resistance: 12V max. 300 ohm 24V max. 900 ohm
	Both absolute value feedbacks (Hall Pot and 4-20mA)	It is recommendable to have the actuator to activate its limit switches on a regular basis, to ensure more precise positioning
White	Not to be connected	

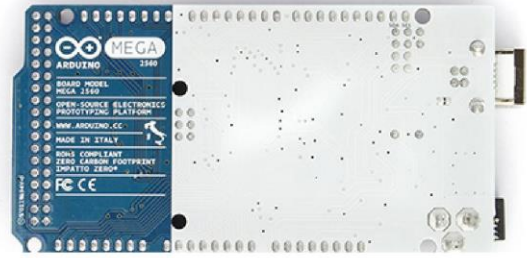
Search the Arduino Website



## Arduino Mega 2560



([http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoMega2560\\_R3\\_Fronte.jpg](http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoMega2560_R3_Fronte.jpg))  
Arduino Mega 2560 R3 Front



([http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoMega2560\\_R3\\_Back.jpg](http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoMega2560_R3_Back.jpg))  
Arduino Mega2560 R3 Back

Buy From  
**Arduino Store**

([http://store.arduino.cc/ww/index.php?](http://store.arduino.cc/ww/index.php?main_page=product_info&cPath=11_12&products_id=196)

[main\\_page=product\\_info&cPath=11\\_12&products\\_id=196](http://store.arduino.cc/ww/index.php?main_page=product_info&cPath=11_12&products_id=196))

Buy From  
**Distributors**

(<http://arduino.cc/en/Main/Buy>)

### Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 (datasheet ([http://www.atmel.com/Images/Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561\\_datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf))). It has 54 digital input/output pins (of which 15 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

The Mega 2560 is an update to the Arduino Mega (<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega>), which it replaces.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega16U2 (ATmega8U2 in the revision 1 and revision 2 boards) programmed as a USB-to-serial converter.

**Revision 2** of the Mega2560 board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode (<http://arduino.cc/en/Hacking/DFUProgramming8U2>).

**Revision 3** of the board has the following new features:

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which



operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.

- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

## Schematic, Reference Design & Pin Mapping

EAGLE files: arduino-mega2560\_R3-reference-design.zip ([http://arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-mega2560\\_R3-ref-design.zip](http://arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-mega2560_R3-ref-design.zip))

Schematic: arduino-mega2560\_R3-schematic.pdf ([http://arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-mega2560\\_R3-sch.pdf](http://arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-mega2560_R3-sch.pdf))

Pin Mapping: PinMap2560 page (<http://arduino.cc/en/Hacking/PinMapping2560>)

## Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

## Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.
- **IOREF.** This pin on the Arduino board provides the voltage reference with which the microcontroller operates. A properly configured shield can read the IOREF pin voltage and select the appropriate power source or enable voltage translators on the outputs for working with the 5V or 3.3V.

## Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the EEPROM library (<http://www.arduino.cc/en/Reference/EEPROM>)).

## Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using `pinMode()` (<http://arduino.cc/en/Reference/PinMode>), `digitalWrite()` (<http://arduino.cc/en/Reference/DigitalWrite>), and `digitalRead()` (<http://arduino.cc/en/Reference/DigitalRead>) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega16U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the `attachInterrupt()` (<http://arduino.cc/en/Reference/AttachInterrupt>) function for details.
- **PWM: 2 to 13 and 44 to 46.** Provide 8-bit PWM output with the `analogWrite()` (<http://arduino.cc/en/Reference/AnalogWrite>) function.
- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication using the SPI library (<http://arduino.cc/en/Reference/SPI>). The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **TWI: 20 (SDA) and 21 (SCL).** Support TWI communication using the Wire library (<http://arduino.cc/en/Reference/Wire>). Note that these pins are not in the same location as the TWI pins on the Duemilanove or Diecimila.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and `analogReference()` function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()` (<http://arduino.cc/en/Reference/AnalogReference>).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

## Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega16U2 (ATmega 8U2 on the revision 1 and revision 2 boards) on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2/ATmega16U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A SoftwareSerial library (<http://www.arduino.cc/en/Reference/SoftwareSerial>) allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports TWI and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the TWI bus; see the documentation (<http://arduino.cc/en/Reference/Wire>) for details. For SPI communication, use the SPI library (<http://arduino.cc/en/Reference/SPI>).

## Programming

The Arduino Mega can be programmed with the Arduino software (download (<http://arduino.cc/en/Main/Software>)). For details, see the reference (<http://arduino.cc/en/Reference/HomePage>) and tutorials (<http://arduino.cc/en/Tutorial/HomePage>). The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a bootloader (<http://arduino.cc/en/Tutorial/Bootloader>) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol (reference ([http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2525.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2525.pdf)), C header files ([http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/avr061.zip](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/avr061.zip))).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header using Arduino ISP (<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoISP>) or similar; see these instructions (<http://arduino.cc/en/Hacking/Programmer>) for details.

The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available in the Arduino repository (<http://github.com/arduino/Arduino/tree/master/hardware/arduino/firmwares/>). The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.

- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the 8U2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode. You can then use Atmel's FLIP software ([http://www.atmel.com/dyn/products/tools\\_card.asp?tool\\_id=3886](http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=3886)) (Windows) or the DFU programmer (<http://dfu-programmer.sourceforge.net/>) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See this user-contributed tutorial (<http://www.arduino.cc/cgi-bin/yabb2/YaBB.pl?num=1285962838>) for more information.

## Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Mega2560 contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see this forum thread (<http://www.arduino.cc/cgi-bin/yabb2/YaBB.pl?num=1213719666/all>) for details.

## USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega2560 has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

## Physical Characteristics and Shield Compatibility

The maximum length and width of the Mega2560 PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins. The Mega2560 is designed to be compatible with most shields designed for the Uno, Diecimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega2560 and Duemilanove / Diecimila. *Please note that I<sup>2</sup>C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and 5).*

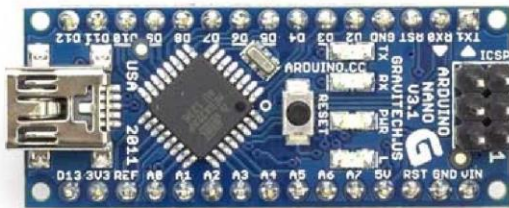
## Share



Search the Arduino Website



## Arduino Nano



([http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoFront\\_3\\_lg.jpg](http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoFront_3_lg.jpg))  
*Arduino Nano Front*



([http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoBack\\_3\\_lg.jpg](http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoBack_3_lg.jpg))  
*Arduino Nano Rear*

Buy From  
**Arduino Store** ([http://store.arduino.cc/eu/index.php?](http://store.arduino.cc/eu/index.php?main_page=product_info&cPath=11&products_id=77)

[main\\_page=product\\_info&cPath=11&products\\_id=77](http://store.arduino.cc/eu/index.php?main_page=product_info&cPath=11&products_id=77))

Buy From  
**Distributors**

(<http://arduino.cc/en/Main/Buy>)

### Overview

The Arduino Nano is a small, complete, and breadboard-friendly board based on the ATmega328 (Arduino Nano 3.x) or ATmega168 (Arduino Nano 2.x). It has more or less the same functionality of the Arduino Duemilanove, but in a different package. It lacks only a DC power jack, and works with a Mini-B USB cable instead of a standard one. The Nano was designed and is being produced by Gravitech.

### Schematic and Design

*Arduino Nano 3.0* (ATmega328): schematic (<http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNano30Schematic.pdf>), Eagle files (<http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNano30Eagle.zip>).

*Arduino Nano 2.3* (ATmega168): manual (<http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf>) (pdf), Eagle files ([http://gravitech.us/Arduino/Arduino\\_Nano\\_V2\\_3\\_Eagle.zip](http://gravitech.us/Arduino/Arduino_Nano_V2_3_Eagle.zip)). *Note:* since the free version of Eagle does not handle more than 2 layers, and this version of the Nano is 4 layers, it is published here unrouted, so users can open and use it in the free version of Eagle.

### Specifications:

Microcontroller	Atmel ATmega168 or ATmega328
Operating Voltage (logic level)	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	0.73" x 1.70"

### Power :

The Arduino Nano can be powered via the Mini-B USB connection, 6-20V unregulated external power supply (pin 30), or 5V regulated external power supply (pin 27). The power source is automatically selected to the highest voltage source.

The FTDI FT232RL chip on the Nano is only powered if the board is being powered over USB. As a result, when running on external (non-USB) power, the 3.3V output (which is supplied by the FTDI chip) is not available and the RX and TX LEDs will flicker if digital pins 0 or 1 are high.

### Memory

The ATmega168 has 16 KB of flash memory for storing code (of which 2 KB is used for the bootloader); the ATmega328 has 32 KB, (also with 2 KB used for the bootloader). The ATmega168 has 1 KB of SRAM and 512 bytes of EEPROM (which can be read and written with the EEPROM library (<http://www.arduino.cc/en/Reference/EEPROM>)); the ATmega328 has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM.

### Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Nano can be used as an input or output, using `pinMode()` (<http://arduino.cc/en/Reference/PinMode>), `digitalWrite()` (<http://arduino.cc/en/Reference/DigitalWrite>), and `digitalRead()` (<http://arduino.cc/en/Reference/DigitalRead>) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the FTDI USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the `attachInterrupt()` (<http://arduino.cc/en/Reference/AttachInterrupt>) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the `analogWrite()` (<http://arduino.cc/en/Reference/AnalogWrite>) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Nano has 8 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the `analogReference()` (<http://arduino.cc/en/Reference/AnalogReference>) function. Analog pins 6 and 7 cannot be used as digital pins. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I<sup>2</sup>C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I<sup>2</sup>C (TWI) communication using the Wire library (<http://wiring.org.co/reference/libraries/Wire/index.html>) (documentation on the Wiring website).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()` (<http://arduino.cc/en/Reference/AnalogReference>)(`0`).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the mapping between Arduino pins and ATmega168 ports (<http://arduino.cc/en/Hacking/PinMapping168>).

### Communication

The Arduino Nano has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega168 and ATmega328 provide UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An FTDI FT232RL on the board channels this serial communication over USB and the FTDI drivers (<http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm>) (included with the Arduino software) provide a virtual com port to software on the computer. The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the FTDI chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1). A SoftwareSerial library (<http://www.arduino.cc/en/Reference/SoftwareSerial>) allows for serial communication on any of the Nano's digital pins.

The ATmega168 and ATmega328 also support I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the documentation (<http://arduino.cc/en/Reference/Wire>) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega168 or ATmega328 datasheet.

## Programming

The Arduino Nano can be programmed with the Arduino software (download (<http://arduino.cc/en/Main/Software>)). Select "Arduino Diecimila, Duemilanove, or Nano w/ ATmega168" or "Arduino Duemilanove or Nano w/ ATmega328" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the reference (<http://arduino.cc/en/Reference/HomePage>) and tutorials (<http://arduino.cc/en/Tutorial/HomePage>).

The ATmega168 or ATmega328 on the Arduino Nano comes preburned with a bootloader (<http://arduino.cc/en/Tutorial/Bootloader>) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol (reference ([http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2525.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2525.pdf)), C header files ([http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/avr061.zip](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/avr061.zip))).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header using Arduino ISP (<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoISP>) or similar; see these instructions (<http://arduino.cc/en/Hacking/Programmer>) for details.

## Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Nano is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the FT232RL is connected to the reset line of the ATmega168 or ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Nano is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Nano. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

## Share



### NEWSLETTER

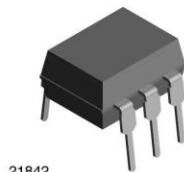


## 4N25, 4N26, 4N27, 4N28

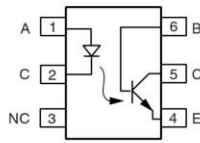
Vishay Semiconductors



### Optocoupler, Phototransistor Output, with Base Connection



21842



#### FEATURES

- Isolation test voltage 5000 V<sub>RMS</sub>
- Interfaces with common logic families
- Input-output coupling capacitance < 0.5 pF
- Industry standard dual-in-line 6 pin package
- Compliant to RoHS directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC



RoHS  
COMPLIANT

#### APPLICATIONS

- AC mains detection
- Reed relay driving
- Switch mode power supply feedback
- Telephone ring detection
- Logic ground isolation
- Logic coupling with high frequency noise rejection

#### AGENCY APPROVALS

- UL1577, file no. E52744
- BSI: EN 60065:2002, EN 60950:2000
- FIMKO: EN 60950, EN 60065, EN 60335

#### DESCRIPTION

The 4N25 family is an industry standard single channel phototransistor coupler. This family includes the 4N25, 4N26, 4N27, 4N28. Each optocoupler consists of gallium arsenide infrared LED and a silicon NPN phototransistor.

ORDER INFORMATION	
PART	REMARKS
4N25	CTR > 20 %, DIP-6
4N26	CTR > 20 %, DIP-6
4N27	CTR > 10 %, DIP-6
4N28	CTR > 10 %, DIP-6

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS <sup>(1)</sup>				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
<b>INPUT</b>				
Reverse voltage		V <sub>R</sub>	5	V
Forward current		I <sub>F</sub>	60	mA
Surge current	t ≤ 10 μs	I <sub>FSM</sub>	3	A
Power dissipation		P <sub>diss</sub>	100	mW
<b>OUTPUT</b>				
Collector emitter breakdown voltage		V <sub>CEO</sub>	70	V
Emitter base breakdown voltage		V <sub>EBO</sub>	7	V
Collector current		I <sub>C</sub>	50	mA
	t ≤ 1 ms	I <sub>C</sub>	100	mA
Power dissipation		P <sub>diss</sub>	150	mW



## 4N25, 4N26, 4N27, 4N28

Optocoupler, Phototransistor Output, Vishay Semiconductors  
with Base Connection

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS <sup>(1)</sup>				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
<b>COUPLER</b>				
Isolation test voltage		V <sub>ISO</sub>	5000	V <sub>RMS</sub>
Creepage distance			≥ 7	mm
Clearance distance			≥ 7	mm
Isolation thickness between emitter and detector			≥ 0.4	mm
Comparative tracking index	DIN IEC 112/VDE 0303, part 1		175	
Isolation resistance	V <sub>IO</sub> = 500 V, T <sub>amb</sub> = 25 °C	R <sub>IO</sub>	10 <sup>12</sup>	Ω
	V <sub>IO</sub> = 500 V, T <sub>amb</sub> = 100 °C	R <sub>IO</sub>	10 <sup>11</sup>	Ω
Storage temperature		T <sub>stg</sub>	- 55 to + 125	°C
Operating temperature		T <sub>amb</sub>	- 55 to + 100	°C
Junction temperature		T <sub>j</sub>	125	°C
Soldering temperature <sup>(2)</sup>	max.10 s dip soldering: distance to seating plane ≥ 1.5 mm	T <sub>slid</sub>	260	°C

**Notes**

<sup>(1)</sup> T<sub>amb</sub> = 25 °C, unless otherwise specified.

Stresses in excess of the absolute maximum ratings can cause permanent damage to the device. Functional operation of the device is not implied at these or any other conditions in excess of those given in the operational sections of this document. Exposure to absolute maximum ratings for extended periods of the time can adversely affect reliability.

<sup>(2)</sup> Refer to reflow profile for soldering conditions for surface mounted devices (SMD). Refer to wave profile for soldering conditions for through hole devices (DIP).

ELECTRICAL CHARACTERISTICS <sup>(1)</sup>							
PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
<b>INPUT</b>							
Forward voltage <sup>(2)</sup>	I <sub>F</sub> = 50 mA		V <sub>F</sub>		1.3	1.5	V
Reverse current <sup>(2)</sup>	V <sub>R</sub> = 3 V		I <sub>R</sub>		0.1	100	μA
Capacitance	V <sub>R</sub> = 0 V		C <sub>O</sub>		25		pF
<b>OUTPUT</b>							
Collector base breakdown voltage <sup>(2)</sup>	I <sub>C</sub> = 100 μA		BV <sub>CBO</sub>	70			V
Collector emitter breakdown voltage <sup>(2)</sup>	I <sub>C</sub> = 1 mA		BV <sub>CEO</sub>	30			V
Emitter collector breakdown voltage <sup>(2)</sup>	I <sub>E</sub> = 100 μA		BV <sub>ECO</sub>	7			V
I <sub>CEO</sub> (dark) <sup>(2)</sup>	V <sub>CE</sub> = 10 V, (base open)	4N25			5	50	nA
		4N26			5	50	nA
		4N27			5	50	nA
		4N28			10	100	nA
I <sub>CBO</sub> (dark) <sup>(2)</sup>	V <sub>CB</sub> = 10 V, (emitter open)				2	20	nA
Collector emitter capacitance	V <sub>CE</sub> = 0		C <sub>CE</sub>		6		pF
<b>COUPLER</b>							
Isolation test voltage <sup>(2)</sup>	Peak, 60 Hz		V <sub>IO</sub>	5000			V
Saturation voltage, collector emitter	I <sub>CE</sub> = 2 mA, I <sub>F</sub> = 50 mA		V <sub>CE(sat)</sub>			0.5	V
Resistance, input output <sup>(2)</sup>	V <sub>IO</sub> = 500 V		R <sub>IO</sub>	100			GΩ
Capacitance, input output	f = 1 MHz		C <sub>IO</sub>		0.6		pF

**Notes**

<sup>(1)</sup> T<sub>amb</sub> = 25 °C, unless otherwise specified.

Minimum and maximum values are testing requirements. Typical values are characteristics of the device and are the result of engineering evaluation. Typical values are for information only and are not part of the testing requirements.

<sup>(2)</sup> JEDEC registered values are 2500 V, 1500 V, 1500 V, and 500 V for the 4N25, 4N26, 4N27, and 4N28 respectively.



## 4N25, 4N26, 4N27, 4N28

Vishay Semiconductors Optocoupler, Phototransistor Output,  
with Base Connection



CURRENT TRANSFER RATIO (1)							
PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
DC current transfer ratio	$V_{CE} = 10\text{ V}, I_F = 10\text{ mA}$	4N25	$CTR_{DC}$	20	50		%
		4N26	$CTR_{DC}$	20	50		%
		4N27	$CTR_{DC}$	10	30		%
		4N28	$CTR_{DC}$	10	30		%

**Note**

(1) Indicates JEDEC registered values.

SWITCHING CHARACTERISTICS							
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Rise and fall times	$V_{CE} = 10\text{ V}, I_F = 10\text{ mA}, R_L = 100\ \Omega$	$t_r, t_f$		2		$\mu\text{s}$	

**TYPICAL CHARACTERISTICS**

$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified

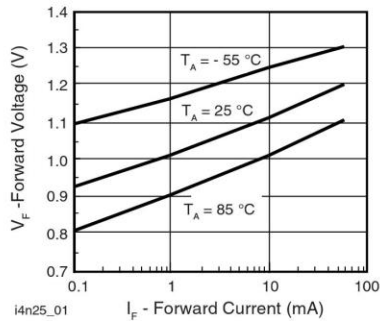


Fig. 1 - Forward Voltage vs. Forward Current

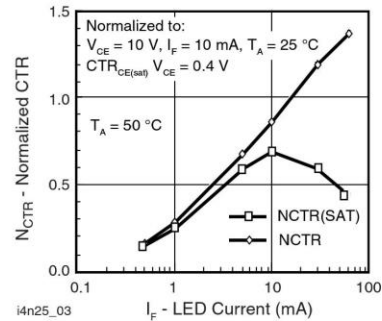


Fig. 3 - Normalized Non-Saturated and Saturated CTR vs. LED Current

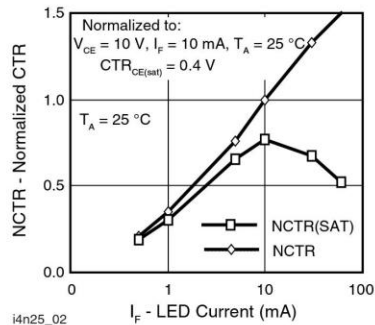


Fig. 2 - Normalized Non-Saturated and Saturated CTR vs. LED Current

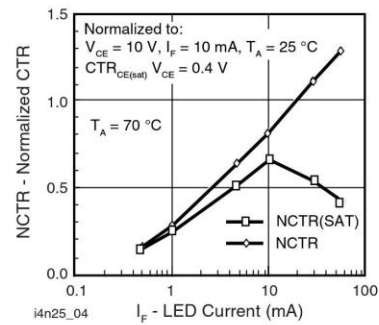


Fig. 4 - Normalized Non-Saturated and Saturated CTR vs. LED Current

# HEF4093B

## Quad 2-input NAND Schmitt trigger

Rev. 8 — 21 November 2011

Product data sheet

### 1. General description

The HEF4093B is a quad two-input NAND gate. Each input has a Schmitt trigger circuit. The gate switches at different points for positive-going and negative-going signals. The difference between the positive voltage ( $V_{T+}$ ) and the negative voltage ( $V_{T-}$ ) is defined as hysteresis voltage ( $V_H$ ).

It operates over a recommended  $V_{DD}$  power supply range of 3 V to 15 V referenced to  $V_{SS}$  (usually ground). Unused inputs must be connected to  $V_{DD}$ ,  $V_{SS}$ , or another input.

### 2. Features and benefits

- Schmitt trigger input discrimination
- Fully static operation
- 5 V, 10 V, and 15 V parametric ratings
- Standardized symmetrical output characteristics
- Specified from  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Complies with JEDEC standard JESD 13-B

### 3. Applications

- Wave and pulse shapers
- Astable multivibrators
- Monostable multivibrators

### 4. Ordering information

**Table 1. Ordering information**

All types operate from  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$

Type number	Package		
	Name	Description	Version
HEF4093BP	DIP14	plastic dual in-line package; 14 leads (300 mil)	SOT27-1
HEF4093BT	SO14	plastic small outline package; 14 leads; body width 3.9 mm	SOT108-1

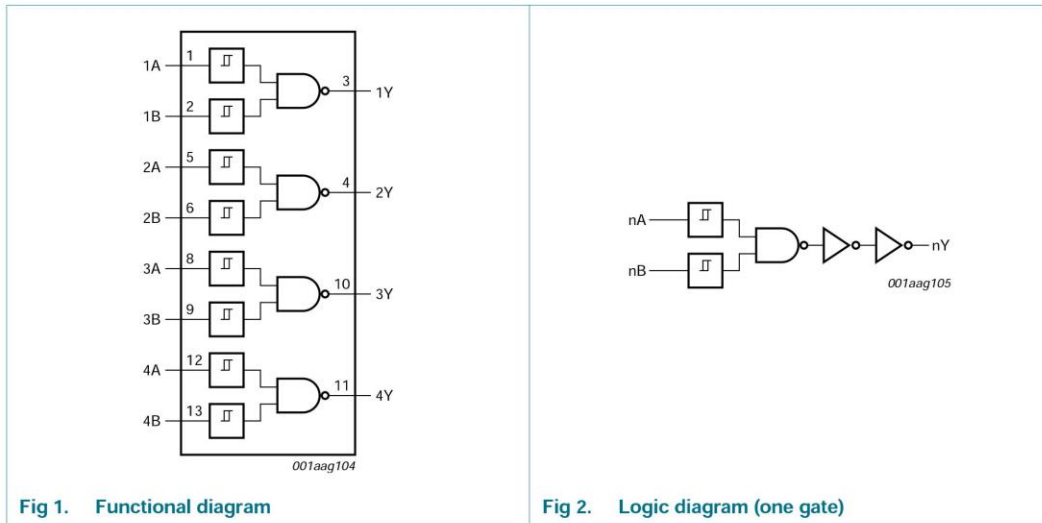


NXP Semiconductors

# HEF4093B

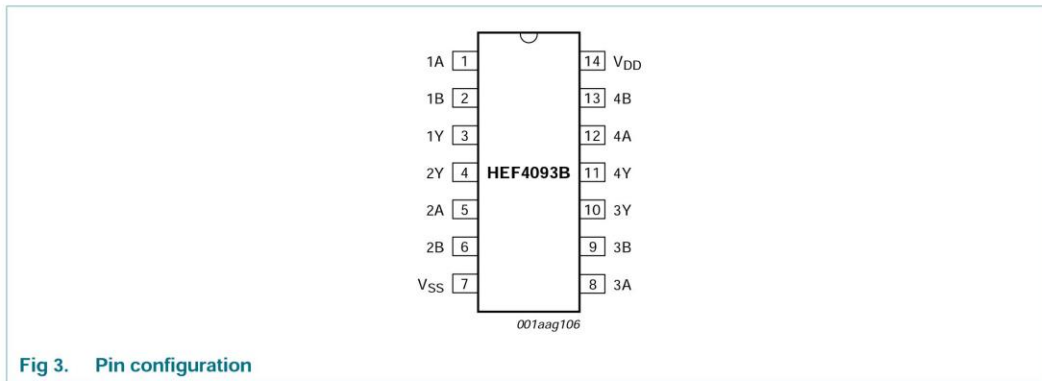
Quad 2-input NAND Schmitt trigger

## 5. Functional diagram



## 6. Pinning information

### 6.1 Pinning



## 6.2 Pin description

Table 2. Pin description

Symbol	Pin	Description
1A to 4A	1, 5, 8, 12	input
1B to 4B	2, 6, 9, 13	input
1Y to 4Y	3, 4, 10, 11	output
V <sub>DD</sub>	14	supply voltage
V <sub>SS</sub>	7	ground (0 V)

## 7. Functional description

Table 3. Function table<sup>[1]</sup>

Input		Output
nA	nB	nY
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

[1] H = HIGH voltage level; L = LOW voltage level.

## 8. Limiting values

Table 4. Limiting values

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Voltages are referenced to V<sub>SS</sub> = 0 V (ground).

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Max	Unit
V <sub>DD</sub>	supply voltage		-0.5	+18	V
I <sub>IK</sub>	input clamping current	V <sub>I</sub> < -0.5 V or V <sub>I</sub> > V <sub>DD</sub> + 0.5 V	-	±10	mA
V <sub>I</sub>	input voltage		-0.5	V <sub>DD</sub> + 0.5	V
I <sub>OK</sub>	output clamping current	V <sub>O</sub> < -0.5 V or V <sub>O</sub> > V <sub>DD</sub> + 0.5 V	-	±10	mA
I <sub>I/O</sub>	input/output current		-	±10	mA
I <sub>DD</sub>	supply current		-	50	mA
T <sub>stg</sub>	storage temperature		-65	+150	°C
T <sub>amb</sub>	ambient temperature		-40	+125	°C
P <sub>tot</sub>	total power dissipation	T <sub>amb</sub> = -40 °C to +125 °C			
		DIP14	[1] -	750	mW
		SO14	[2] -	500	mW
P	power dissipation	per output	-	100	mW

[1] For DIP14 packages: above T<sub>amb</sub> = 70 °C, P<sub>tot</sub> derates linearly with 12 mW/K.

[2] For SO14 packages: above T<sub>amb</sub> = 70 °C, P<sub>tot</sub> derates linearly with 8 mW/K.

## 9. Recommended operating conditions

Table 5. Recommended operating conditions

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Max	Unit
$V_{DD}$	supply voltage		3	15	V
$V_I$	input voltage		0	$V_{DD}$	V
$T_{amb}$	ambient temperature	in free air	-40	+125	°C

## 10. Static characteristics

Table 6. Static characteristics

$V_{SS} = 0\text{ V}$ ;  $V_I = V_{SS}$  or  $V_{DD}$ ; unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	$V_{DD}$	$T_{amb} = -40\text{ °C}$		$T_{amb} = +25\text{ °C}$		$T_{amb} = +85\text{ °C}$		$T_{amb} = +125\text{ °C}$		Unit
				Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
$V_{OH}$	HIGH-level output voltage	$ I_O  < 1\ \mu\text{A}$	5 V	4.95	-	4.95	-	4.95	-	4.95	-	V
			10 V	9.95	-	9.95	-	9.95	-	9.95	-	V
			15 V	14.95	-	14.95	-	14.95	-	14.95	-	V
$V_{OL}$	LOW-level output voltage	$ I_O  < 1\ \mu\text{A}$	5 V	-	0.05	-	0.05	-	0.05	-	0.05	V
			10 V	-	0.05	-	0.05	-	0.05	-	0.05	V
			15 V	-	0.05	-	0.05	-	0.05	-	0.05	V
$I_{OH}$	HIGH-level output current	$V_O = 2.5\text{ V}$	5 V	-	-1.7	-	-1.4	-	-1.1	-	-1.1	mA
		$V_O = 4.6\text{ V}$	5 V	-	-0.64	-	-0.5	-	-0.36	-	-0.36	mA
		$V_O = 9.5\text{ V}$	10 V	-	-1.6	-	-1.3	-	-0.9	-	-0.9	mA
		$V_O = 13.5\text{ V}$	15 V	-	-4.2	-	-3.4	-	-2.4	-	-2.4	mA
$I_{OL}$	LOW-level output current	$V_O = 0.4\text{ V}$	5 V	0.64	-	0.5	-	0.36	-	0.36	-	mA
		$V_O = 0.5\text{ V}$	10 V	1.6	-	1.3	-	0.9	-	0.9	-	mA
		$V_O = 1.5\text{ V}$	15 V	4.2	-	3.4	-	2.4	-	2.4	-	mA
$I_I$	input leakage current		15 V	-	$\pm 0.1$	-	$\pm 0.1$	-	$\pm 1.0$	-	$\pm 1.0$	$\mu\text{A}$
$I_{DD}$	supply current	all valid input combinations; $I_O = 0\text{ A}$	5 V	-	0.25	-	0.25	-	7.5	-	7.5	$\mu\text{A}$
			10 V	-	0.5	-	0.5	-	15.0	-	15.0	$\mu\text{A}$
			15 V	-	1.0	-	1.0	-	30.0	-	30.0	$\mu\text{A}$
$C_I$	input capacitance			-	-	-	7.5	-	-	-	pF	

## 11. Dynamic characteristics

**Table 7. Dynamic characteristics**

$T_{amb} = 25^{\circ}C$ ;  $C_L = 50$  pF;  $t_r = t_f \leq 20$  ns; wave forms see [Figure 4](#); test circuit see [Figure 5](#); unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	V <sub>DD</sub>	Extrapolation formula <sup>[1]</sup>	Min	Typ	Max	Unit
t <sub>PHL</sub>	HIGH to LOW propagation delay	nA or nB to nY	5 V	63 ns + (0.55 ns/pF)C <sub>L</sub>	-	90	185	ns
			10 V	29 ns + (0.23 ns/pF)C <sub>L</sub>	-	40	80	ns
			15 V	22 ns + (0.16 ns/pF)C <sub>L</sub>	-	30	60	ns
t <sub>PLH</sub>	LOW to HIGH propagation delay	nA or nB to nY	5 V	58 ns + (0.55 ns/pF)C <sub>L</sub>	-	85	170	ns
			10 V	29 ns + (0.23 ns/pF)C <sub>L</sub>	-	40	80	ns
			15 V	22 ns + (0.16 ns/pF)C <sub>L</sub>	-	30	60	ns
t <sub>THL</sub>	HIGH to LOW output transition time	nY to LOW	5 V	10 ns + (1.00 ns/pF)C <sub>L</sub>	-	60	120	ns
			10 V	9 ns + (0.42 ns/pF)C <sub>L</sub>	-	30	60	ns
			15 V	6 ns + (0.28 ns/pF)C <sub>L</sub>	-	20	40	ns
t <sub>TLH</sub>	LOW to HIGH output transition time	nA or nB to HIGH	5 V	10 ns + (1.00 ns/pF)C <sub>L</sub>	-	60	120	ns
			10 V	9 ns + (0.42 ns/pF)C <sub>L</sub>	-	30	60	ns
			15 V	6 ns + (0.28 ns/pF)C <sub>L</sub>	-	20	40	ns

[1] Typical value of the propagation delay and output transition time can be calculated with the extrapolation formula (C<sub>L</sub> in pF).

**Table 8. Dynamic power dissipation**

$V_{SS} = 0$  V;  $t_r = t_f \leq 20$  ns;  $T_{amb} = 25^{\circ}C$ .

Symbol	Parameter	V <sub>DD</sub>	Typical formula	where:
P <sub>D</sub>	dynamic power dissipation	5 V	$P_D = 1300 \times f_i + \Sigma(f_o \times C_L) \times V_{DD}^2$ (μW)	f <sub>i</sub> = input frequency in MHz;
		10 V	$P_D = 6400 \times f_i + \Sigma(f_o \times C_L) \times V_{DD}^2$ (μW)	f <sub>o</sub> = output frequency in MHz;
		15 V	$P_D = 18700 \times f_i + \Sigma(f_o \times C_L) \times V_{DD}^2$ (μW)	C <sub>L</sub> = output load capacitance in pF;
				Σ(f <sub>o</sub> × C <sub>L</sub> ) = sum of the outputs;
				V <sub>DD</sub> = supply voltage in V.

12. Waveforms

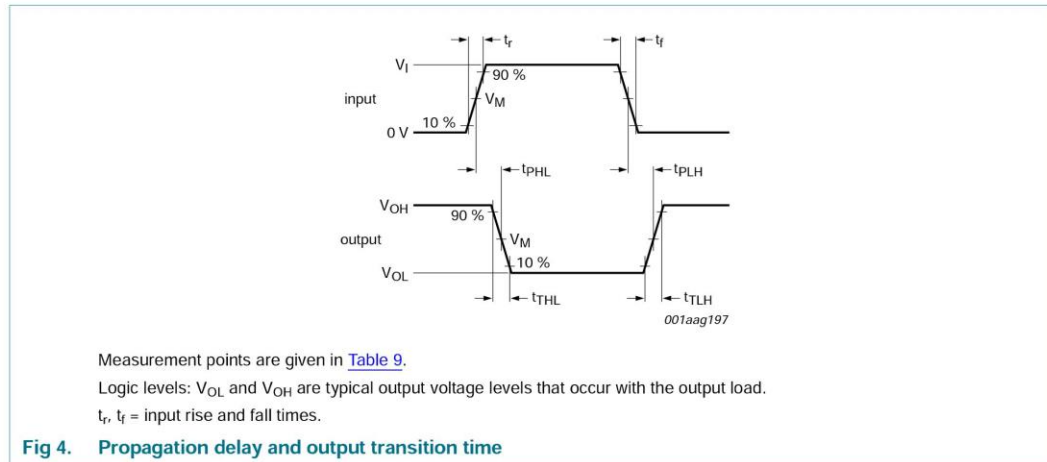


Table 9. Measurement points

Supply voltage	Input	Output
$V_{DD}$	$V_M$	$V_M$
5 V to 15 V	$0.5V_{DD}$	$0.5V_{DD}$

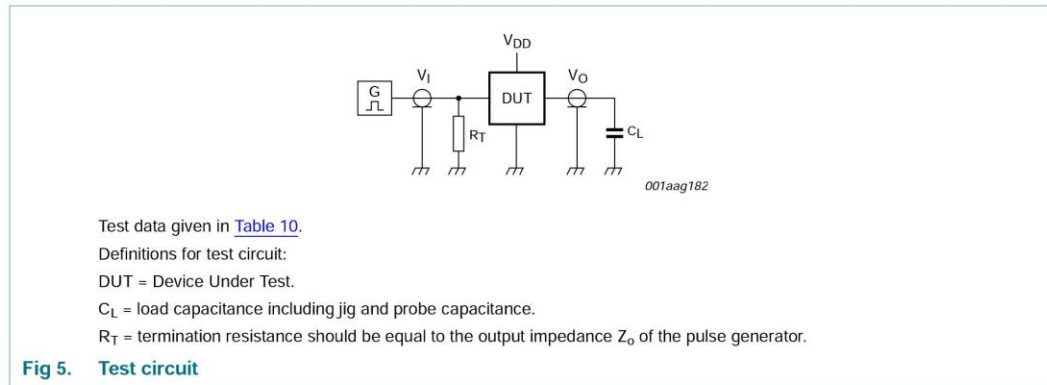


Table 10. Test data

Supply voltage	Input		Load
$V_{DD}$	$V_I$	$t_r$ , $t_f$	$C_L$
5 V to 15 V	$V_{SS}$ or $V_{DD}$	$\leq 20$ ns	50 pF



# IRF740, SiHF740

Vishay Siliconix

## Power MOSFET

PRODUCT SUMMARY	
$V_{DS}$ (V)	400
$R_{DS(on)}$ ( $\Omega$ )	$V_{GS} = 10\text{ V}$   0.55
$Q_g$ (Max.) (nC)	63
$Q_{gs}$ (nC)	9.0
$Q_{gd}$ (nC)	32
Configuration	Single

### FEATURES

- Dynamic  $dV/dt$  Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC

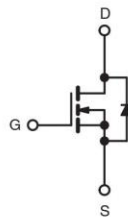
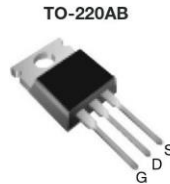


Available  
**RoHS\***  
COMPLIANT

### DESCRIPTION

Third generation Power MOSFETs from Vishay provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-220AB package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 W. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220AB contribute to its wide acceptance throughout the industry.



N-Channel MOSFET

ORDERING INFORMATION	
Package	TO-220AB
Lead (Pb)-free	IRF740PbF SiHF740-E3
SnPb	IRF740 SiHF740

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ( $T_C = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted)				
PARAMETER	SYMBOL	LIMIT	UNIT	
Drain-Source Voltage	$V_{DS}$	400	V	
Gate-Source Voltage	$V_{GS}$	$\pm 20$		
Continuous Drain Current	$V_{GS}$ at 10 V	$T_C = 25^\circ\text{C}$	10	A
		$T_C = 100^\circ\text{C}$	6.3	
Pulsed Drain Current <sup>a</sup>	$I_{DM}$	40		
Linear Derating Factor		1.0	W/ $^\circ\text{C}$	
Single Pulse Avalanche Energy <sup>b</sup>	$E_{AS}$	520	mJ	
Repetitive Avalanche Current <sup>a</sup>	$I_{AR}$	10	A	
Repetitive Avalanche Energy <sup>a</sup>	$E_{AR}$	13	mJ	
Maximum Power Dissipation	$T_C = 25^\circ\text{C}$	$P_D$	125	W
Peak Diode Recovery $dV/dt^c$		$dV/dt$	4.0	V/ns
Operating Junction and Storage Temperature Range		$T_J, T_{stg}$	- 55 to + 150	$^\circ\text{C}$
Soldering Recommendations (Peak Temperature)	for 10 s		300 <sup>d</sup>	
Mounting Torque	6-32 or M3 screw		10	lbf · in
			1.1	N · m

### Notes

- Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature (see fig. 11).
- $V_{DD} = 50\text{ V}$ , starting  $T_J = 25^\circ\text{C}$ ,  $L = 9.1\text{ mH}$ ,  $R_g = 25\ \Omega$ ,  $I_{AS} = 10\text{ A}$  (see fig. 12).
- $I_{SD} \leq 10\text{ A}$ ,  $dI/dt \leq 120\text{ A}/\mu\text{s}$ ,  $V_{DD} \leq V_{DS}$ ,  $T_J \leq 150^\circ\text{C}$ .
- 1.6 mm from case.

\* Pb containing terminations are not RoHS compliant, exemptions may apply

Document Number: 91054  
S11-0507-Rev. C, 21-Mar-11

www.vishay.com

1

This datasheet is subject to change without notice.  
THE PRODUCT DESCRIBED HEREIN AND THIS DATASHEET ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT [www.vishay.com/doc?91000](http://www.vishay.com/doc?91000)



# IRF740, SiHF740

Vishay Siliconix



THERMAL RESISTANCE RATINGS				
PARAMETER	SYMBOL	TYP.	MAX.	UNIT
Maximum Junction-to-Ambient	$R_{thJA}$	-	62	°C/W
Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	$R_{thCS}$	0.50	-	
Maximum Junction-to-Case (Drain)	$R_{thJC}$	-	1.0	

SPECIFICATIONS ( $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted)						
PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
<b>Static</b>						
Drain-Source Breakdown Voltage	$V_{DS}$	$V_{GS} = 0\text{ V}, I_D = 250\text{ }\mu\text{A}$	400	-	-	V
$V_{DS}$ Temperature Coefficient	$\Delta V_{DS}/T_J$	Reference to $25\text{ }^\circ\text{C}, I_D = 1\text{ mA}$	-	0.49	-	V/°C
Gate-Source Threshold Voltage	$V_{GS(th)}$	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\text{ }\mu\text{A}$	2.0	-	4.0	V
Gate-Source Leakage	$I_{GSS}$	$V_{GS} = \pm 20\text{ V}$	-	-	$\pm 100$	nA
Zero Gate Voltage Drain Current	$I_{DSS}$	$V_{DS} = 400\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}$	-	-	25	$\mu\text{A}$
		$V_{DS} = 320\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}, T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$	-	-	250	
Drain-Source On-State Resistance	$R_{DS(on)}$	$V_{GS} = 10\text{ V}, I_D = 6.0\text{ A}^b$	-	-	0.55	$\Omega$
Forward Transconductance	$g_{fs}$	$V_{DS} = 50\text{ V}, I_D = 6.0\text{ A}^b$	5.8	-	-	S
<b>Dynamic</b>						
Input Capacitance	$C_{iss}$	$V_{GS} = 0\text{ V}, V_{DS} = 25\text{ V}, f = 1.0\text{ MHz}, \text{ see fig. 5}$	-	1400	-	pF
Output Capacitance	$C_{oss}$		-	330	-	
Reverse Transfer Capacitance	$C_{rss}$		-	120	-	
Total Gate Charge	$Q_g$	$V_{GS} = 10\text{ V}, I_D = 10\text{ A}, V_{DS} = 320\text{ V}, \text{ see fig. 6 and 13}^b$	-	-	63	nC
Gate-Source Charge	$Q_{gs}$		-	-	9.0	
Gate-Drain Charge	$Q_{gd}$		-	-	32	
Turn-On Delay Time	$t_{d(on)}$	$V_{DD} = 200\text{ V}, I_D = 10\text{ A}, R_g = 9.1\text{ }\Omega, R_D = 20\text{ }\Omega, \text{ see fig. 10}^b$	-	14	-	ns
Rise Time	$t_r$		-	27	-	
Turn-Off Delay Time	$t_{d(off)}$		-	50	-	
Fall Time	$t_f$		-	24	-	
Internal Drain Inductance	$L_D$	Between lead, 6 mm (0.25") from package and center of die contact	-	4.5	-	nH
Internal Source Inductance	$L_S$		-	7.5	-	
<b>Drain-Source Body Diode Characteristics</b>						
Continuous Source-Drain Diode Current	$I_S$	MOSFET symbol showing the integral reverse p - n junction diode	-	-	10	A
Pulsed Diode Forward Current <sup>a</sup>	$I_{SM}$		-	-	40	
Body Diode Voltage	$V_{SD}$	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}, I_S = 10\text{ A}, V_{GS} = 0\text{ V}^b$	-	-	2.0	V
Body Diode Reverse Recovery Time	$t_{rr}$	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}, I_F = 10\text{ A}, dI/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}^b$	-	370	790	ns
Body Diode Reverse Recovery Charge	$Q_{rr}$		-	3.8	8.2	$\mu\text{C}$
Forward Turn-On Time	$t_{on}$	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S$ and $L_D$ )				

**Notes**

- a. Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature (see fig. 11).
- b. Pulse width  $\leq 300\text{ }\mu\text{s}$ ; duty cycle  $\leq 2\%$ .



# IRF740, SiHF740

Vishay Siliconix

## TYPICAL CHARACTERISTICS (25 °C, unless otherwise noted)

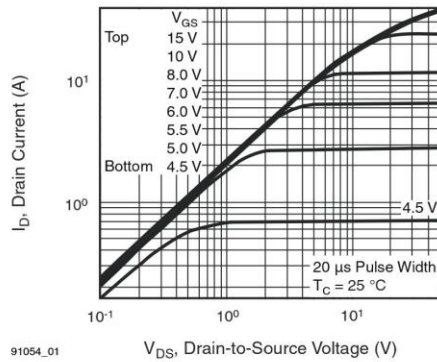


Fig. 1 - Typical Output Characteristics,  $T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$

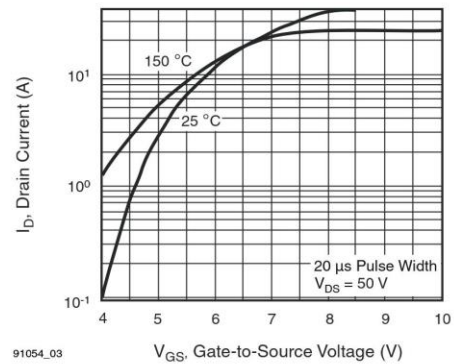


Fig. 3 - Typical Transfer Characteristics

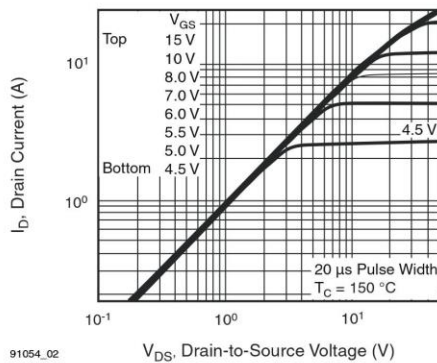


Fig. 2 - Typical Output Characteristics,  $T_C = 150\text{ }^\circ\text{C}$

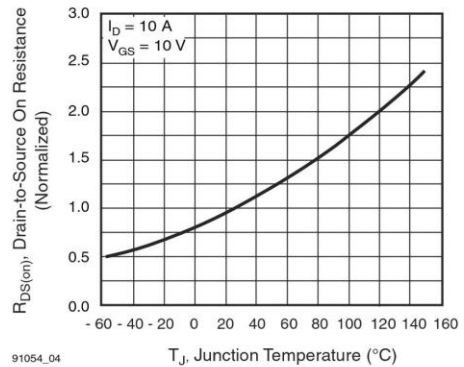
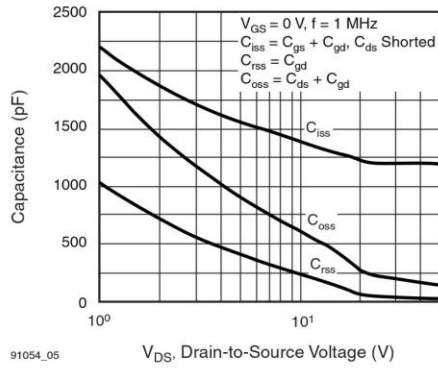


Fig. 4 - Normalized On-Resistance vs. Temperature

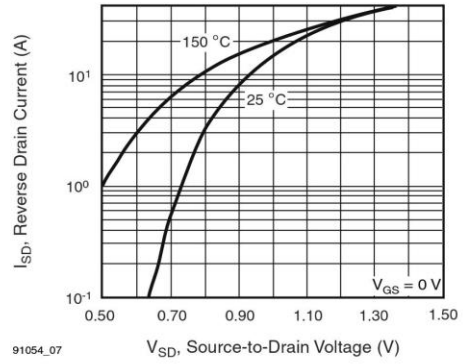
# IRF740, SiHF740

Vishay Siliconix



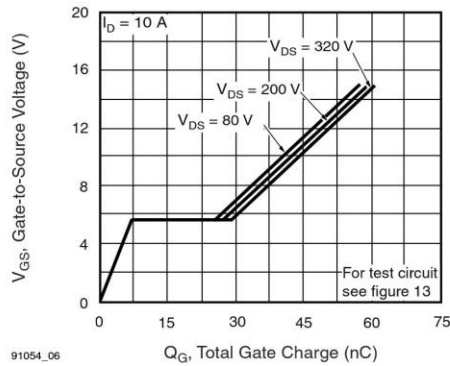
91054\_05

Fig. 5 - Typical Capacitance vs. Drain-to-Source Voltage



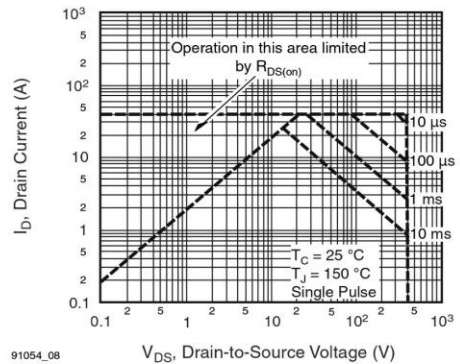
91054\_07

Fig. 7 - Typical Source-Drain Diode Forward Voltage



91054\_06

Fig. 6 - Typical Gate Charge vs. Drain-to-Source Voltage



91054\_08

Fig. 8 - Maximum Safe Operating Area



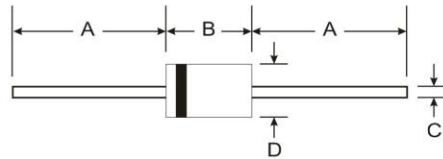
# 1N5711

## SCHOTTKY BARRIER SWITCHING DIODE

SPICE MODEL: 1N5711

### Features

- Ultra-Fast Switching Speed
- High Reverse Breakdown Voltage
- Low Forward Voltage Drop
- Guard Ring Junction Protection



### Mechanical Data

- Case: DO-35, Glass
- Leads: Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Marking: Type Number
- Polarity: Cathode Band
- Weight: 0.13 grams (approx.)

DO-35		
Dim	Min	Max
A	25.40	—
B	—	4.00
C	—	0.60
D	—	2.00
All Dimensions in mm		

### Maximum Ratings @ T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	1N5711	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage	V <sub>RRM</sub>	70	V
Working Peak Reverse Voltage	V <sub>RWM</sub>		
DC Blocking Voltage	V <sub>R</sub>		
RMS Reverse Voltage	V <sub>R(RMS)</sub>	49	V
Forward Continuous Current	I <sub>FM</sub>	15	mA
Power Dissipation (Note 1)	P <sub>d</sub>	400	mW
Thermal Resistance, Junction to Ambient Air (Note 1)	R <sub>θJA</sub>	300	°C/W
Operating Temperature Range	T <sub>j</sub>	-55 to +125	°C
Storage Temperature Range	T <sub>STG</sub>	-55 to +150	°C

### Electrical Characteristics @ T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit	Test Condition
Reverse Breakdown Voltage (Note 2)	V <sub>(BR)R</sub>	70	—	V	I <sub>R</sub> = 10μA
Reverse Leakage Current (Note 2)	I <sub>R</sub>	—	200	nA	V <sub>R</sub> = 50V
Forward Voltage Drop (Note 2)	V <sub>F</sub>	—	0.41 1.00	V	I <sub>F</sub> = 1.0mA I <sub>F</sub> = 15mA
Junction Capacitance	C <sub>j</sub>	—	2.0	pF	V <sub>R</sub> = 0V, f = 1.0MHz
Reverse Recovery Time	t <sub>rr</sub>	—	1.0	ns	I <sub>F</sub> = I <sub>R</sub> = 5.0mA, I <sub>rr</sub> = 0.1 x I <sub>R</sub> , R <sub>L</sub> = 100Ω

- Notes:
1. Valid provided that leads are kept at ambient temperature.
  2. Short duration test pulse used to minimize self-heating effect.

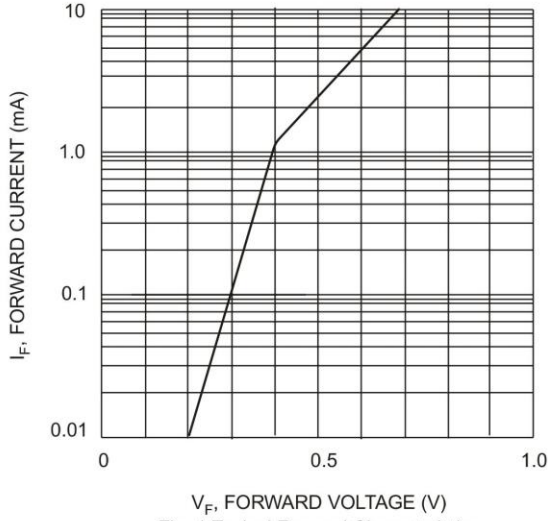


Fig. 1 Typical Forward Characteristics

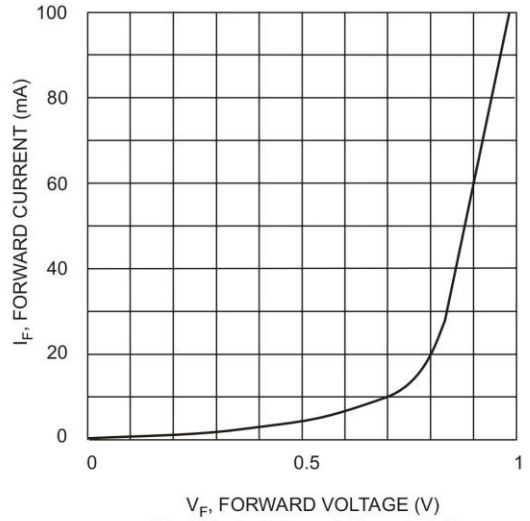


Fig. 2 Typical Forward Characteristics

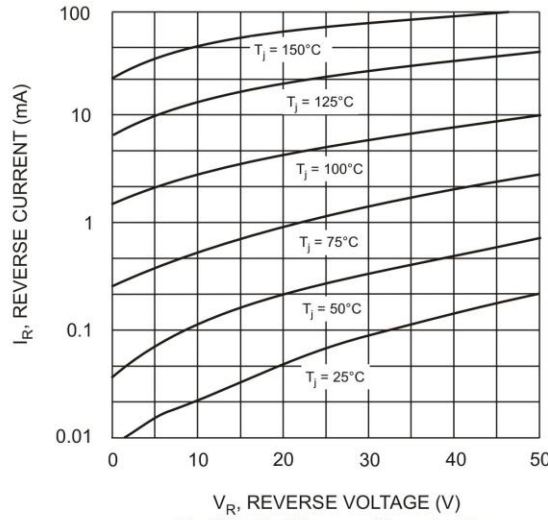


Fig. 3 Typical Reverse Characteristics

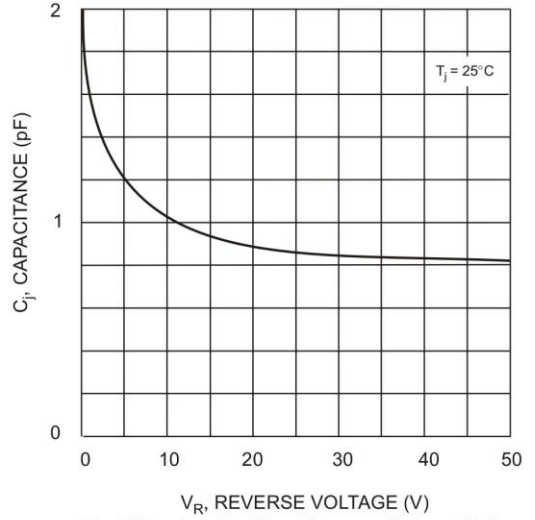


Fig. 4 Typ. Junction Capacitance vs Reverse Voltage

9/12/2014

XBee Pro 60mW Wire Antenna (Serie 1) ~ XBee.cl



**XBEE PRO 60** [Comprar en MCI \(http://www.olimex.cl/product\\_info.php?products\\_id=459\)](http://www.olimex.cl/product_info.php?products_id=459)

1)

Este es el muy popular módulo Xbee XBP24-AWI-001 Serie 1 de 2.4GHz fabricado por Digi (formalmente Maxstream). La serie Pro tiene el mismo pinout y set de instrucciones que la serie básica más un incremento de la potencia de salida a 60mW!. Estos módulos utilizan el stack 802.15.4 (la base de Zigbee) y lo empaquetan en un set de instrucciones simples de utilizar. El Xbee Pro permite una comunicación muy simple y confiable entre microcontroladores, computadores, sistemas y realmente cualquier dispositivo con un puerto serial! Redes punto a punto y multipunto pueden ser configuradas utilizando este equipo.

**Características**

- 3.3V @ 215mA
- 250kbps Max data rate
- 60mW output (+18dBm)
- 1 mile (1500m) range
- Built-in antenna
- Fully FCC certified
- 6 10-bit ADC input pins
- 8 digital IO pins
- 128-bit encryption
- Local or over-air configuration
- AT or API command set

**Galería**



(<http://xbee.cl/wp-content/uploads/2014/10/MCI-WIR-00459.jpg>)

Ingeniería MCI Ltda. (Olimex Chile)  
Luis Thayer Ojeda 0115 Of. 1105  
Santiago, Chile

Ver plano con la ubicación (<https://www.google.com/maps/place/Ingenieria+Mci/@-33.418054,-70.603541,17z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x9662cf6bcbcd1e37:0xcfacec7c7c082c7?hl=en>)

Tel: +56 2 23339579

+56 2 22319268

Fax: +56 2 23350589

MCI Electronics (<http://www.olimex.cl>)

Contacto ([http://xbee.cl/?page\\_id=8](http://xbee.cl/?page_id=8))

Foro (<http://www.olimex.cl/foro/viewforum.php?f=28&sid=f1e1139fcff81cd84f684e767029456c>)

**f** (<https://es-la.facebook.com/pages/MCI-Ltda-Olimex-Chile-/161682211484>)

**t** (<https://twitter.com/mcielectronics>)

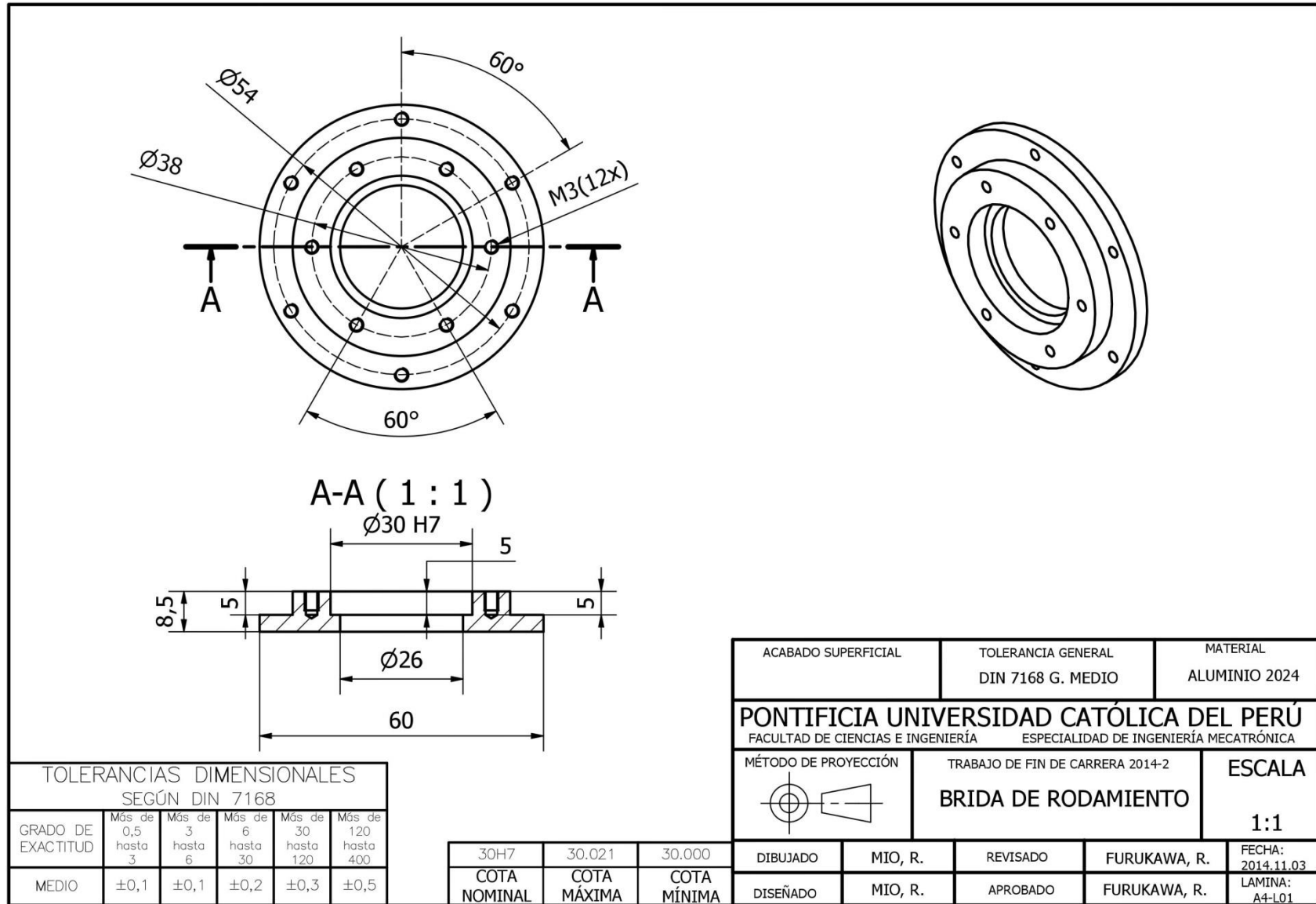
MCI electronics (<http://www.olimex.cl>) Todos los derechos reservados.

<http://xbee.cl/?p=80>

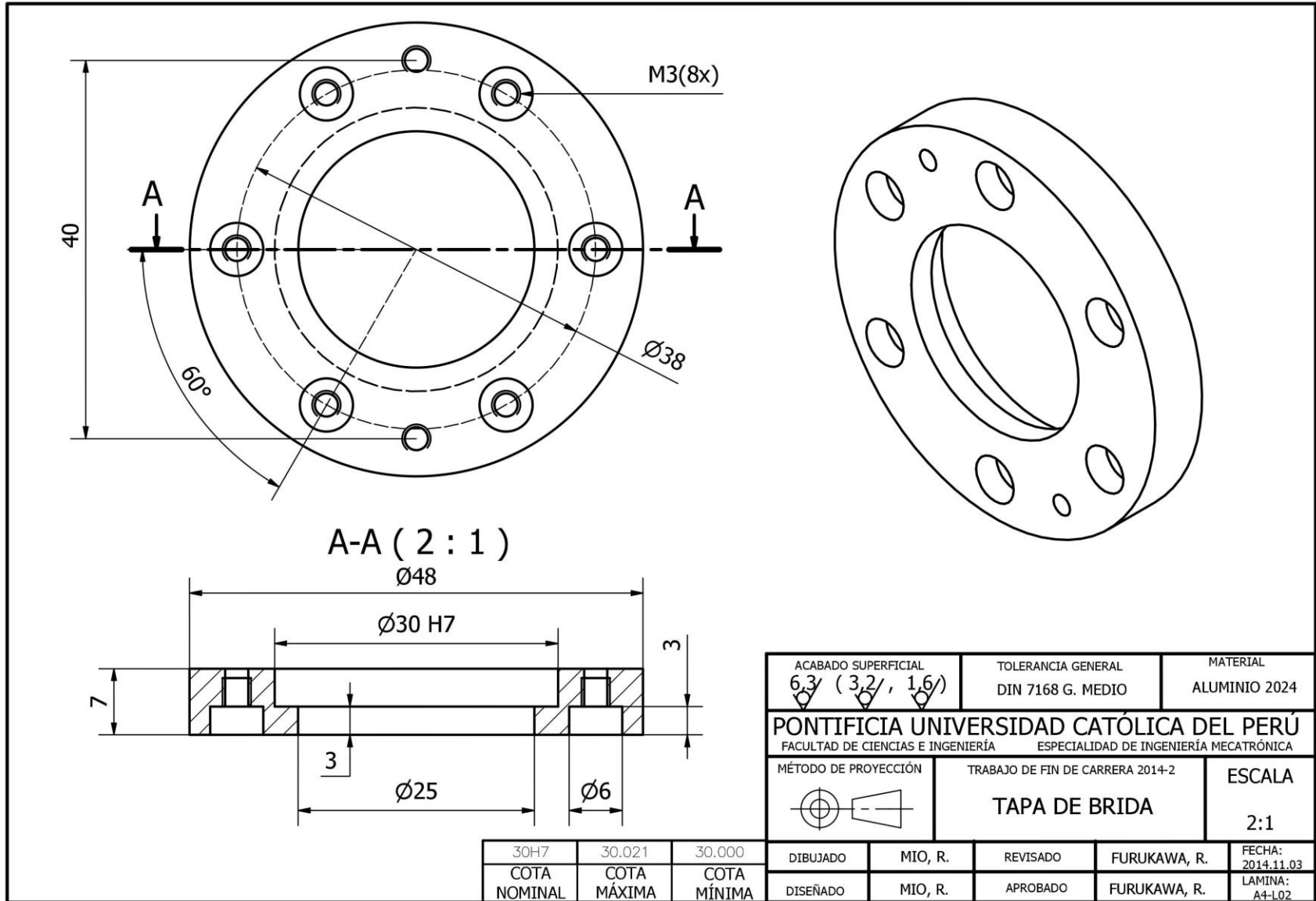
1/2

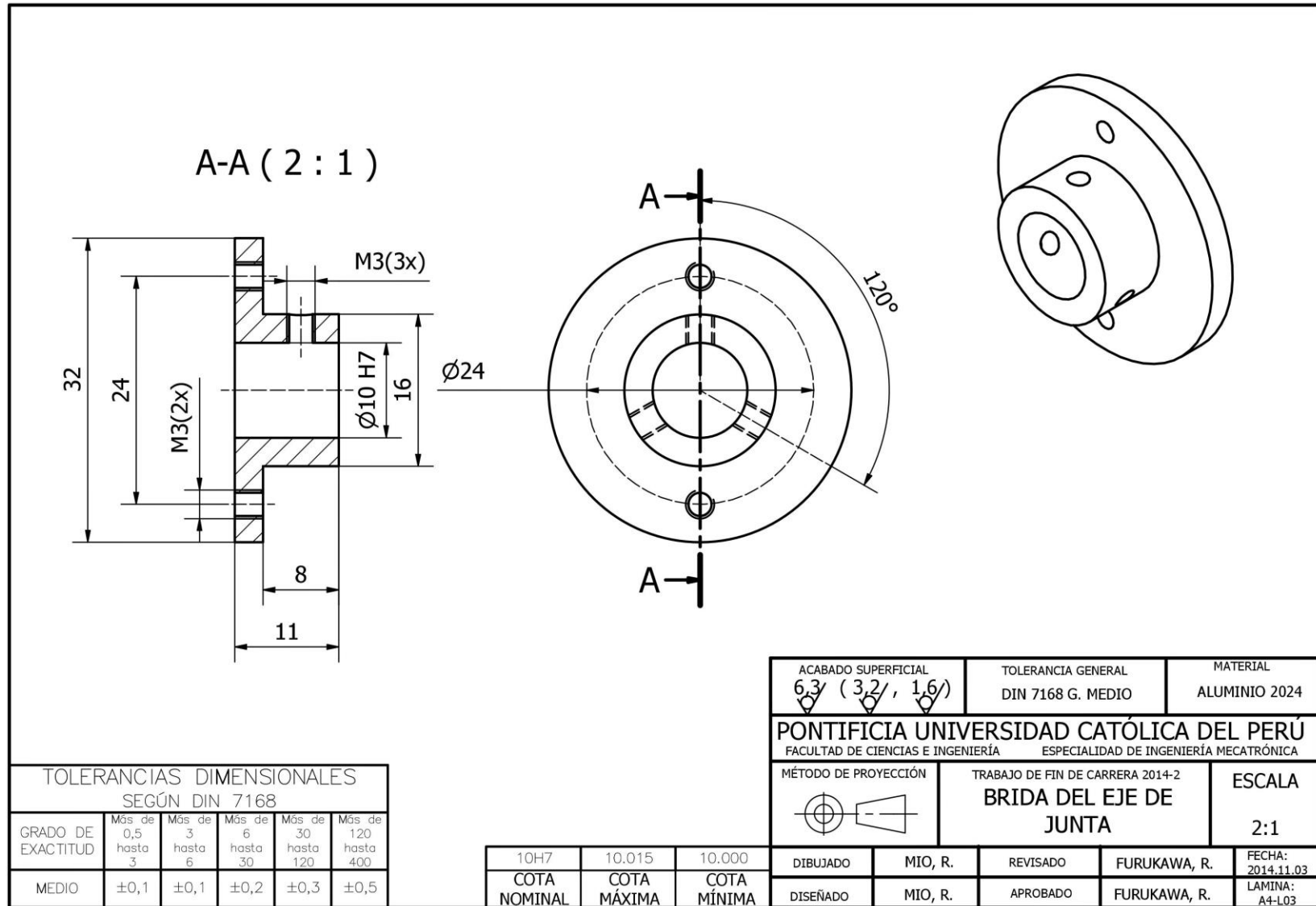
## ANEXO L

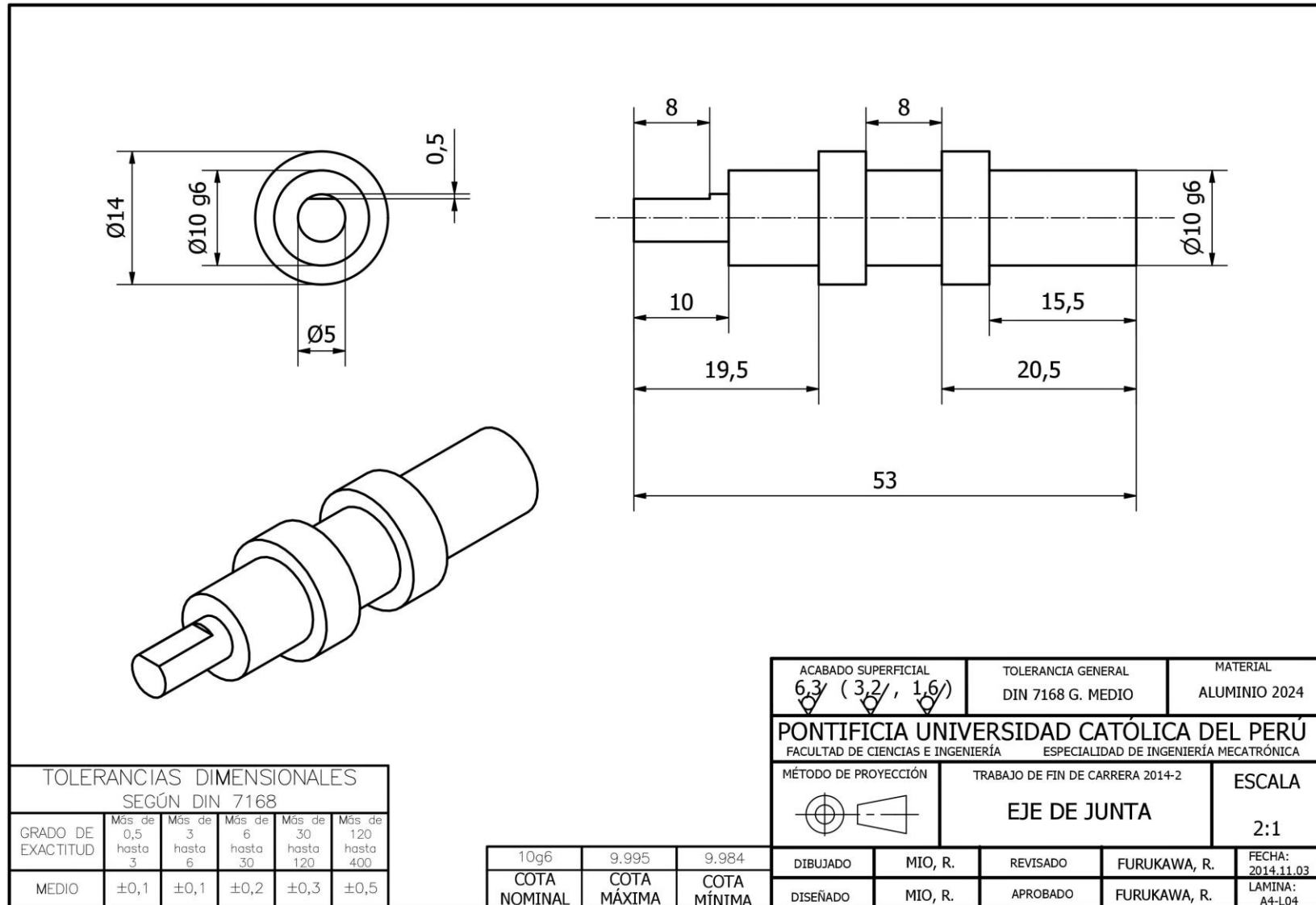
Planos de despiece y ensamble

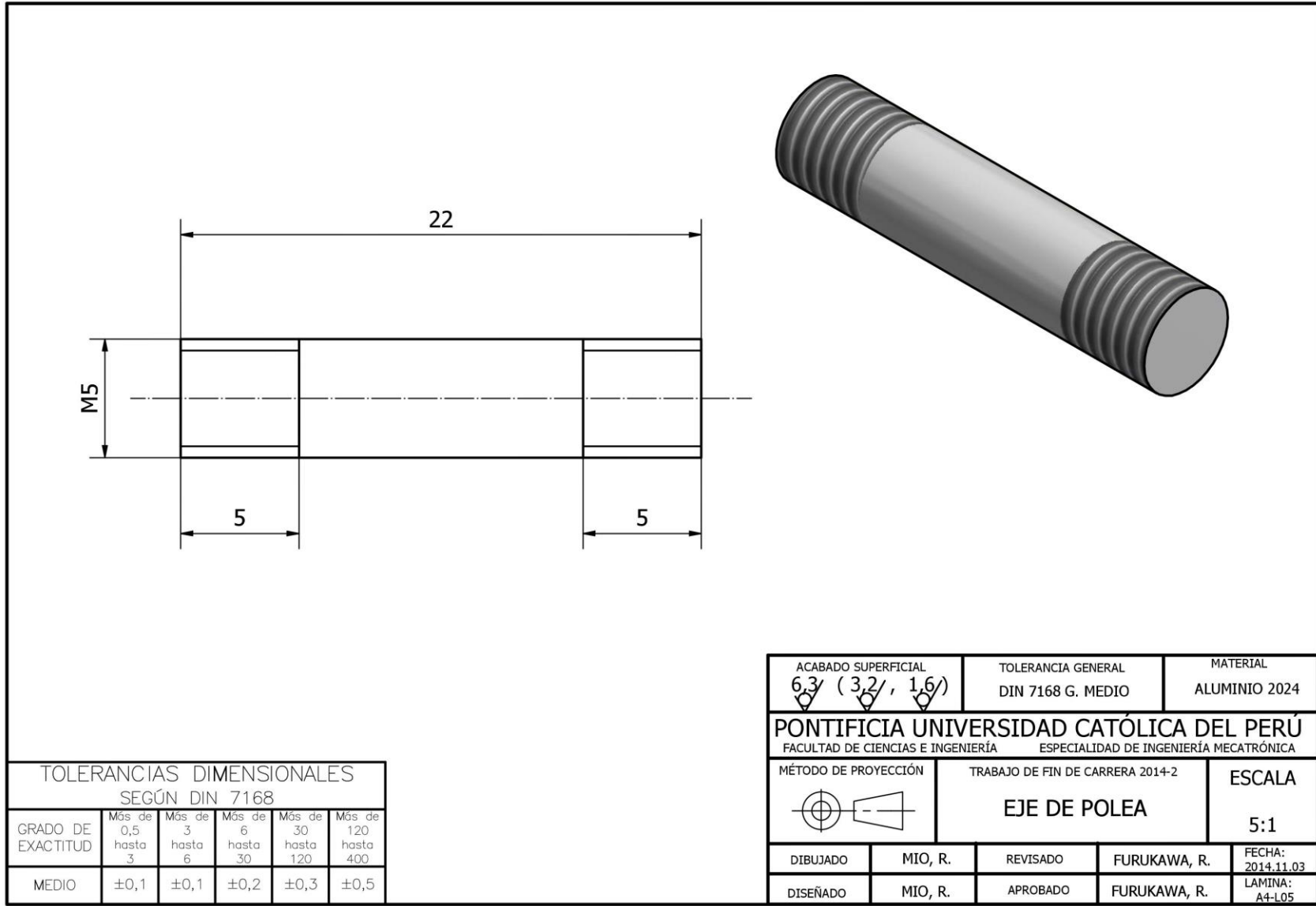


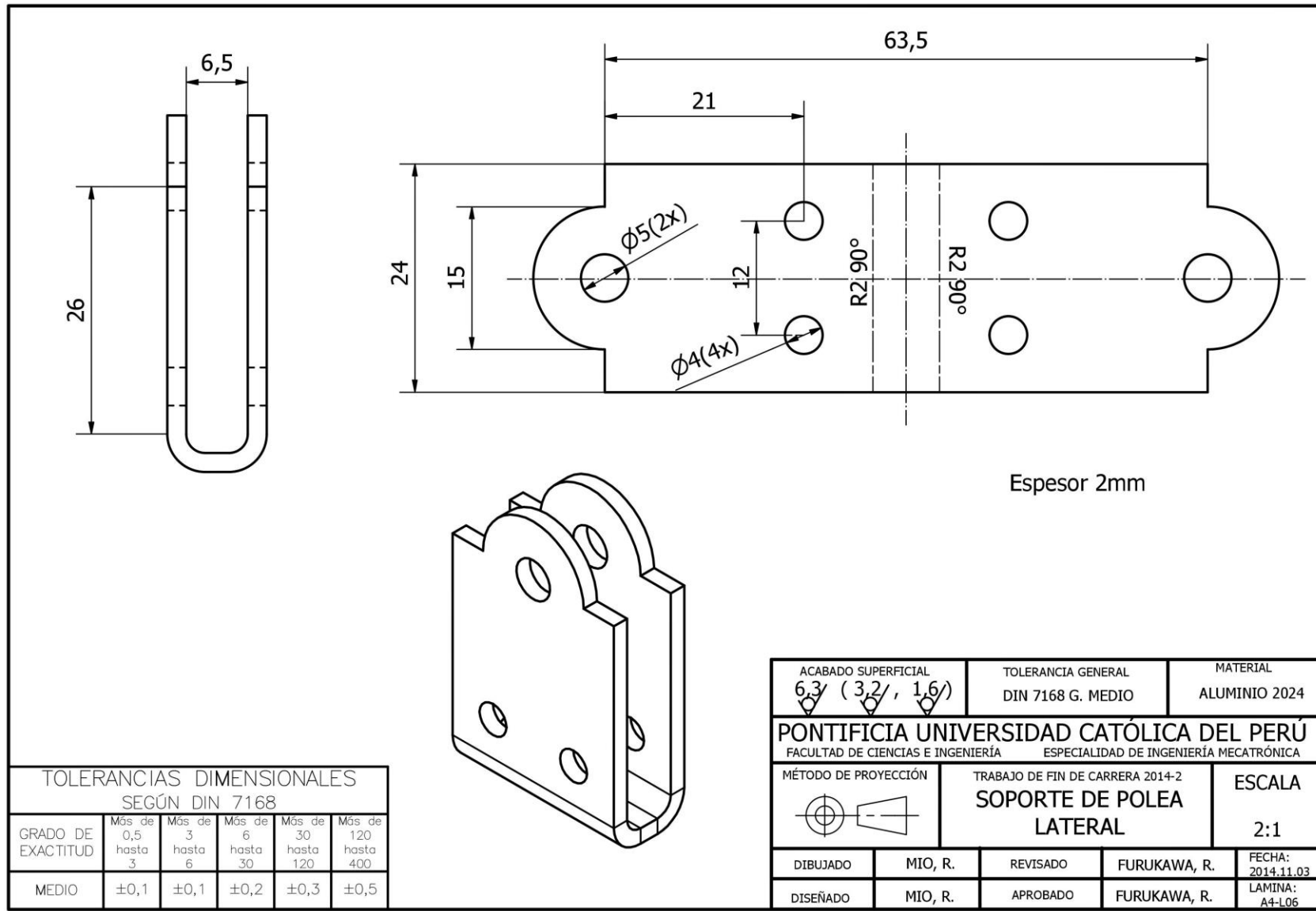


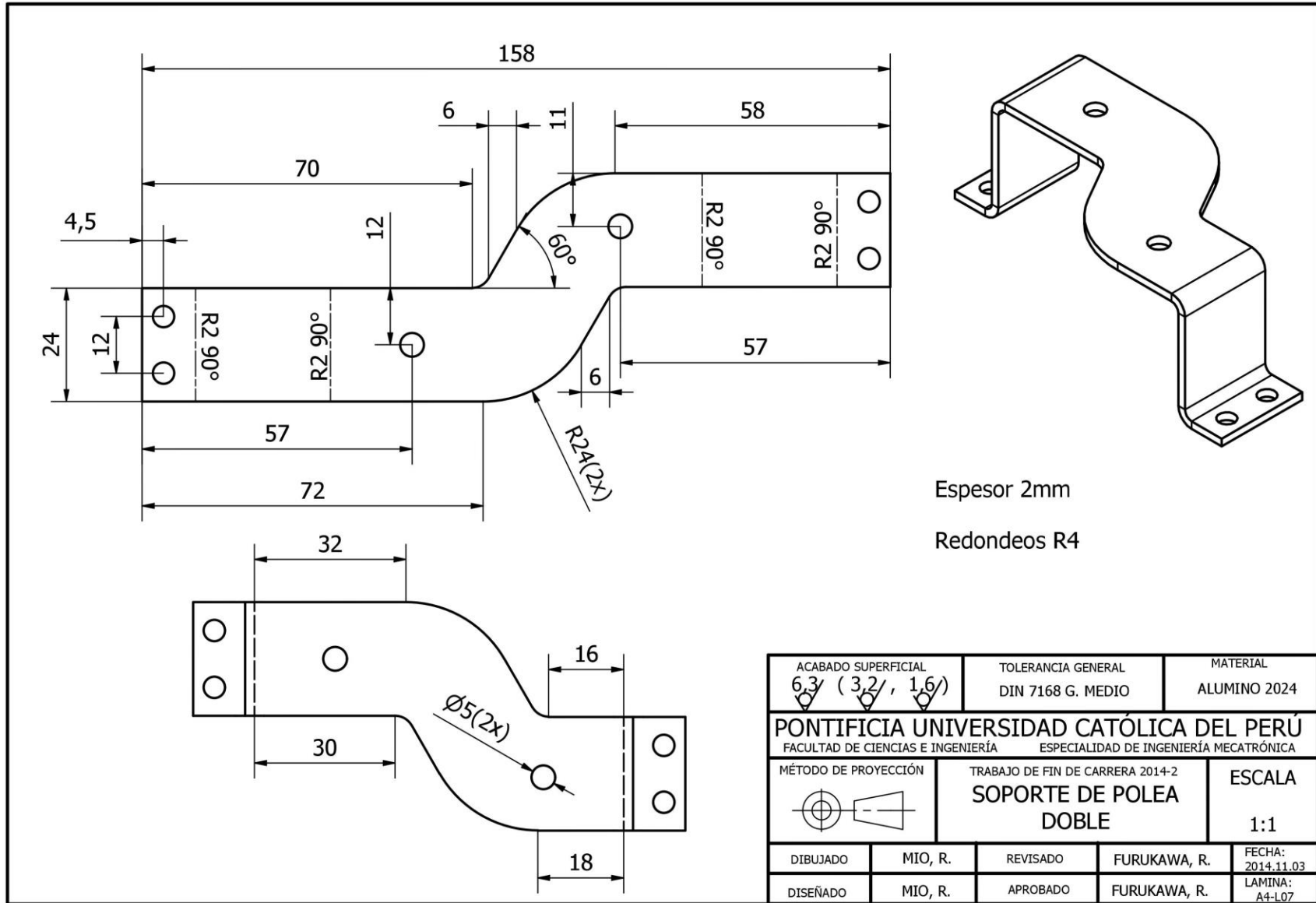


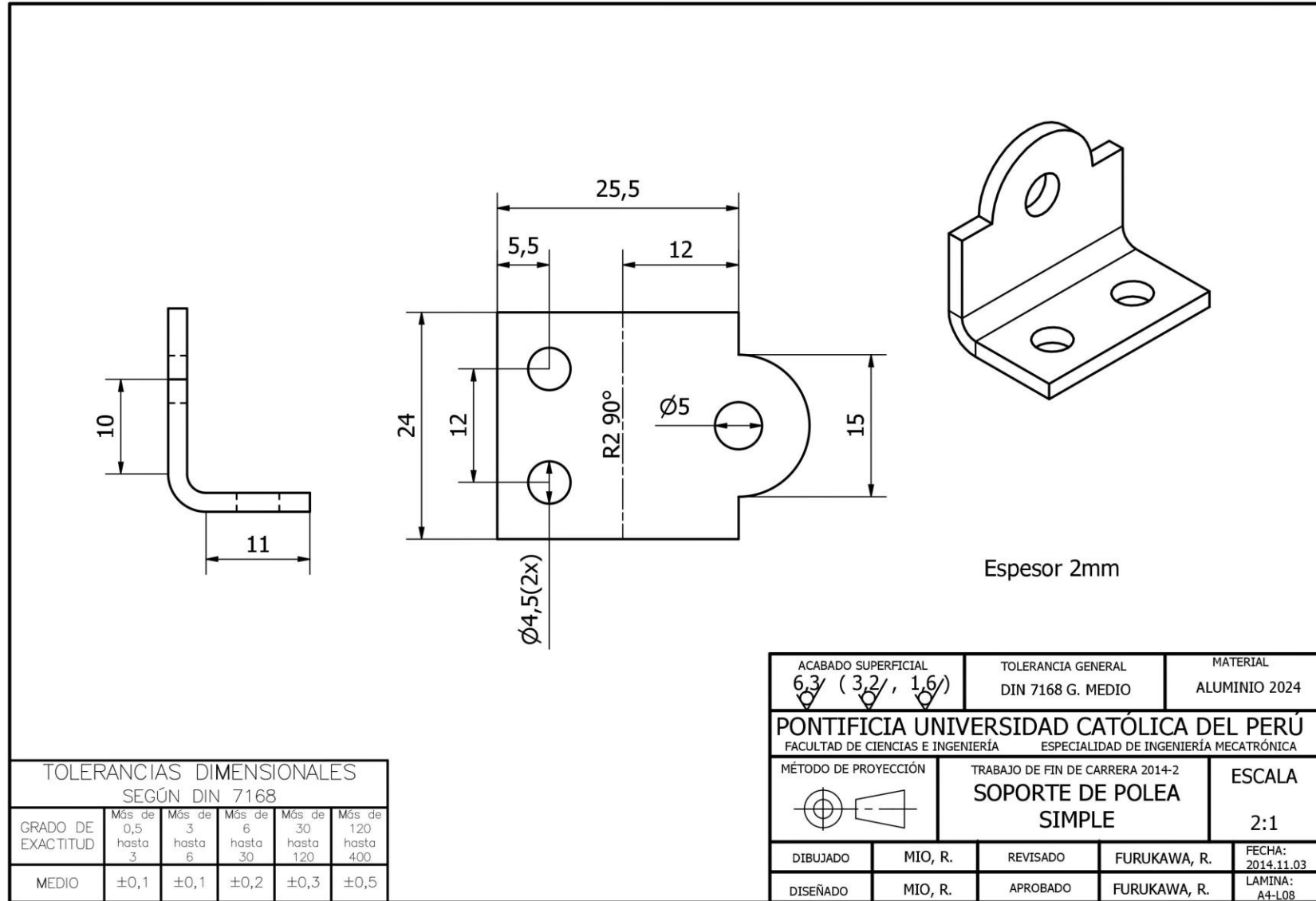


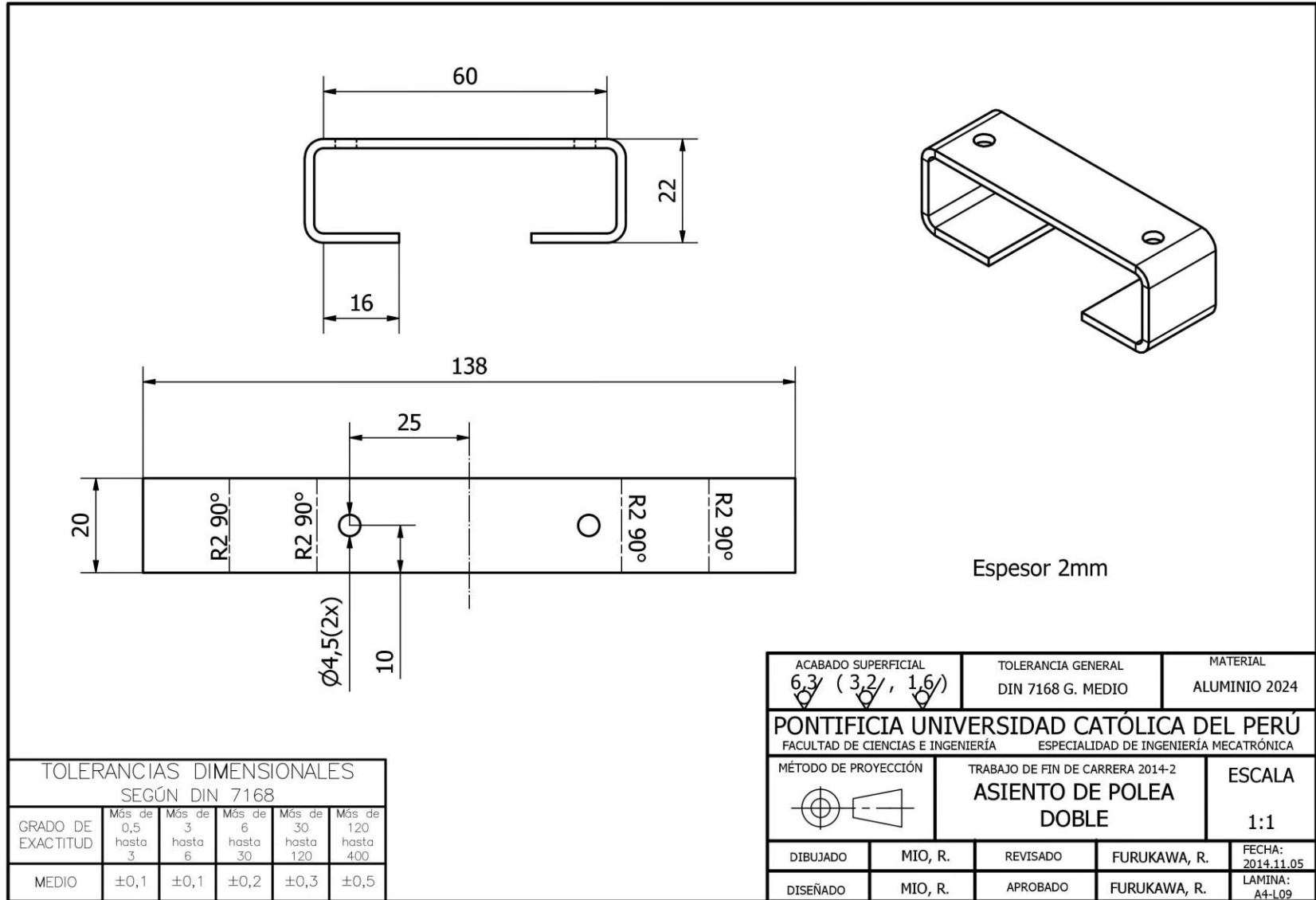




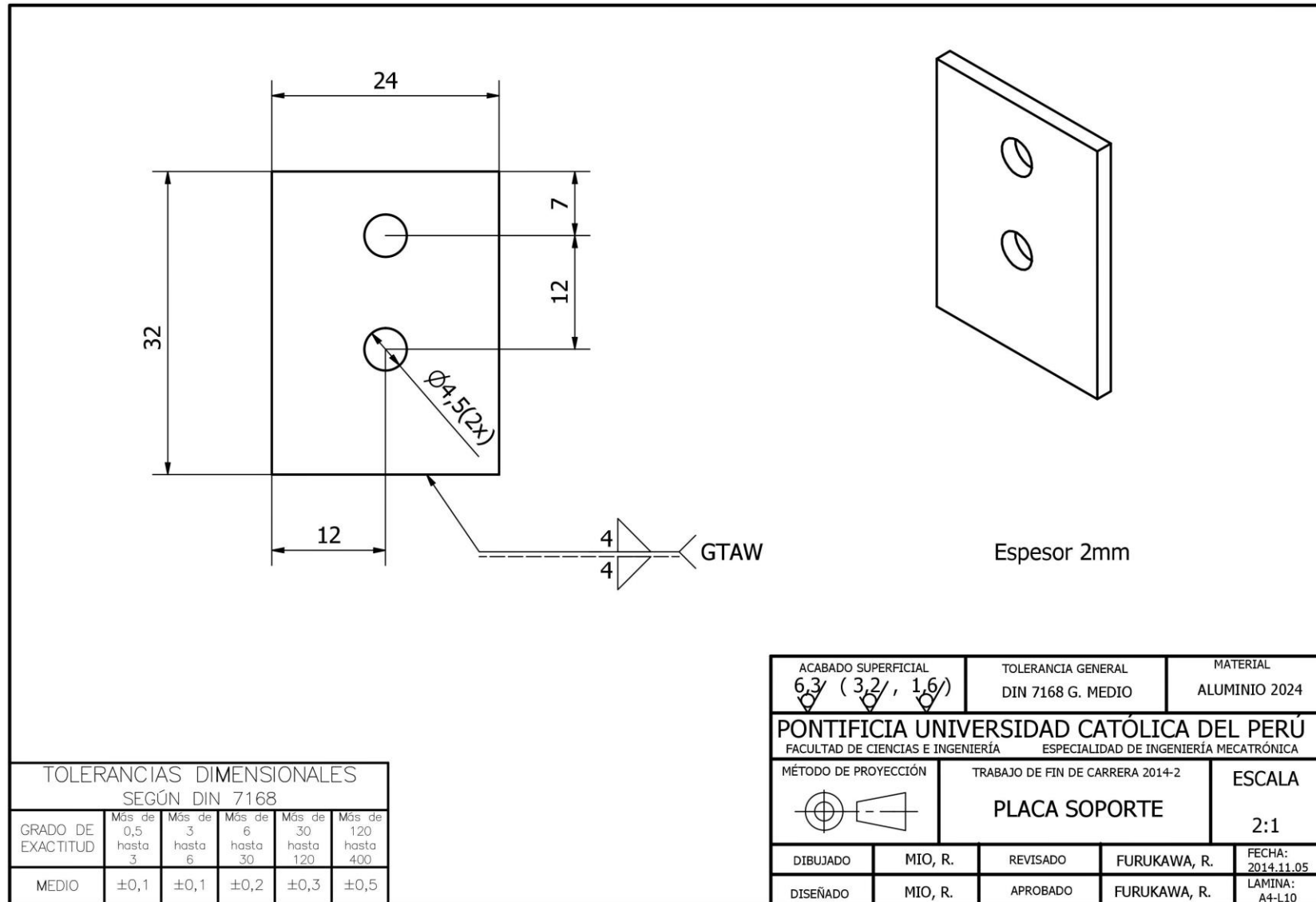


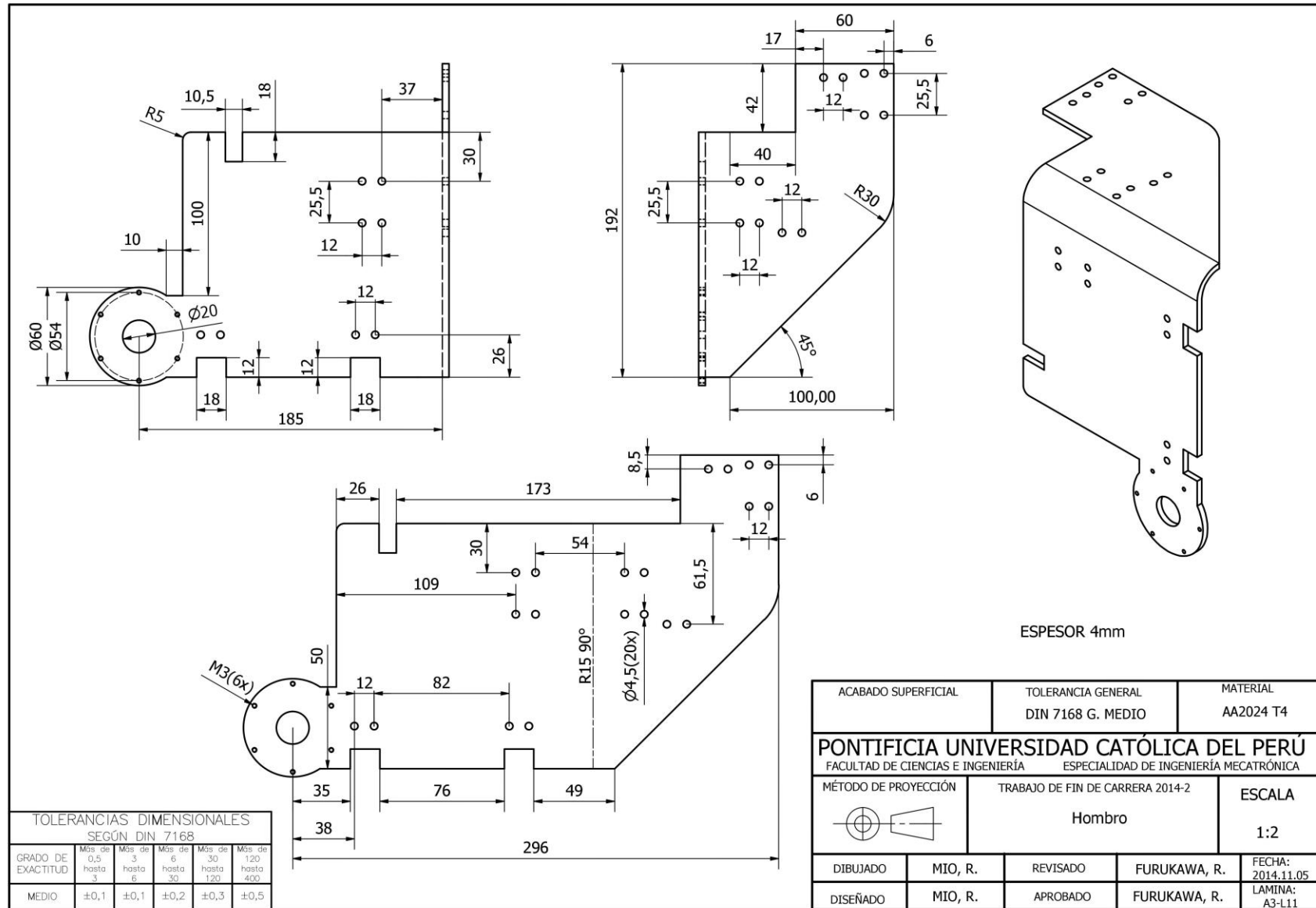


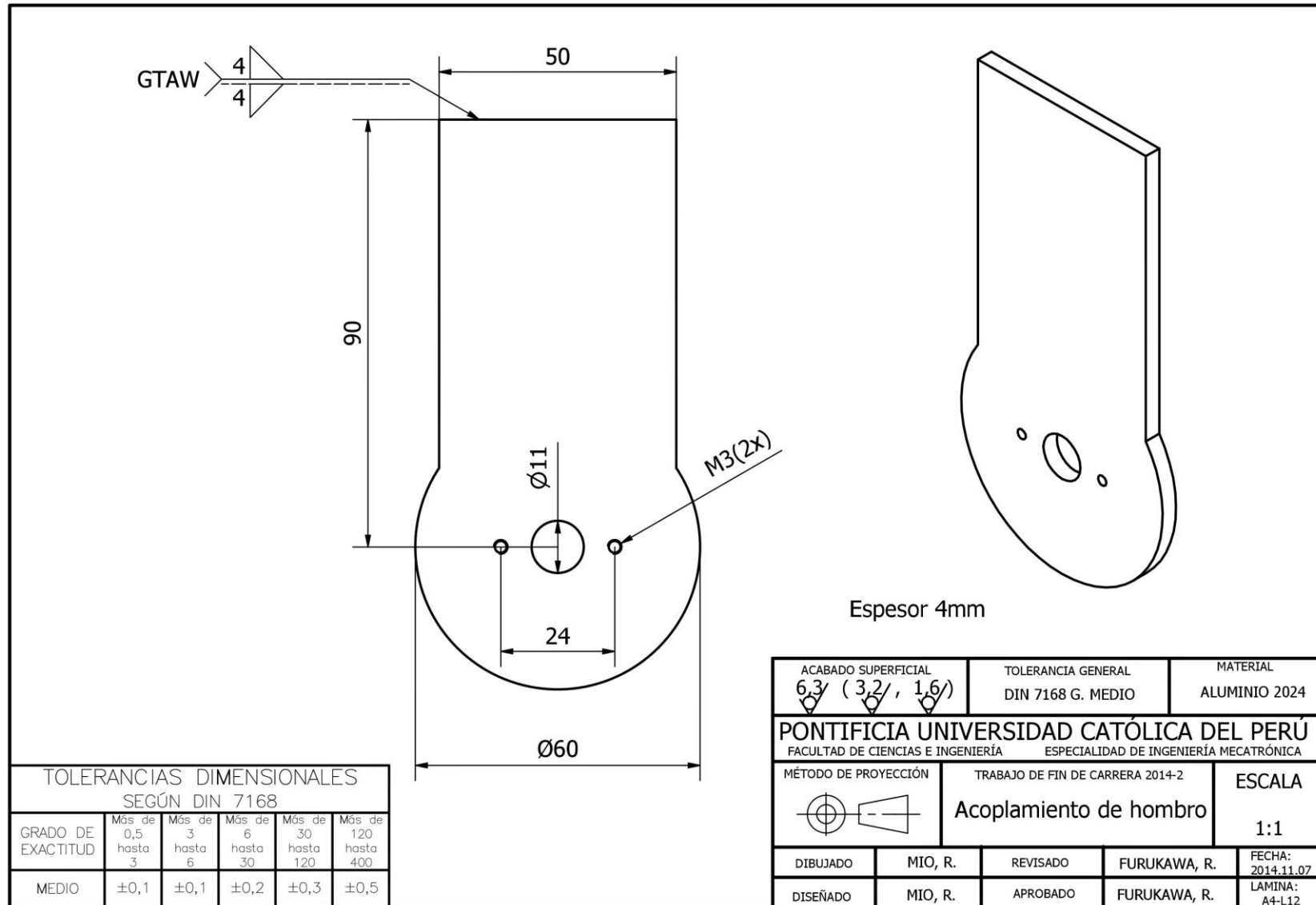


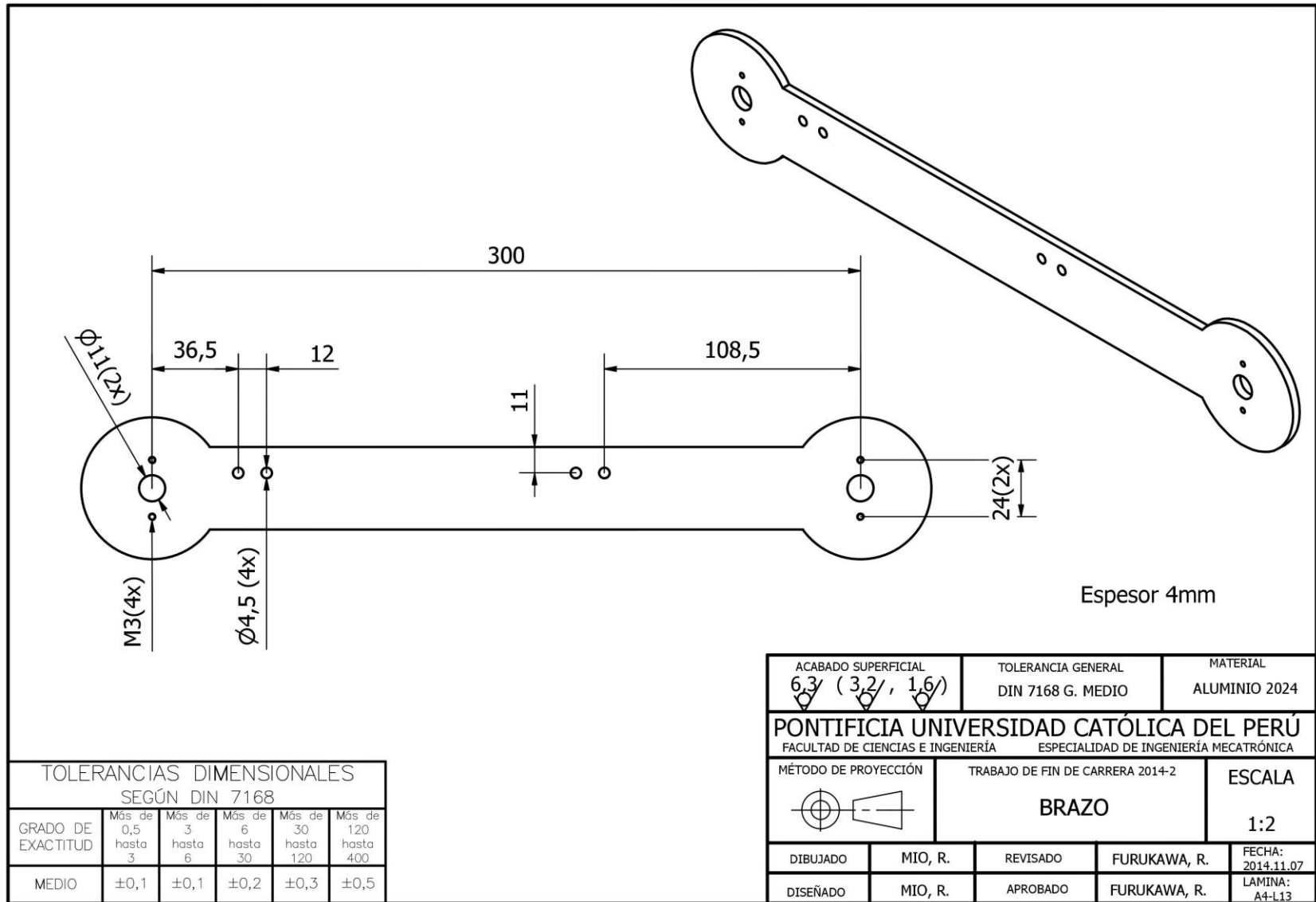


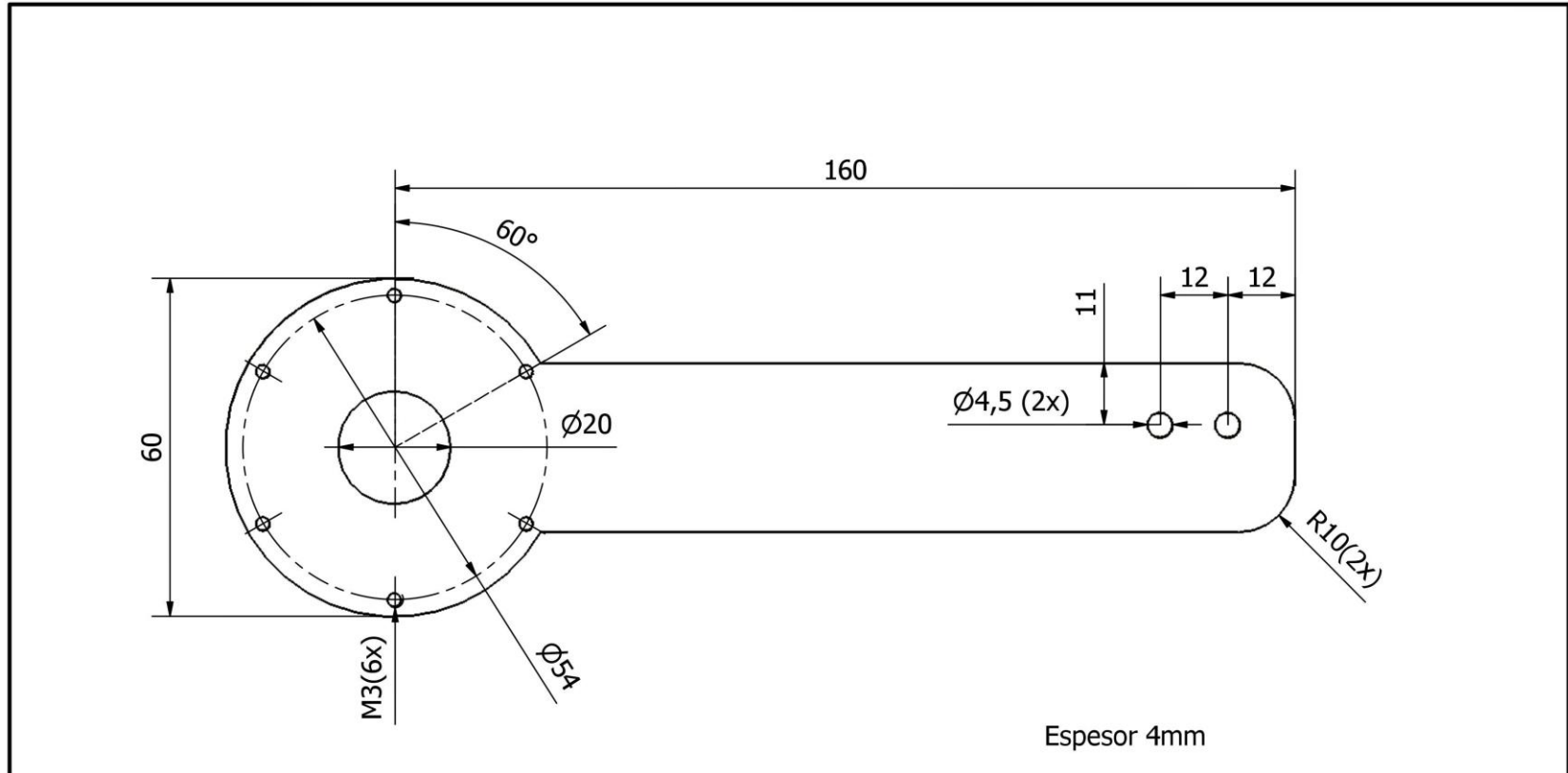






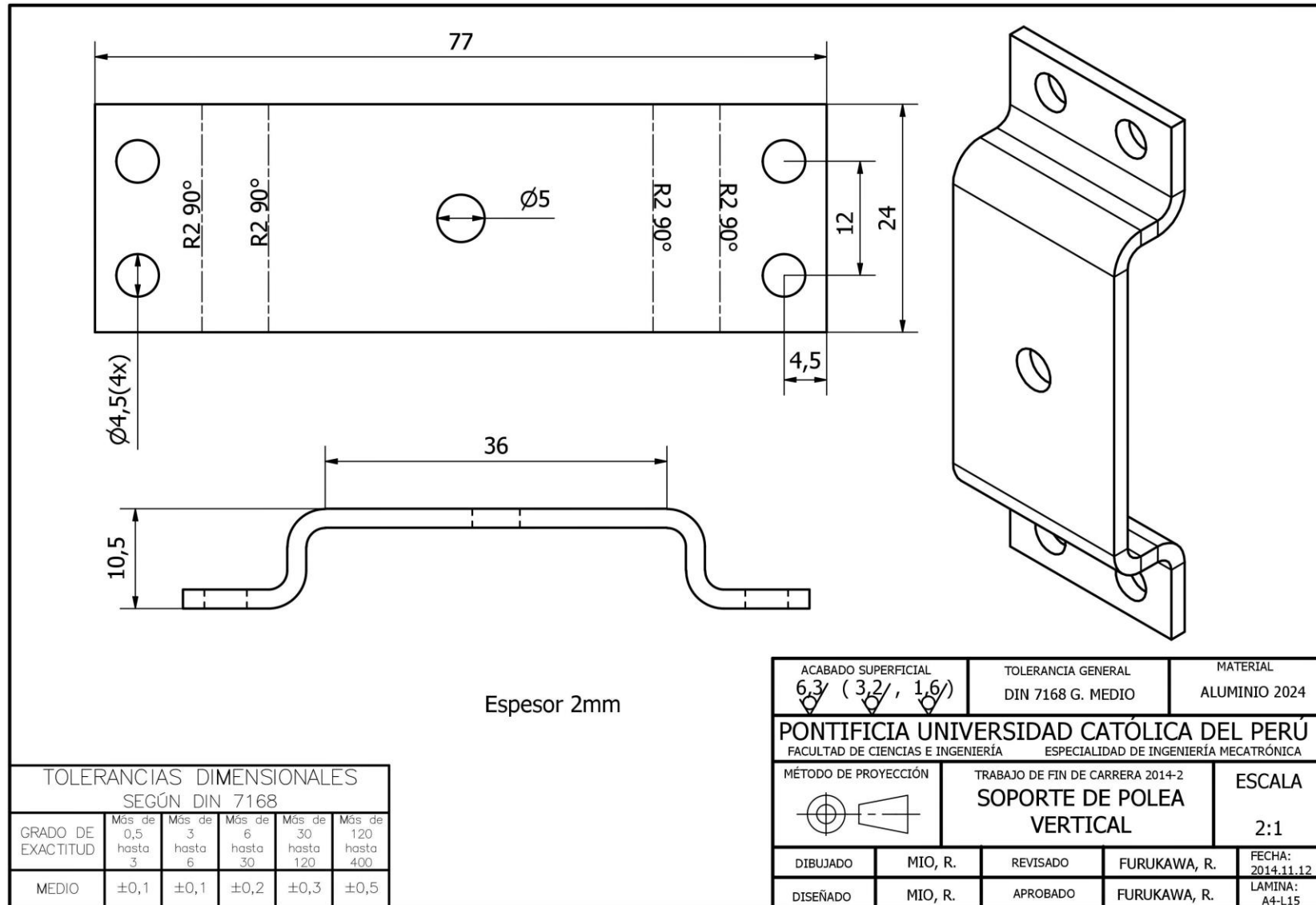


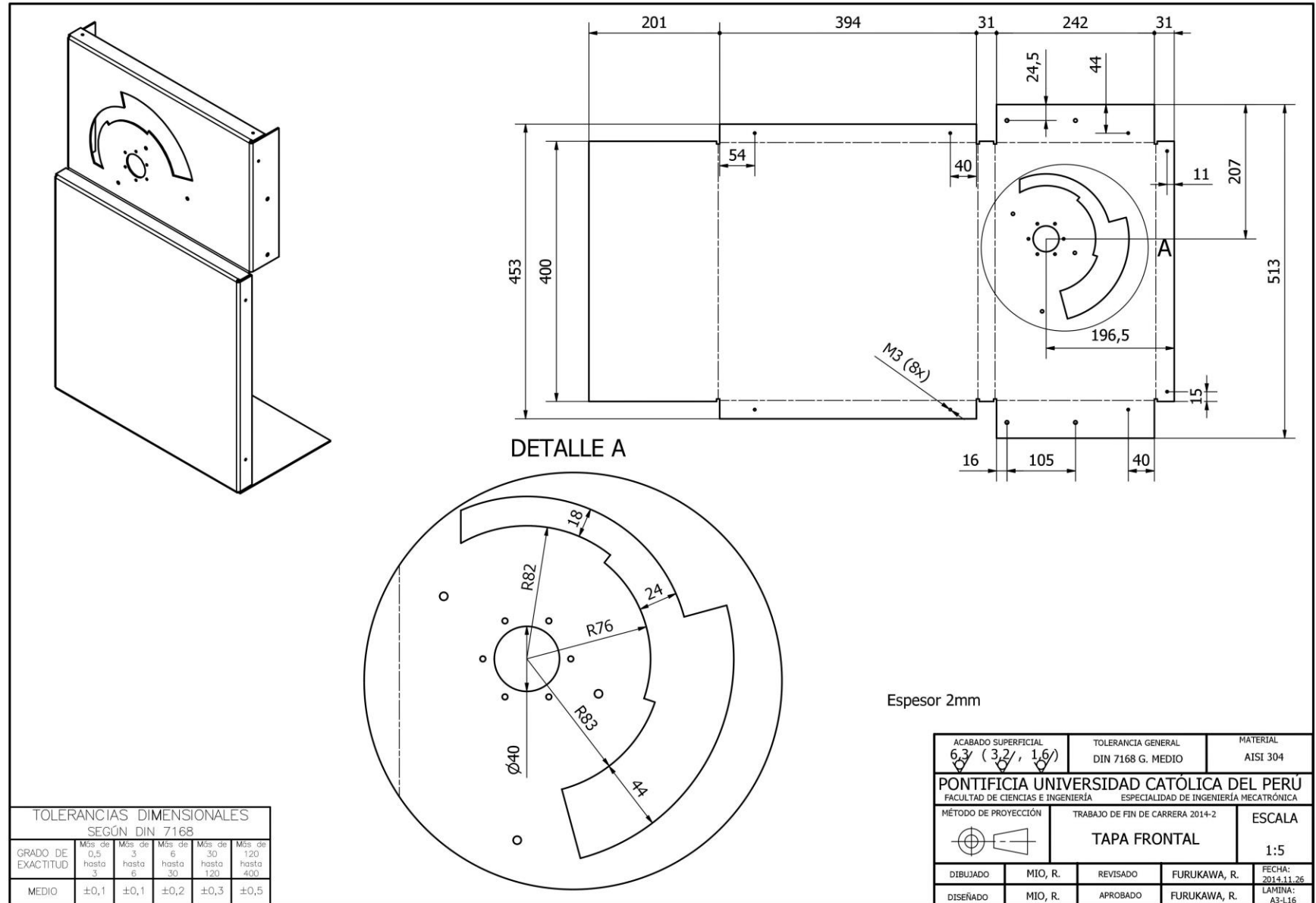


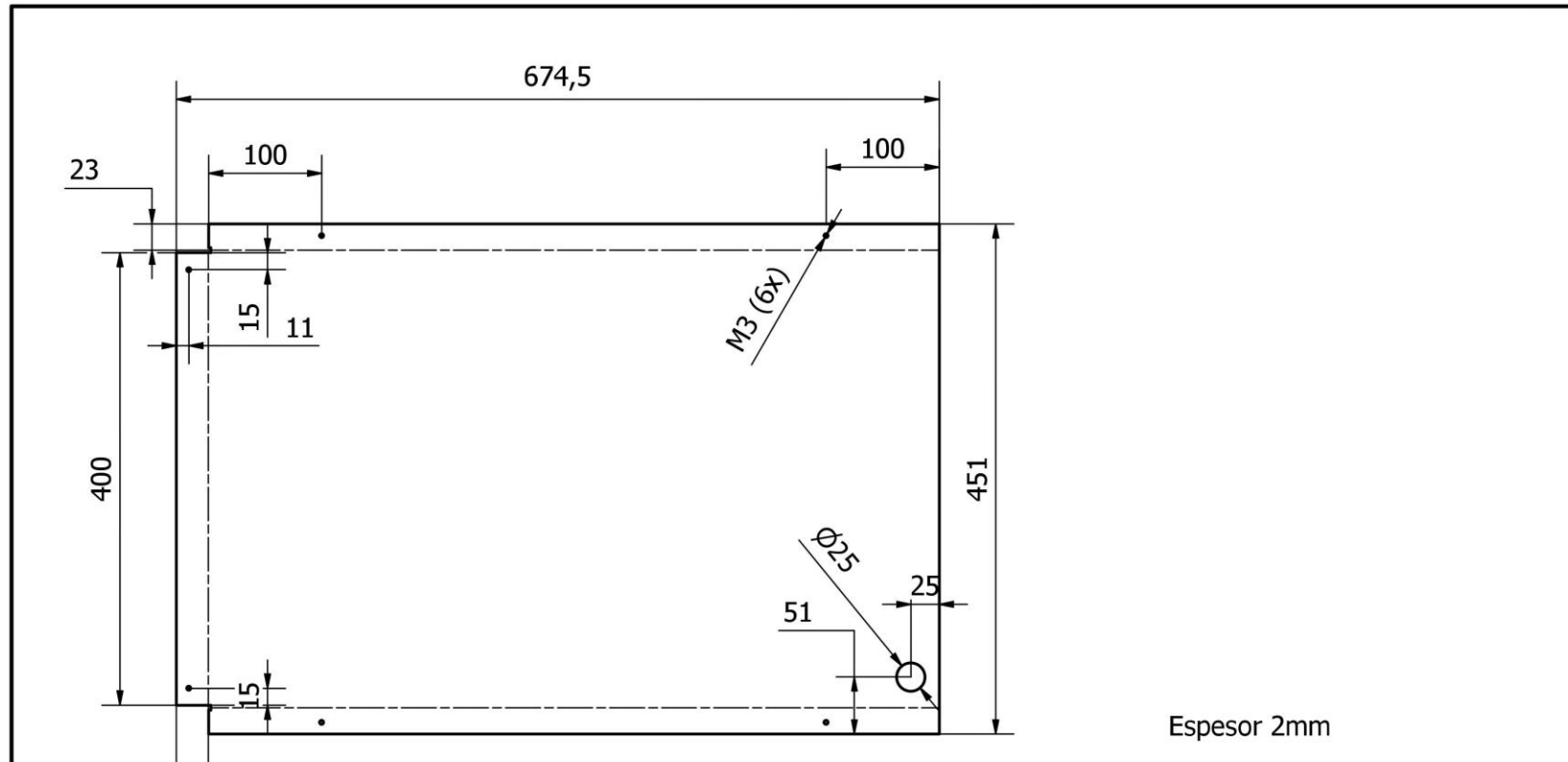


TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5

ACABADO SUPERFICIAL 6,3 (3,2, 1,6)	TOLERANCIA GENERAL DIN 7168 G. MEDIO	MATERIAL ALUMINIO 2024
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-2	ESCALA 1:1
DIBUJADO MIO, R.	REVISADO FURUKAWA, R.	FECHA: 2014.11.12
DISEÑADO MIO, R.	APROBADO FURUKAWA, R.	LAMINA: A4-L14







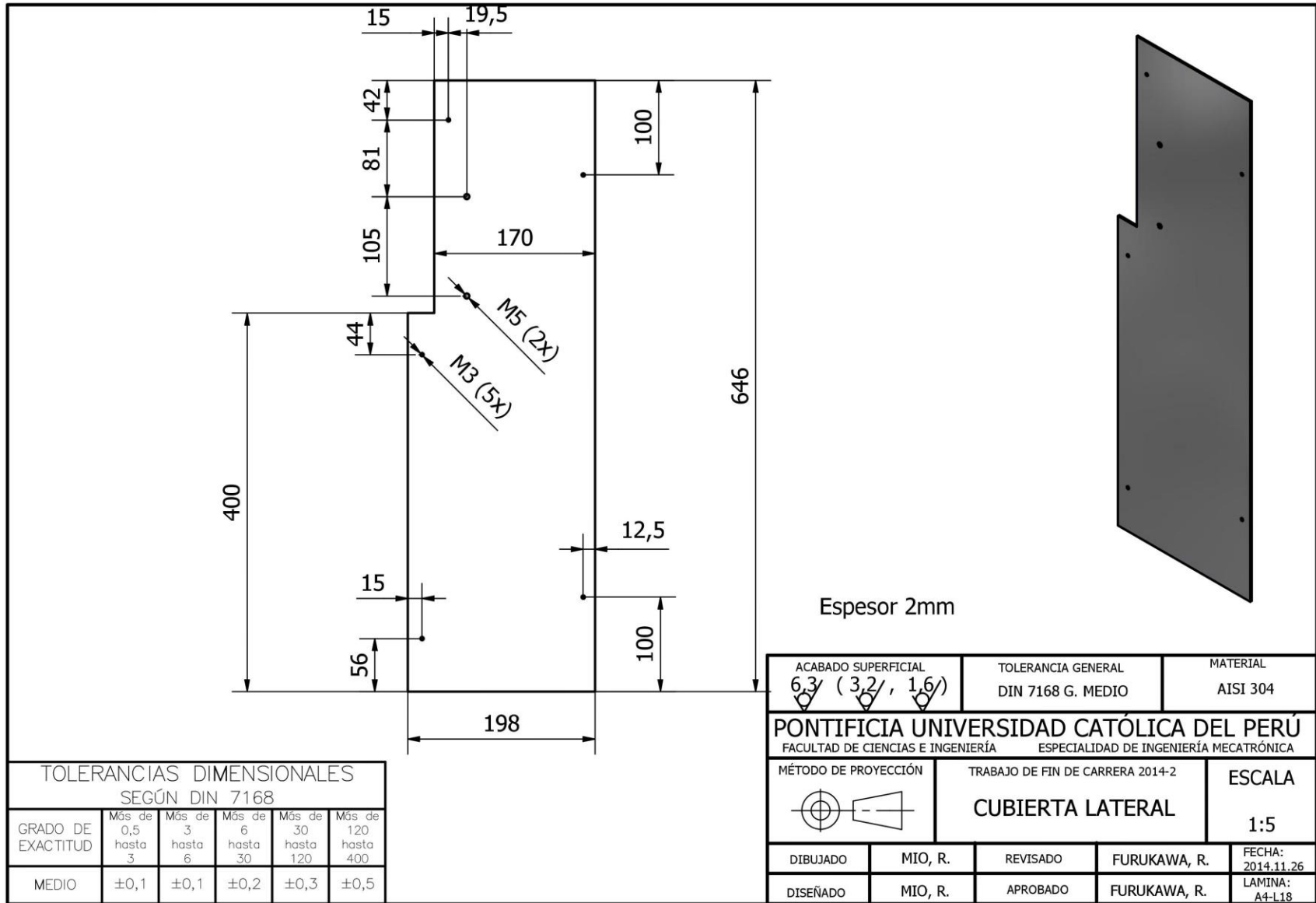
Espesor 2mm

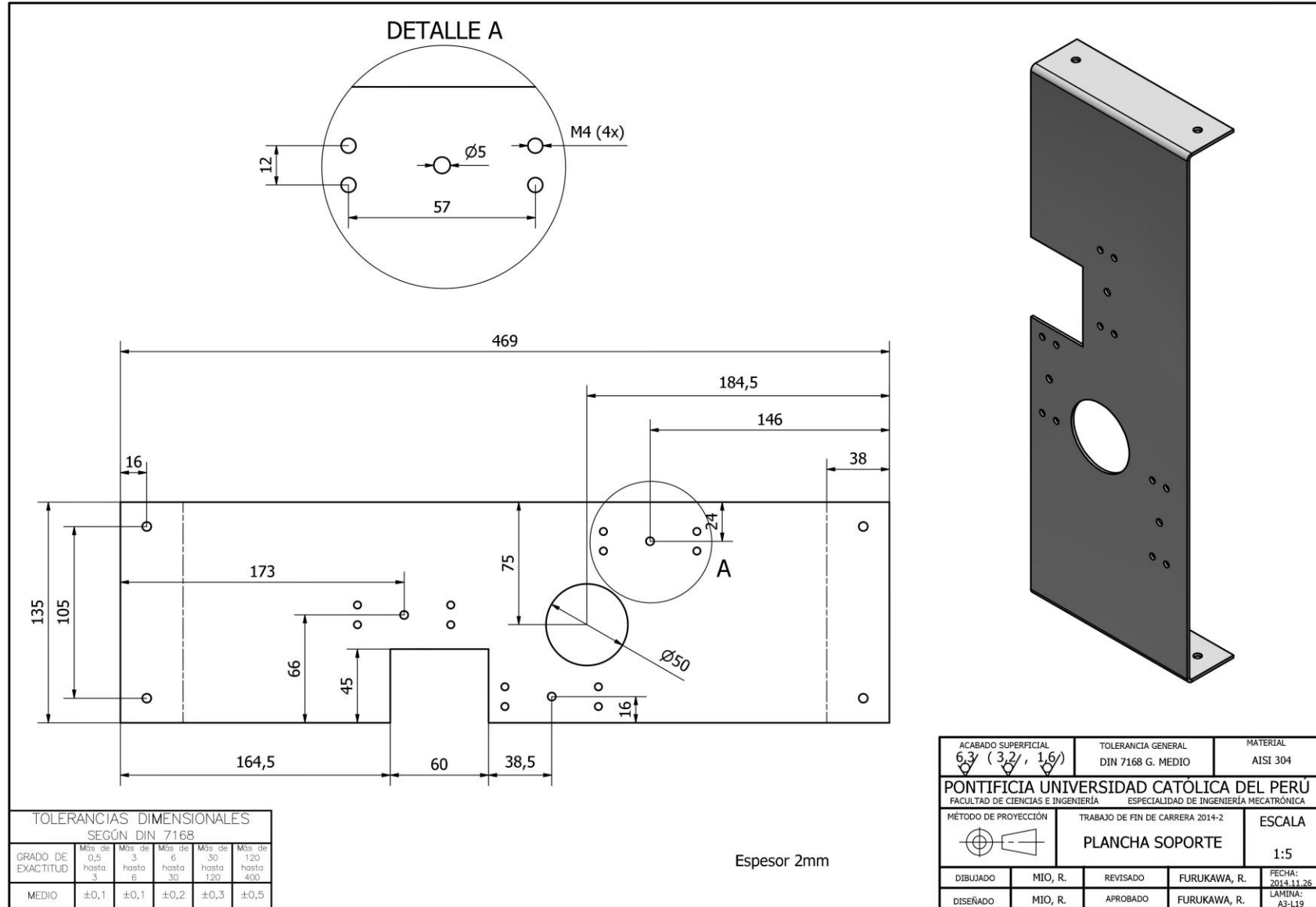
TOLERANCIAS DIMENSIONALES  
SEGÚN DIN 7168

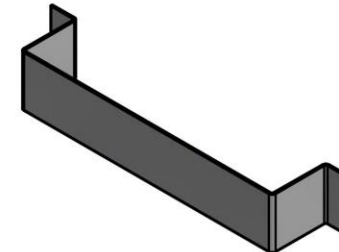
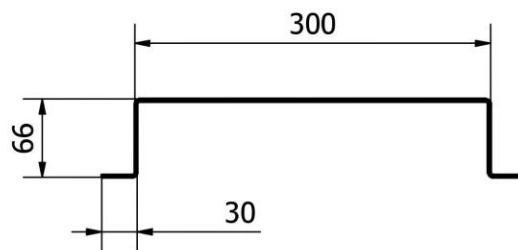
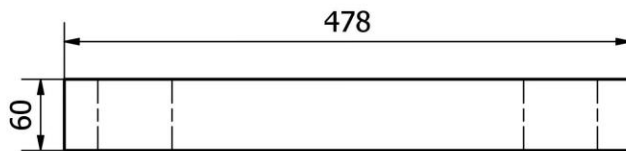
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5

ACABADO SUPERFICIAL 6,3 (3,2, 1,6)	TOLERANCIA GENERAL DIN 7168 G. MEDIO	MATERIAL AISI 304
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-2 Cubierta trasera	ESCALA 1:5
DIBUJADO MIO, R.	REVISADO FURUKAWA, R.	FECHA: 2014.11.26
DISEÑADO MIO, R.	APROBADO FURUKAWA, R.	LAMINA: A4-L17





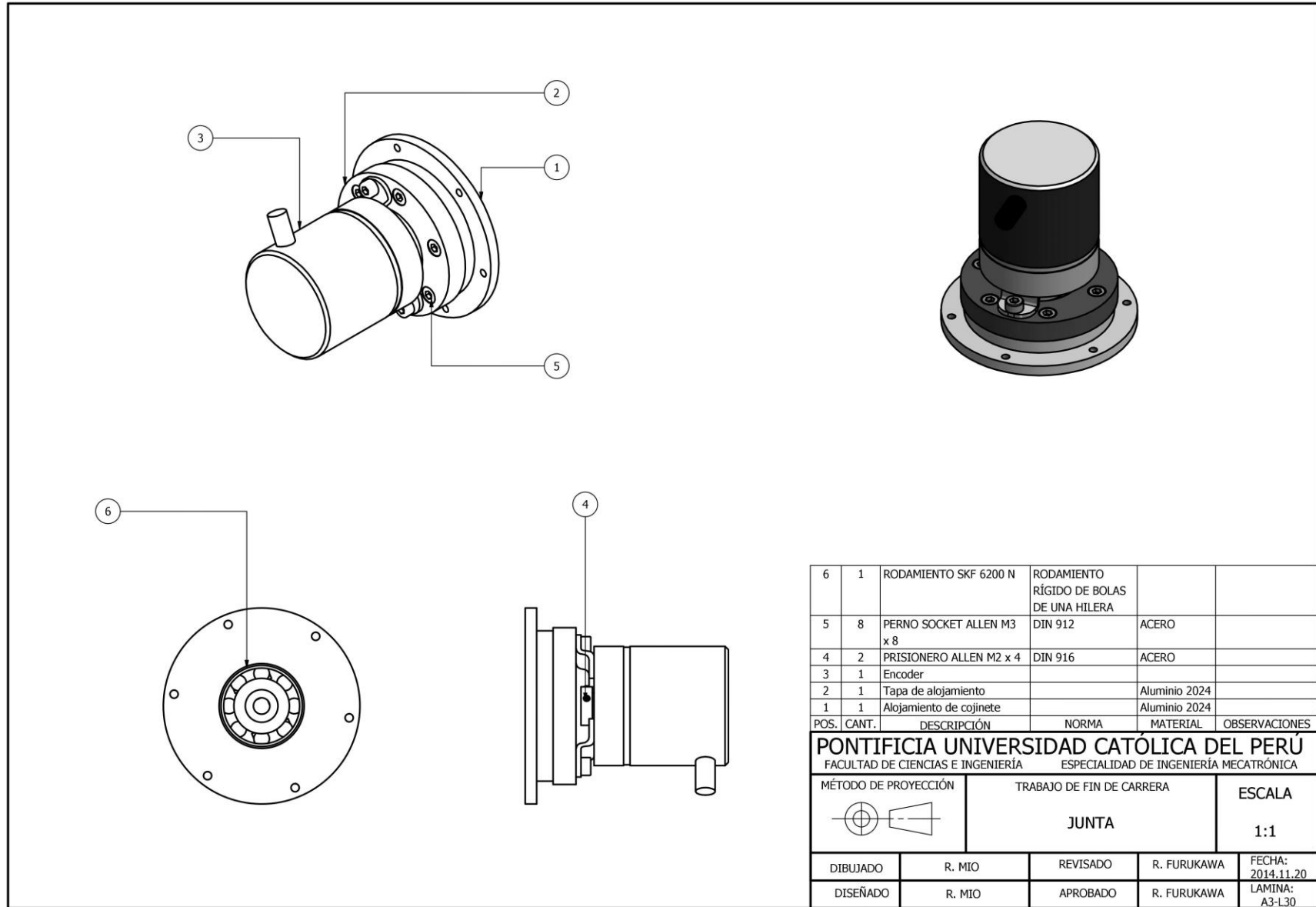


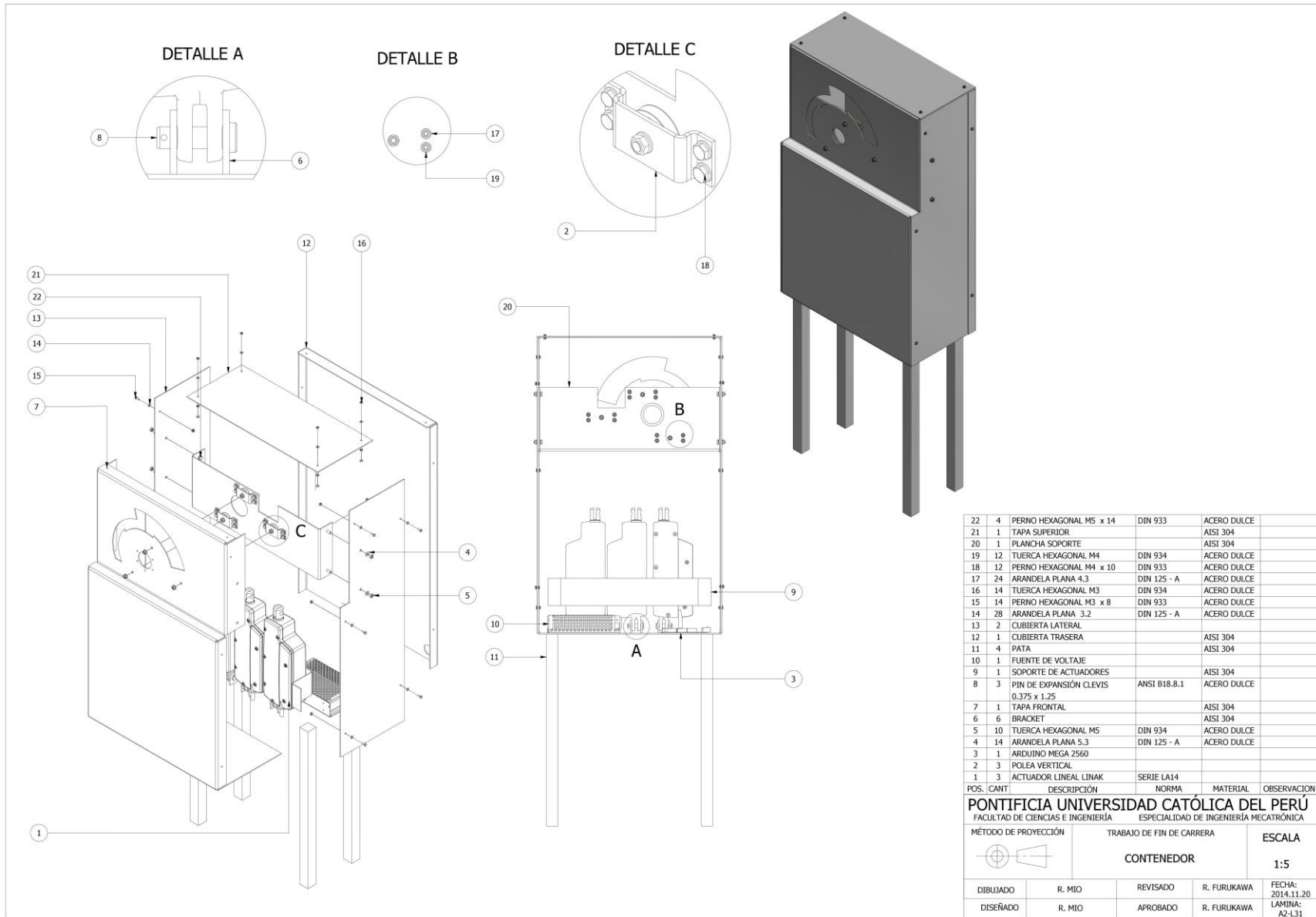


Espesor 2mm

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5

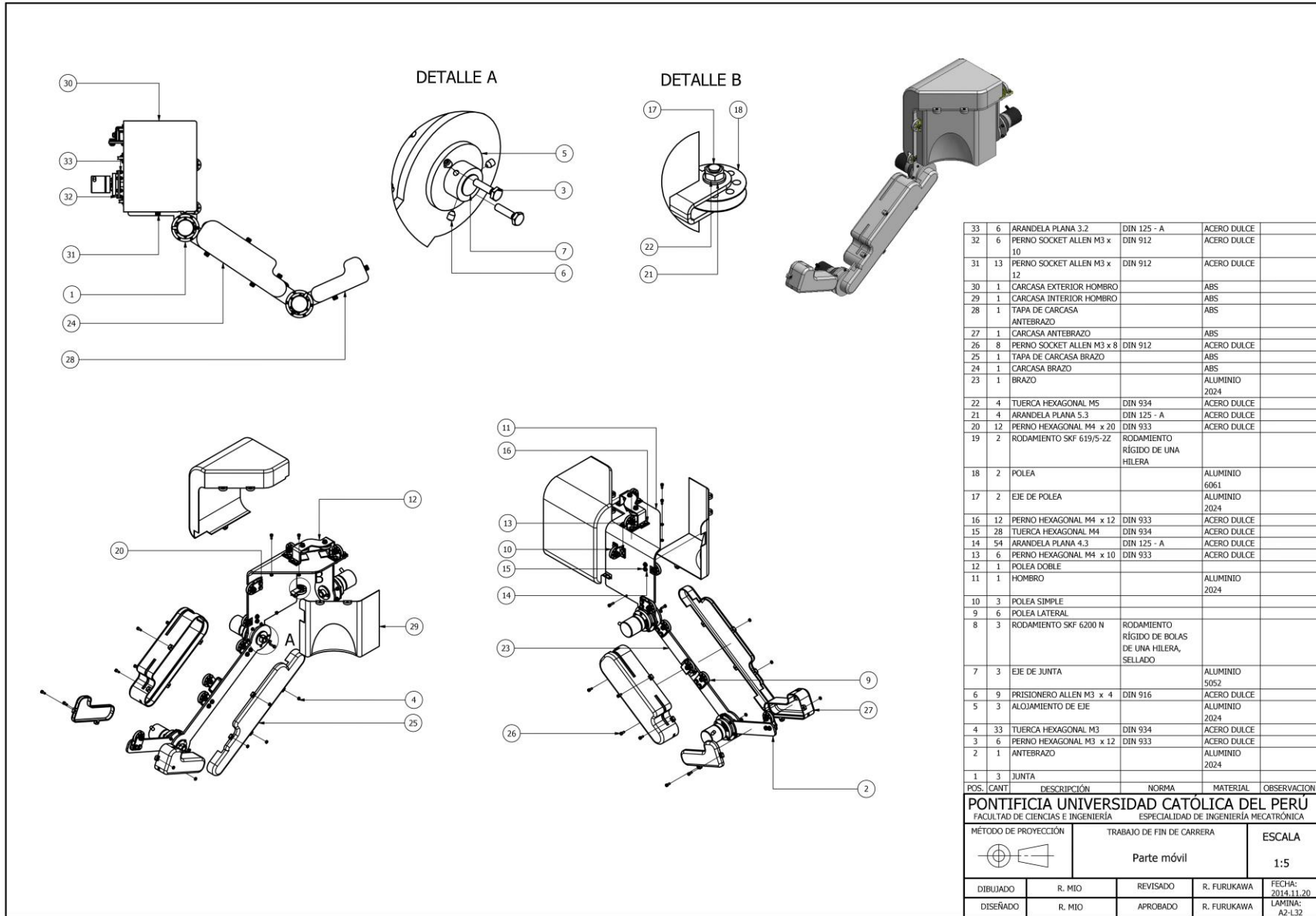
ACABADO SUPERFICIAL 6.3 (3.2, 1.6)		TOLERANCIA GENERAL DIN 7168 G. MEDIO		MATERIAL AISI 304	
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN 		TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-2 <b>SOPORTE DE ACTUADORES</b>		ESCALA 1:5	
DIBUJADO	MIO, R.	REVISADO	FURUKAWA, R.	FECHA: 2014.11.26	
DISEÑADO	MIO, R.	APROBADO	FURUKAWA, R.	LAMINA: A4-L20	

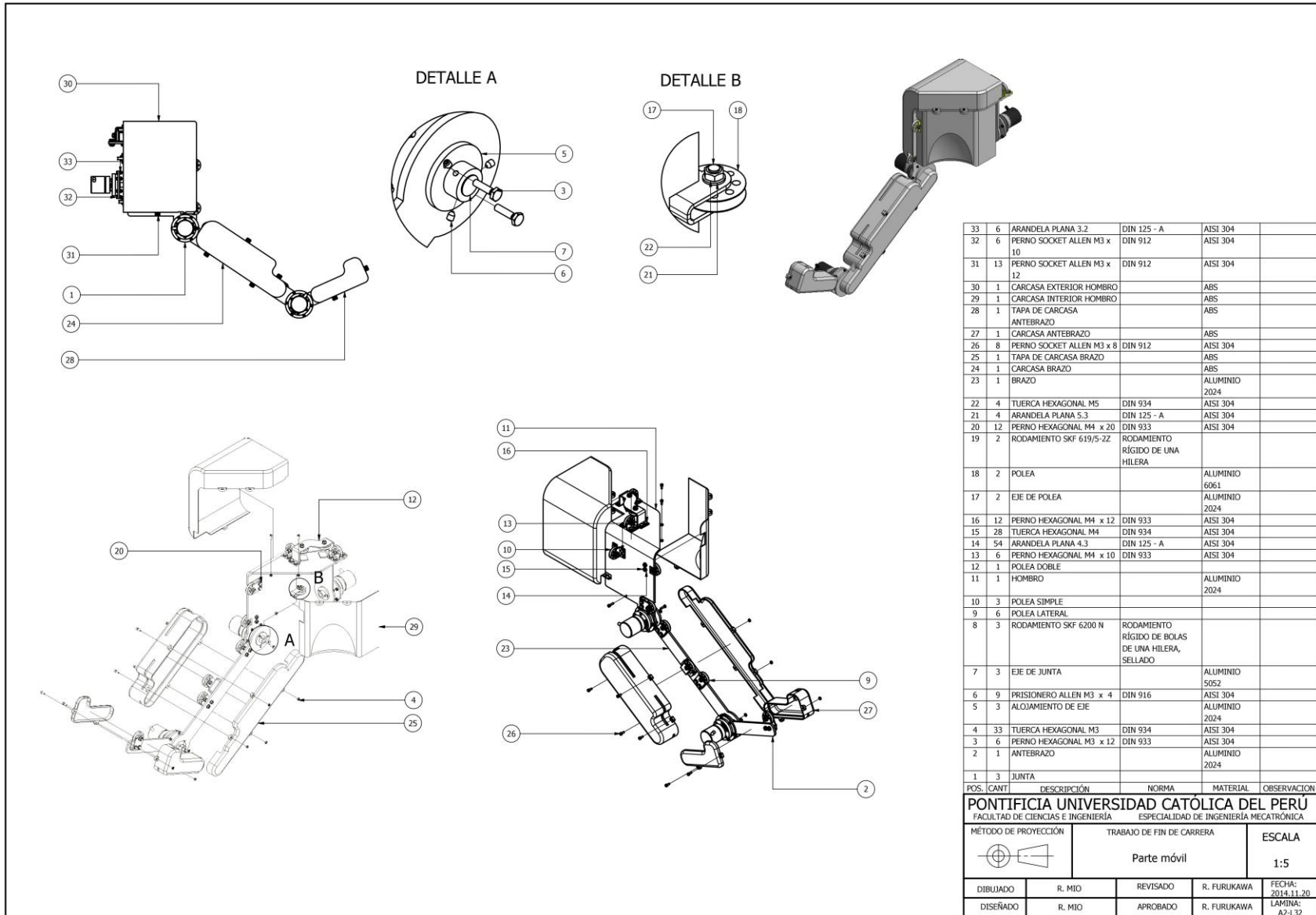


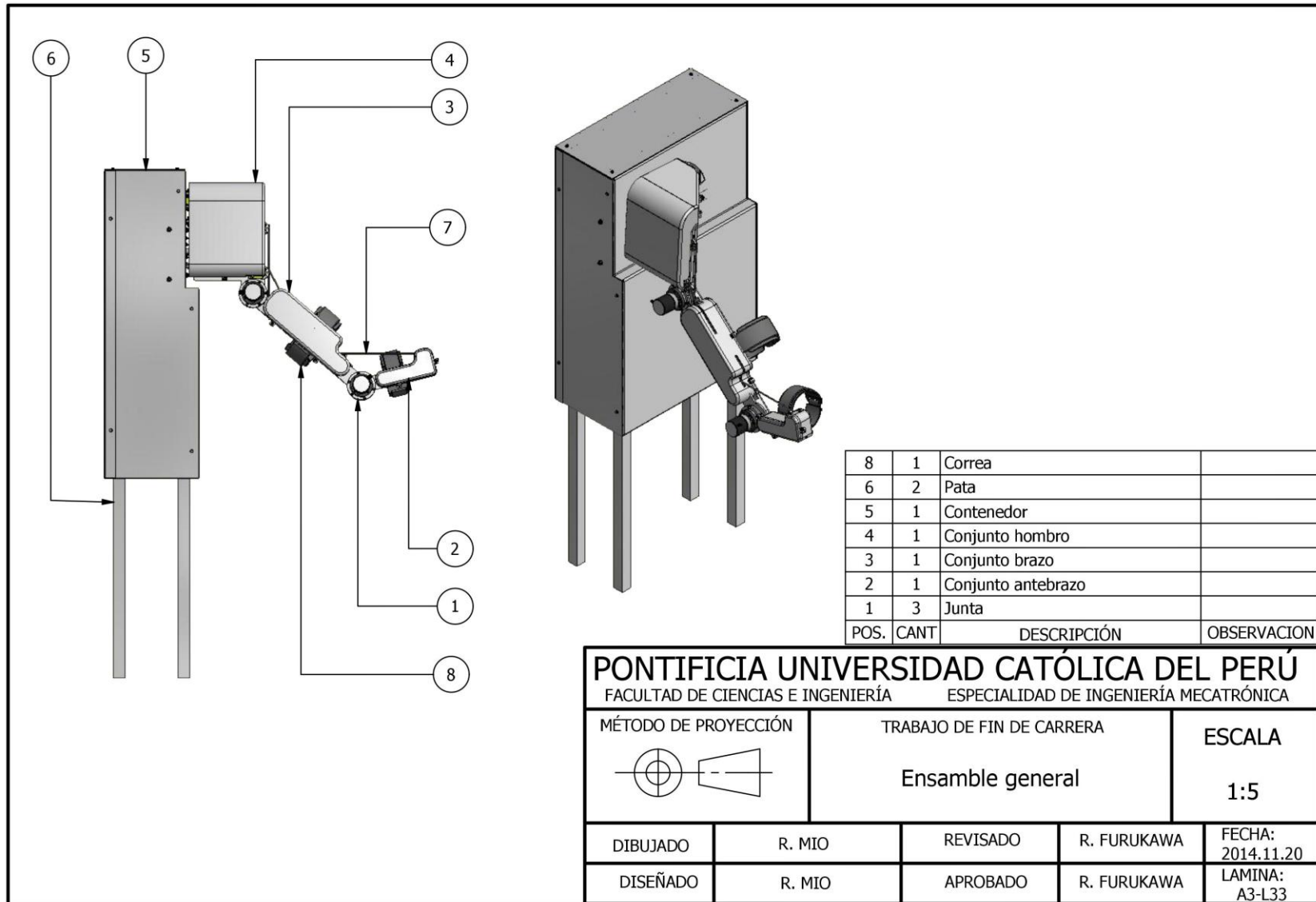


22	4	PERNO HEXAGONAL M5 x 14	DIN 933	ACERO DULCE	
21	1	TAPA SUPERIOR		AISI 304	
20	1	PLANCHA SOPORTE		AISI 304	
19	12	TUERCA HEXAGONAL M4	DIN 934	ACERO DULCE	
18	12	PERNO HEXAGONAL M4 x 10	DIN 933	ACERO DULCE	
17	24	ARANDELA PLANA 4.3	DIN 125 - A	ACERO DULCE	
16	14	TUERCA HEXAGONAL M3	DIN 934	ACERO DULCE	
15	14	PERNO HEXAGONAL M3 x 8	DIN 933	ACERO DULCE	
14	28	ARANDELA PLANA 3.2	DIN 125 - A	ACERO DULCE	
13	2	CUBIERTA LATERAL			
12	1	CUBIERTA TRASERA		AISI 304	
11	4	PATA		AISI 304	
10	1	FUENTE DE VOLTAJE			
9	1	SOPORTE DE ACTUADORES		AISI 304	
8	3	PIN DE EXPANSIÓN CLEVIS 0.375 x 1.25	ANSI B18.8.1	ACERO DULCE	
7	1	TAPA FRONTAL		AISI 304	
6	6	BRACKET		AISI 304	
5	10	TUERCA HEXAGONAL M5	DIN 934	ACERO DULCE	
4	14	ARANDELA PLANA 5.3	DIN 125 - A	ACERO DULCE	
3	1	ARDUINO MEGA 2560			
2	3	POLEA VERTICAL			
1	3	ACTUADOR LINEAL LINAK	SERIE LA14		

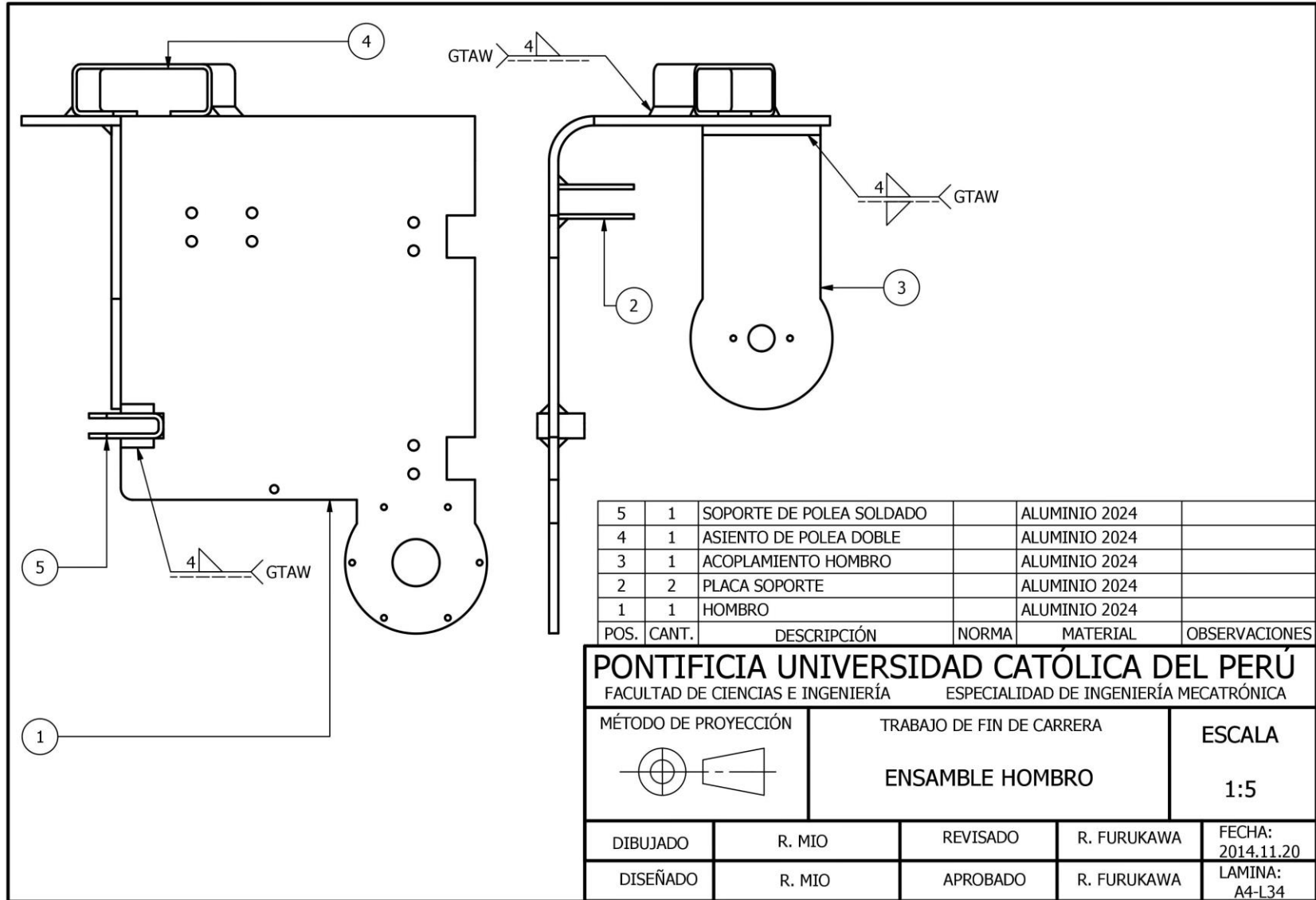
POS.	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIÓN
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN		TRABAJO DE FIN DE CARRERA		ESCALA	
		CONTENEDOR		1:5	
DIBUJADO	R. MIO	REVISADO	R. FURUKAWA	FECHA: 2014.11.20	
DISEÑADO	R. MIO	APROBADO	R. FURUKAWA	LÁMINA: A2-L31	

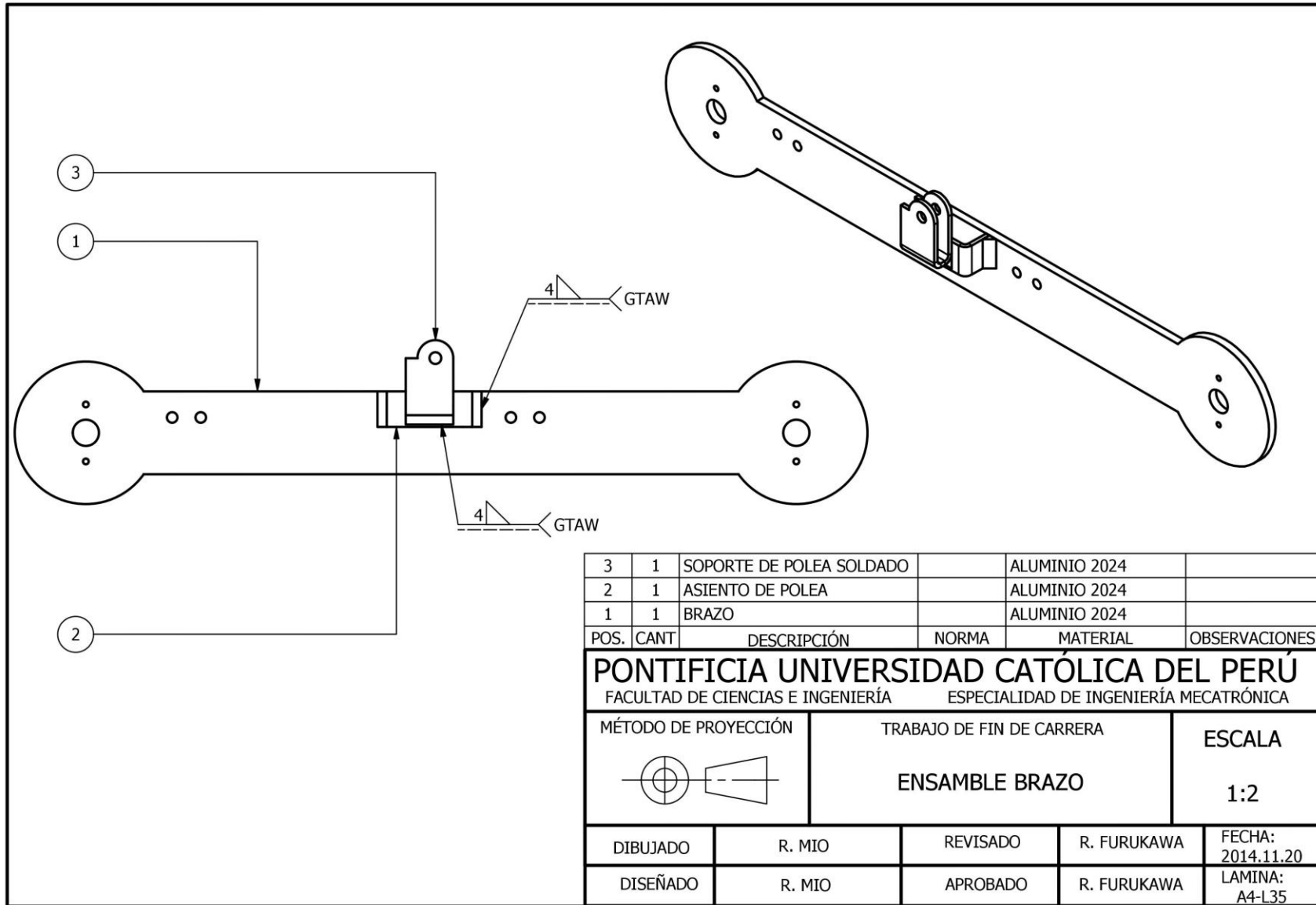


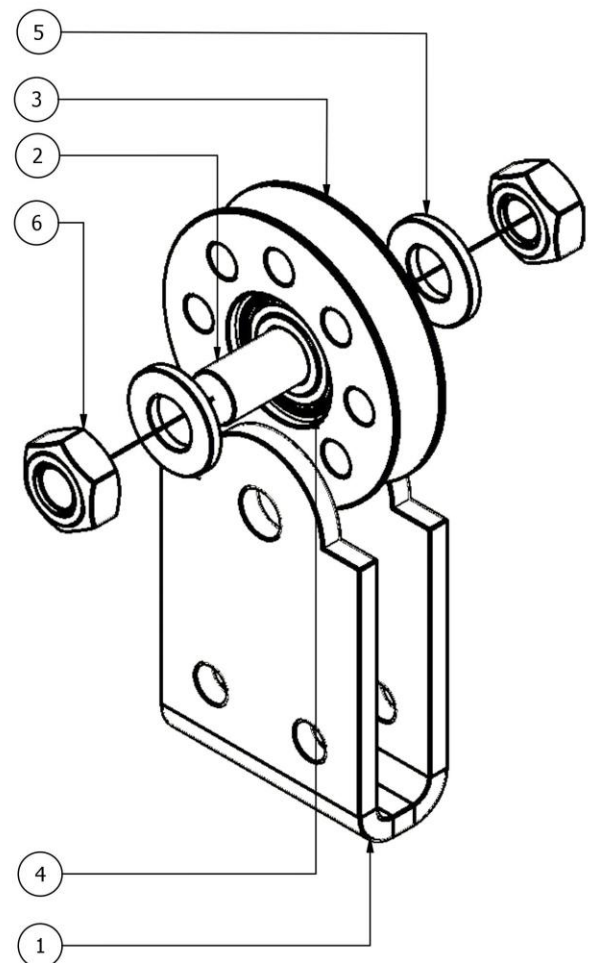
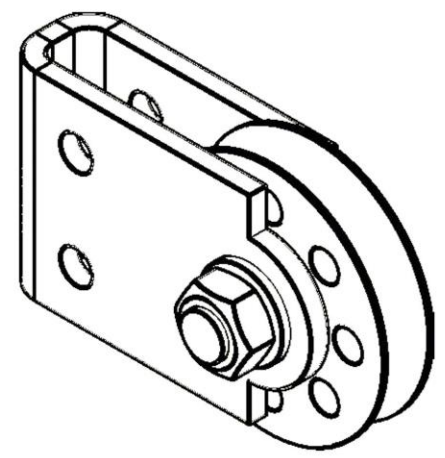




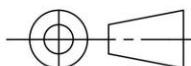


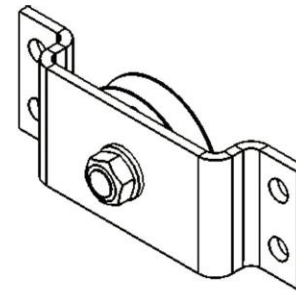
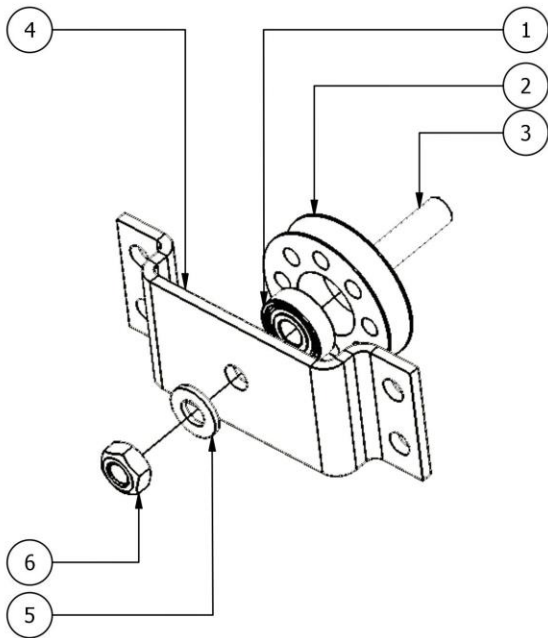




6	2	TUERCA HEXAGONAL M5	DIN 934	AISI 1020	
5	2	ARANDELA PLANA 5.3	DIN 125 - A	AISI 1020	
4	1	RODAMIENTO SKF 619/5-2Z	RODAMIENTO RADIAL DE BOLAS DE UNA HILERA		
3	1	POLEA LISA		ALUMINIO 6061	
2	1	EJE DE POLEA		ALUMINIO 2024	
1	1	SOPORTE DE POLEA		ALUMINIO 2024	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ				
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA		ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA		ESCALA	
	Polea lateral		1:5	
DIBUJADO	R. MIO	REVISADO	R. FURUKAWA	FECHA: 2014.11.20
DISEÑADO	R. MIO	APROBADO	R. FURUKAWA	LAMINA: A4-L36



6	1	TUERCA HEXAGONAL M5	DIN 934	AISI 1020	
5	1	ARANDELA PLANA 5.3	DIN 125 - A	AISI 1020	
4	1	SOPORTE DE POLEA VERTICAL		ALUMINIO 2024	
3	1	EJE DE POLEA		ALUMINIO 2024	
2	1	POLEA LISA		ALUMINIO 6061	
1	1	RODAMIENTO SKF 619/5-2Z	RODAMIENTO RADIAL DE UNA HILERA DE BOLAS		
POS.	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA	ESCALA
	<b>Polea vertical</b>	<b>1:1</b>

DIBUJADO	R. MIO	REVISADO	R. FURUKAWA	FECHA: 2014.11.20
DISEÑADO	R. MIO	APROBADO	R. FURUKAWA	LAMINA: A4-L37