

ANEXO A: ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

A.1 Matriz morfológica

Acorde a la metodología escogida, se realiza una matriz morfológica. En la cual, se proponen múltiples alternativas por cada función, de esta forma se generan tres propuestas para evaluarlas y seleccionar la mejor opción, ver tabla A.1 y tabla A.2.

Tabla A.1: Matriz morfológica de materiales, actuadores y tipos de transmisión



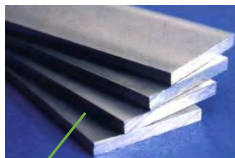





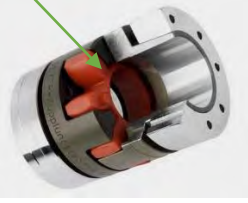













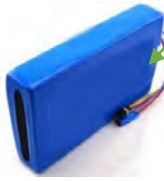




<i>Funciones</i>	<i>Opciones</i>		
<i>Material</i>	<i>Impresión 3D</i> 	<i>Aluminio</i> 	<i>Acero</i> 
<i>Actuadores</i>	<i>Motor DC</i> 	<i>Actuador Lineal</i> 	<i>Servomotores</i> 
<i>Tipo de transmisión</i>	<i>Engranajes</i> 	<i>Polea y cables</i> 	<i>Acople directo</i> 
	<i>Solución 1</i> 	<i>Solución 2</i> 	<i>Solución 3</i> 

Tabla A.2: Matriz morfológica de controladores, sensores y tipos de alimentación

<i>Funciones</i>	<i>Opciones</i>		
<i>Controladores</i>	<i>Basado en Arduino</i> 	<i>Basado en Raspberry Pi</i> 	<i>Basado en BeagleBone</i> 
<i>Sensores de temperatura</i>	<i>STS-BTA</i> 	<i>OWL-ET—016</i> 	<i>LM35</i> 
<i>Sensores de movimiento</i>	<i>Acelerómetro</i> 	<i>Sensores de Velocidad</i> 	
<i>Sensor de Fuerza</i>	<i>FS6</i> 	<i>Células de carga pequeña</i> 	
<i>Tipo de alimentación</i>	<i>Baterías</i> 	<i>Fuente DC</i> 	
	<i>Solución 1</i> 	<i>Solución 2</i> 	<i>Solución 3</i> 

A.1.2 Ventajas y desventajas de las alternativas

Se emplean cuadros comparativos para explicar los beneficios o inconvenientes de usar cada tipo de alternativa. A fin de generar criterio al momento de realizar la evaluación socio-económica que permitirá seleccionar la mejor solución.

Los materiales más utilizados para diseño mecánico son el acero y aluminio; además, la impresión 3D permite crear modelos detallados que serían complejos de realizar en metales, pero se debe considerar si el diseño requiere dichas tipos piezas, ver tabla A.3

Tabla A.3: Materiales

	Ventajas	Desventajas
Impresión 3D	Alta versatilidad para crear distintas estructuras, ideal para piezas pequeñas con un diseño complejo	Los materiales más comerciales carecen de altas propiedades mecánicas para utilizarlo como parte importante de estructura, si quiere usar un material con propiedades más altas, el precio se incrementa significativamente-
Aluminio	Resistente, ligero, poca complejidad para mecanizar en comparación a otros metales	Es más pesado que la impresión 3D
Acero	Alta resistencia, más simple de mecanizar que el aluminio	Material con una densidad muy alta.

Acorde al estado del arte, los actuadores más utilizados sistemas robóticos con BCI utilizan motores DC, servomotores y actuadores lineales. Además, se pueden conseguir motores DC y servomotores en el mercado local; los actuadores lineales se consiguen por podidos online, ver tabla A.4

Tabla A.4: Actuadores

	Ventajas	Desventajas
Motor DC	Rango de control velocidad amplio tanto por debajo o sobre la velocidad nominal. Alto torque de arranque. Rápido arranque, parada, cambio de sentido y aceleración	Alto costo de mantenimiento
Actuador Lineal	Control de movimiento suave y preciso. Largo tiempo de vida útil con un bajo mantenimiento	Rango limitado de acción
Servomotor	Permite controlar la velocidad y posición a una alta precisión.	La velocidad no varía y pueden llegar a ser costoso

Los controladores más utilizados para desarrollar prototipos son la familia Arduino, Raspberry Pi y BeagleBone. También, existe comunidades de desarrolladores por cada familia; la comunidad Arduino es la más numerosa a nivel mundial para recolectar información, pero esto no quiere decir que sea la mejor opción, ver tabla A.5

Tabla A.5: Controladores

	Ventajas	Desventajas
Arduino	Lengua simple, gran variedad de librerías para acoplar distintos elementos y gran variedad de placas para distintas necesidades	Retraso de ejecución por el uso de librerías
Raspberry Pi	Alta velocidad del reloj (40 veces más que un arduino), memoria para levantar un sistema operativo (Linux)	No es tan flexible de usar como el Arduino
BeagleBone	Nivel de procesamiento similar a un Raspberry y maneja interfaces externas como un Arduino	Menos puertos USB que un Raspberry Pi y no cuenta con una codificación de video incorporado para hacer graficas complejas. Además, la comunidad de usuarios es menor que las Raspberry que implica una menor cantidad de bibliografía.

Finalmente, la selección del tipo de transmisión depende de la eficiencia se requiera, los costos para implementarlo y el mantenimiento que requerirá el tipo seleccionado, ver tabla A.6.

Tabla A.5: Controladores

	Ventajas	Desventajas
Engranajes	Simples de usar y ensamblar	Generan fricción y no son recomendables para transmisiones a largas distancias
Polea y cables	Ligeros en comparación usar engranajes y pocas pérdidas al usarlos a largas distancias	Generan fuerzas de reacción
Acople directo	Mínimas pérdidas por fricción	Pueden dañar el eje de transmisión del actuador

A.3 Evaluación de soluciones

La evaluación consiste en un análisis de criterios técnicos y criterios sociales. De esta forma, se garantiza que se está tomando la mejor opción. A cada criterio se le asigna un peso relativo que puede variar en algunos casos por los requerimientos que se deben cumplir, ver tabla A.6.

Tabla A.6: Pesos Relativos

Valor	Significado
1	Poco Importante
2	Importante
3	Muy Importante
4	Bastante Importante

Además, cada solución es calificada por el criterio de la escala de Likert. Consiste en cuantificar el grado de cumplimiento del concepto solución a cada criterio, ver tabla A.7.

Tabla A.7: Escala de Likert

Valor	Significado
1	Malo
2	Regular
3	Bueno
4	Muy Bueno
5	Excelente

En las tablas A.8 y tabla A.9 se puede observar la evaluación técnica y económica respectivamente

Tabla A.8: Evaluación Técnica

Criterio	Peso Relativo (Pj)	Alternativa (Aj)			
		Solución 1	Solución 2	Solución 3	Ideal
Función	4	4	4	4	5
Forma	3	4	3	3	5
Diseño	3	4	3	3	5
Seguridad	4	4	3	4	5
Ergonomía	3	4	4	4	5
Fabricación	4	4	3	4	5
Montaje	2	3	3	3	5
Tiempo de Uso	4	4	3	4	5
Mantenimiento	2	4	2	4	5
Costos	2	3	3	2	5
Puntaje Total (PT)=$\sum(P_j \cdot A_j)$		120	98	112	155
Coeficiente Técnico(%)= $PT \cdot 100 / \text{Ideal}$		74.42	63.23	72.26	100

Tabla A.9: Evaluación Económica

Criterios	Peso Relativo (Pj)	Alternativa (Aj)			
		Solución 1	Solución 2	Solución 3	Ideal
Mantenimiento	2	4	2	4	5
Fabricación	3	3	2	3	5
Uso (consumo de energía, operarios, etc)	4	4	3	4	5
Materiales	2	4	3	3	5
Puntaje Total (PT)=$\sum(P_j \cdot A_j)$		41	28	39	55
Coeficiente Técnico (%)=$PT \cdot 100 / \text{Ideal}$		74.54	50.91	70.91	100

Luego de realizar la evaluación de cada solución se ubican cada una de ellas en la recta de la solución ideal, ver figura A.1

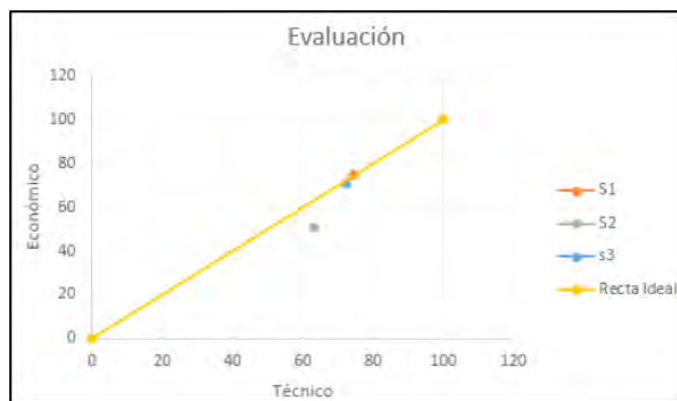


Figura A.1 Ubicación de las soluciones sobre la recta de la solución ideal

Se observa la cercanía de cada punto a la recta y la mejor solución será la más cercana a la recta. Ver Tabla A.10.

Tabla A.10: solución más próxima a la recta

Solución	Distancia a la recta ideal
1	0.001
2	0.152
3	0.013

La solución más próxima a la recta es la 1.

ANEXO B: CÁLCULOS MECÁNICOS

Los radios de giro e inercias del antebrazo y la mano son calculados acorde a la recomendación del libro de biomecánica y control motriz del movimiento humano [Winter, 2009].

B.1 Calculo de flexo/extensión

Primero se calcula el centro de masa del sistema, eso se logra enumerando cada parte mecanismo para sacar sus pesos y distancias del origen, ver tabla B.1.

Tabla B.1: distancia del centro de masa del origen

Flexo/extensión	masa (kg)	distancia (mm)	Masa x distancia (kg.mm)
antebrazo	1,39	105,35	146,4365
mano	0,52	334,075	173,719
Soporte Flexo	0,148	37,354	5,528392
Riel circular	0,411	70	28,77
pinos cercanos	0,009	57,5	0,5175
mecanismo des 1,1	0,027	52,5	1,4175
mecanismo des 2,1	0,046	47,5	2,185
pinos alejados	0,009	82,5	0,7425
mecanismo des 1,2	0,027	87,5	2,3625
mecanismo des 2,2	0,046	92,5	4,255
placa 1	0,019	78,3	1,4877
placa 2	0,019	61	1,159
placa de acero	0,062	94	5,828
bocinas	0,01	114	1,14
rodamiento	0,005	114	0,57
poleas	0,01	114	1,14
eje de polea	0,004	114	0,456
motor	0,2	70	14
bocinas ejes prono traseros	0,01	59	0,59
bocinas ejes prono delanteros	0,01	129	1,29
soporte eje prono traseros	0,082	59	4,838
soporte eje prono delantero	0,082	129	10,578
Ejes de prono/supinación	0,116	195	22,62
soporte muñeca	0,186	184	34,224
agarre de mano	0,147	327,5	48,1425
masa total	3,595	sumatoria	513.997

Centro de masa	142.98mm
----------------	----------

Una vez calculado el centro de masa del sistema halla la inercia del centro de masa, ver tabla B.2.

Tabla B.2: Inercia respecto al centro de masa

	Inercia I_o (kg. mm^2)	distancia al centro (mm)	Inercia desplazada (kg. mm^2)
antebrazo	7660,06	105,21	23045,30
mano	1404,73	333,93	59390,24
Soporte Flexo	125,05	37,21	329,98
Riel circular	723,53	69,86	2729,21
pinos cercanos	0,24	57,50	30,00
mecanismo des 1,1	1,69	52,50	76,11
mecanismo des 2,1	4,06	47,50	107,84
pinos alejados	0,24	82,50	61,50
mecanismo des 1,2	0,90	87,50	207,61
mecanismo des 2,2	2,20	92,50	395,78
placa 1	4,47	78,30	120,95
placa 2	4,37	61,00	75,07
placa de acero	52,35	94,00	600,19
bocinas	0,17	114,00	130,13
rodamiento	0,03	114,00	65,01
poleas	0,62	114,00	130,58
eje de polea	0,24	114,00	52,23
motor	44,10	70,00	1024,10
bocinas ejes prono traseros	0,26	59,00	35,07
bocinas ejes prono delanteros	0,26	129,00	166,67
soporte eje prono traseros	8,10	59,00	293,54
soporte eje prono delantero	8,10	129,00	1372,66
Ejes de prono/supinación	866,41	195,00	5277,31
soporte muñeca	338,30	184,00	6635,52
agarre de mano	518,45	327,50	16285,12
Inercia del centro de masa			118637,72

Luego, se calcula todos los momentos que afectan al sistema, ver tabla B3.

Tabla B.3: distancia del centro de masa del origen

	Momentos (N.m)
antebrazo	1,4365
mano	1,7042
Soporte Flexo	0,0542
Riel circular	0,2822
pinos cercanos	0,0051
mecanismo des 1,1	0,0139
mecanismo des 2,1	0,0214
pinos alejados	0,0073
mecanismo des 1,2	0,0232
mecanismo des 2,2	0,0417
placa 1	0,0146
placa 2	0,0114
placa de acero	0,0572
bocinas	0,0112
rodamiento	0,0056
poleas	0,0112
eje de polea	0,0045
motor	0,1373
bocinas ejes prono traseros	0,0058
bocinas ejes prono delanteros	0,0127
soporte eje prono traseros	0,0475
soporte eje prono delantero	0,1038
Ejes de prono/supinación	0,2219
soporte muñeca	0,3357
agarre de mano	0,4723
sumatoria de momentos	5,0423

Finalmente, aplicando la ecuación B1.

$$\Sigma M = IG\alpha + r * m * a \quad (B.1)$$

Se despejan sus valores.

$$\tau_{motor} = 5.6 \text{ kg.cm}$$

B.2 Calculo de pronosupinación

Igual que en el anterior caso, primero se calcula el centro de masa, ver tabla B.4.

Tabla B.4: distancia del centro de masa del origen

	Masas (kg)	distancias (mm)	kg.mm
antebrazo	1,39	0	0
mano	0,52	0	0
pinos cercanos	0,009	95	0,855
mecanismo des 1,1	0,027	89,356	2,412612
mecanismo des 2,1	0,046	94,275	4,33665
pinos alejados	0,009	95	0,855
mecanismo des 1,2	0,027	89,356	2,412612
mecanismo des 2,2	0,046	94,275	4,33665
placa 1	0,019	128,667	2,444673
placa 2	0,019	129,406	2,458714
placa de acero	0,062	133,103	8,252386
bocinas	0,01	127,103	1,27103
rodamiento	0,005	125,103	0,625515
poleas	0,01	125,103	1,25103
eje de polea	0,004	124,103	0,496412
motor	0,2	156,359	31,2718
bocinas ejes prono traseros	0,01	160,634	1,60634
bocinas ejes prono delanteros	0,01	160,634	1,60634
soporte eje prono traseros	0,082	160,634	13,171988
soporte eje prono delanteros	0,082	160,634	13,171988
ejes de prono/supinación	0,116	160,634	18,633544
soporte muñeca	0,186	117,362	21,829332
agarre de mano	0,147	104,477	15,358119
masa total	3.036	sumatoria	17,026

centro de masa (mm)	0,049 m
---------------------	---------

Seguidamente, se calcula la inercia del centro de masa, ver tabla B.5.

Tabla B.5: Inercia respecto al centro de masa

	Inercia I_o (kg.mm ²)	distancia al centro (mm)	Inercia desplazada (kg.mm ²)
antebrazo	556,00	0,05	556,00
mano	208,00	0,05	208,00
pinos cercanos	0,12	94,95	81,26
mecanismo des 1,1	31,24	89,31	246,58
mecanismo des 2,1	59,37	94,23	467,78
pinos alejados	0,12	94,95	81,26
mecanismo des 1,2	31,24	89,31	246,58
mecanismo des 2,2	59,37	94,23	467,78
placa 1	20,56	128,62	334,87
placa 2	20,59	129,36	338,52
placa de acero	2,11	133,05	1099,72
bocinas	0,17	127,05	161,60
rodamiento	0,03	125,05	78,22
poleas	0,62	125,05	157,00
eje de polea	0,24	124,05	61,80
motor	44,10	156,31	4930,67
bocinas ejes prono traseros	0,34	160,59	258,22
bocinas ejes prono delanteros	0,34	160,59	258,22
soporte eje prono traseros	10,43	160,59	2125,01
soporte eje prono delanteros	10,43	160,59	2125,01
ejes de prono/supinación	1,31	160,59	2992,67
soporte muñeca	426,43	117,31	2986,22
agarre de mano	549,57	104,43	2152,64
		Inercia total	22415,64

Luego, se calcula los momentos del sistema, ver tabla B.6.

Tabla B.6: distancia del centro de masa del origen

Momentos	N.m
antebrazo	0,0000
mano	0,0000
pinos cercanos	0,0084
mecanismo des 1,1	0,0237
mecanismo des 2,1	0,0425
pinos alejados	0,0084
mecanismo des 1,2	0,0237
mecanismo des 2,2	0,0425
placa 1	0,0240
placa 2	0,0241
placa de acero	0,0810
bocinas	0,0125
rodamiento	0,0061
poleas	0,0123
eje de polea	0,0049
motor	0,3068
bocinas ejes prono traseros	0,0158
bocinas ejes prono delanteros	0,0158
soporte eje prono traseros	0,1292
soporte eje prono delanteros	0,1292
ejes de prono/supinación	0,1828
soporte muñeca	0,2141
agarre de mano	0,1507
sumatoria de momentos	1,4583

Finalmente se remplazan los valores en la ecuación y se despeja B.1

$$\tau_{\text{motor}} = 11.89 \text{ kg.cm}$$

B.3 Calculo de cable de acero

Una vez seleccionado las 3 posibles soluciones, se debe calcular un b' , ver ecuación B.2.

$$b' = \text{diametro del cable} * \text{diametro minimo de la polea} \quad (\text{B.2})$$

El diámetro de cada cable está en la tabla de modelos y el diámetro mínimo de la polea varia acorde al tipo de construcción del cable, ver tabla B.7 y B.8.

Tabla B.7: Modelos de cable

UNCOATED					
PART NO.	NOMINAL DIAMETER		CON-STRUC-TION	MIN. BREAKING STRENGTH	
	in.	mm		lbs.	kg
2006	.006	.152	1x7	5	2.3
2009	.009	.229	3x7	10	4.5
2010	.010	.254	7x7	15	6.8
2011	.012	.305	1x7	20	9.1
2012	.013	.305	3x7	18	8.2
2014	.014	.356	7x7	26	11.8
2015	.016	.406	1x7	30	13.6
2016	.017	.432	3x3	26	11.8
2017	.019	.483	1x7	40	18.1
2018	.018	.457	7x7	40	18.1
2019	.018	.457	7x19	40	18.1
2020	.018	.457	1x19	45	20.5
2023	.024	.610	7x7	70	31.8
2024	.024	.610	7x19	70	31.8
2027	.027	.686	7x7	90	40.8
2030	.032	.813	3x7	110	49.9
2031	.032	.813	7x7	120	54.4
2032	.032	.813	7x19	120	54.4
2033	.032	.813	7x49	100	45.4
2035	.036	.914	3x49	120	54.4

Tabla B.8: Tabla de diámetros mínimos

CABLE CONSTRUCTION	PULLEY DIAMETERS (ROOT)
3 x 7	50 times rope (uncoated dia.)
7 x 7	40 times rope (uncoated dia.)
7 x 19	25 times rope (uncoated dia.)
7 x 49	15 times rope (uncoated dia.)

Empleando la ecuación B.2 se obtiene los valores de cada b' , ver tabla B.9.

Tabla B.9: Valores de b'

Código de cable	b' (pulgadas)
2031	1.28
2032	0.8
2033	0.48

Luego, se emplea la ecuación B.3 para hallar el factor del cable.

$$\text{factor} = \frac{9.92}{0.032b'} \quad (\text{B.3})$$

Reemplazando cada valor b' se obtiene la tabla de factores, ver tabla B.10.

Tabla B.10: Factores del cable

Código del cable	Factor del cable
2030	194
2031	242.19
2032	645.83

Después, se utiliza cada factor para sacar la cantidad de ciclos de trabajo de cada cable, la cantidad también varía por el tipo de construcción, ver figura B1.

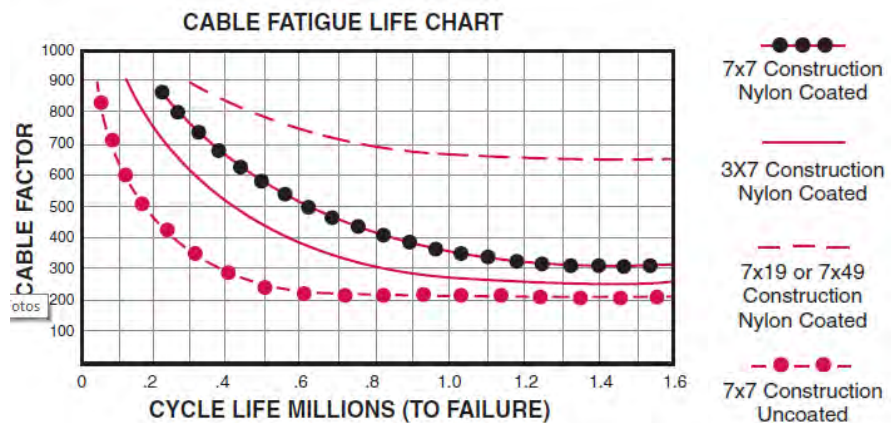


Figura B.1: Grafica de ciclos de vida vs factor del cable

Se crea una tabla de comparación de ciclos de vida de cada cable seleccionado, ver tabla B.11.

Tabla B.11: Ciclos de vida de cada cable

Código del cable	Ciclos de vida
2031	0.5 millones
2032	1.6 millones
2033	1.6 millones

Además, le proveedor sugiere emplear estructuras de cable de 7X7 a más para aplicaciones de control. En estructuras menores puede deslizar el cable, lo cual dificulta el control, ver figura B.2.

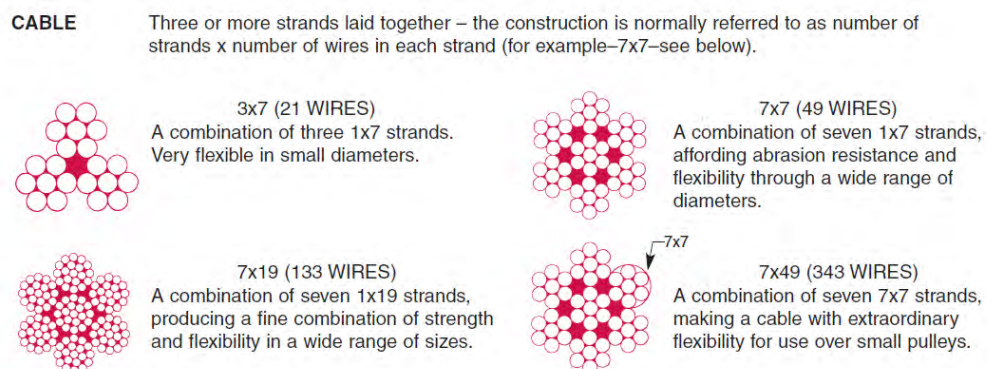


Figura B.2: Estructura de cada tipo de cable

B.4 Calculo de poleas

Se emplea la tabla de diámetros mini de polea según la construcción del cable, ver tabla B.12.

Tabla B.12: Tabla de diámetros mínimos

CABLE CONSTRUCTION	PULLEY DIAMETERS (ROOT)
3 x 7	50 times rope (uncoated dia.)
7 x 7	40 times rope (uncoated dia.)
7 x 19	25 times rope (uncoated dia.)
7 x 49	15 times rope (uncoated dia.)

Se emplea la ecuación B.2 para obtener cada diámetro mínimo, ver tabla B.13.

Tabla B.13: Diámetros mínimos

Código de cable	Diámetro (mm)
2031	32.51
2032	20.32
2033	12.19

ANEXO C: HOJAS DE COMPONENTES ELECTRONICOS

Se presentan la hoja técnica de cada componente electrónico empleado el sistema.

C.1 Actuadores

En el mecanismo se emplean los motores IG-42GM de la empresa Sha Yang Ye, ver figura C.1.

IG 42GM / With Encoder [IG SERIES] 트릭백

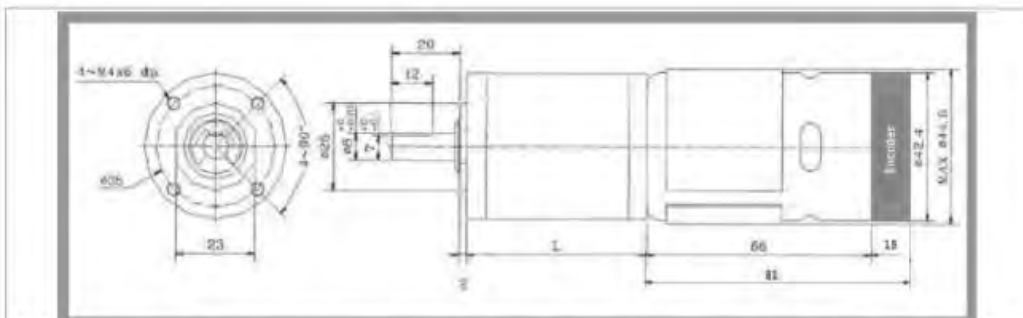


Model No ▼
 IG 42GM / With Encoder

Series ▼
 DC MOTOR > DC PLANETARY GEARED MOTOR > STANDARD TYPE - PLANETARY GEAR

Series ▼

DIMENSION



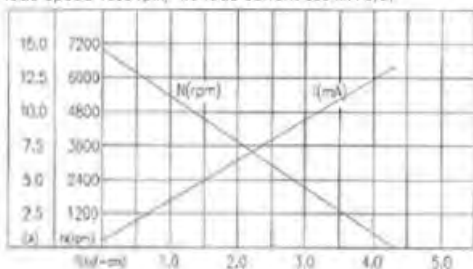
REDUCTION RATIO	1/4	1/14 ~ 1/24	1/49 ~ 1/144	1/212 ~ 1/864	1/1052 ~ 1/3600
L (mm)	32.5	39.2	45.9	52.6	59.3

SPECIFICATION

Geared Motor	감속비 Reduction ratio	1/4	1/14	1/17	1/24	1/49	1/61	1/84	1/104	1/144	1/212	1/294	1/504	1/624	1/720	1/864	1/1062	1/1470	1/2500	1/3000	1/3600
12V	평균 토크(kg-cm) Rated torque	1.7	5.5	6.9	8.5	16.5	20	20	20	20	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	평균 회전수(rpm) Rated speed	1750	500	404	290	142	115	83	67	48	33	23.8	13.8	11.2	9.7	8.1	6.6	4.7	2.8	2.3	1.9
24V	평균 토크(kg-cm) Rated torque	1.9	6.1	7.8	10	18	20	20	20	20	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	평균 회전수(rpm) Rated speed	1750	500	404	290	142	115	83	67	48	33	23.8	13.8	11.2	9.7	8.1	6.6	4.7	2.8	2.3	1.9

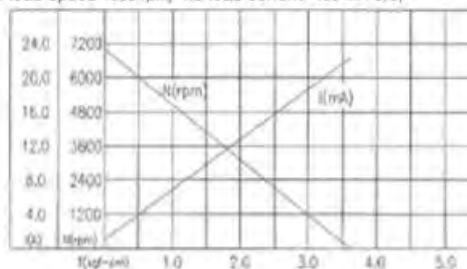
12V Motor

Rated torque 553 g-cm, 5845 rpm, current 4 A [0.5], 47 W
 No load speed 7000 rpm, No load current 900 mA [0.9]



24V Motor

Rated torque 609 g-cm, 6013 rpm, current 2.15 A [0.5], 50.8 W
 No load speed 7000 rpm, No load current 450 mA [0.45]



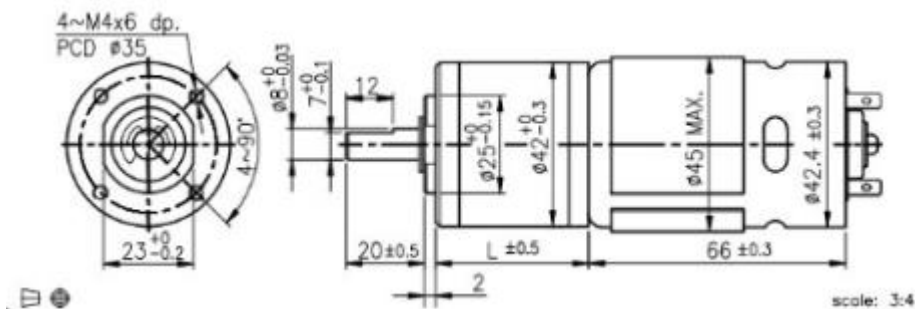


Figura C.1: Hoja técnica del IG-42GM

C.2 Sensores

Se presenta las hojas técnicas del encoder, acelerómetro y sensores de temperatura. El encoder que se emplea es de la empresa Sha Yang Ye, ver figura C.2

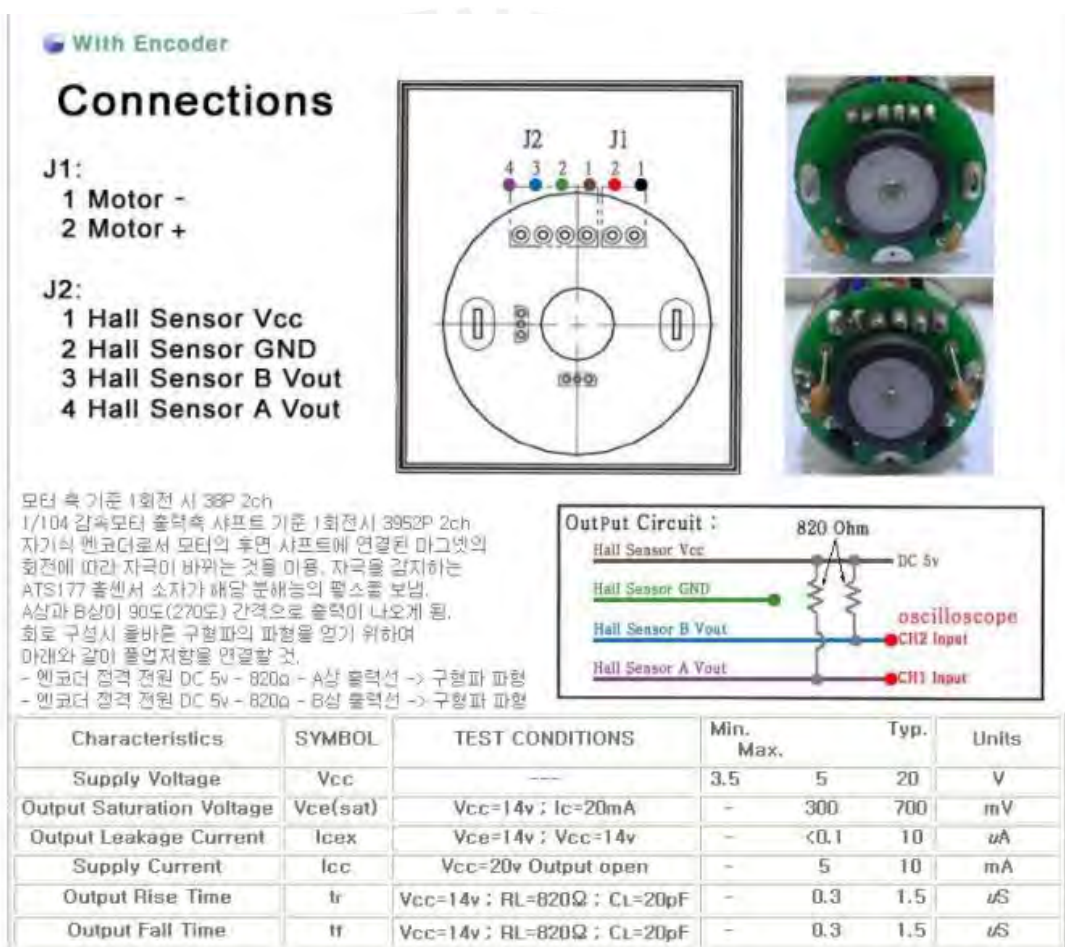


Figura C.2: Hoja técnica del encoder Sha Yang Ye

Luego, el acelerómetro que se utiliza es el ADXL335, ver figura C.3.



Small, Low Power, 3-Axis $\pm 3 g$ Accelerometer

ADXL335

FEATURES

- 3-axis sensing
- Small, low profile package
 - 4 mm \times 4 mm \times 1.45 mm LFCSP
- Low power : 350 μ A (typical)
- Single-supply operation: 1.8 V to 3.6 V
- 10,000 g shock survival
- Excellent temperature stability
- BW adjustment with a single capacitor per axis
- RoHS/WEEE lead-free compliant

APPLICATIONS

- Cost sensitive, low power, motion- and tilt-sensing applications
- Mobile devices
- Gaming systems
- Disk drive protection
- Image stabilization
- Sports and health devices

GENERAL DESCRIPTION

The ADXL335 is a small, thin, low power, complete 3-axis accelerometer with signal conditioned voltage outputs. The product measures acceleration with a minimum full-scale range of $\pm 3 g$. It can measure the static acceleration of gravity in tilt-sensing applications, as well as dynamic acceleration resulting from motion, shock, or vibration.

The user selects the bandwidth of the accelerometer using the C_x , C_y , and C_z capacitors at the X_{OUT} , Y_{OUT} , and Z_{OUT} pins. Bandwidths can be selected to suit the application, with a range of 0.5 Hz to 1600 Hz for the X and Y axes, and a range of 0.5 Hz to 550 Hz for the Z axis.

The ADXL335 is available in a small, low profile, 4 mm \times 4 mm \times 1.45 mm, 16-lead, plastic lead frame chip scale package (LFCSP_LQ).

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

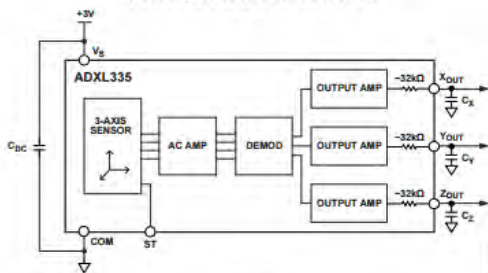


Figure 1.

Figura C.3: Hoja técnica del ADXL335

Finalmente, el sensor de temperatura que se utiliza es el LM35, ver figura C.4.

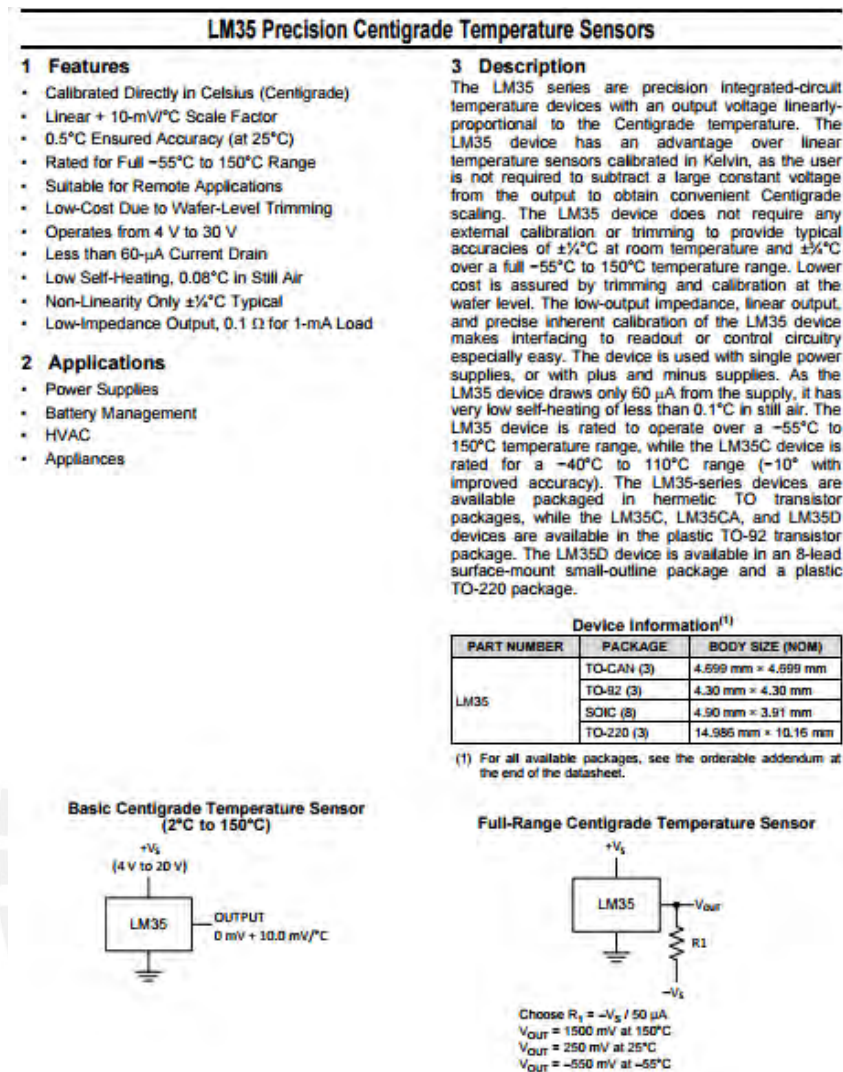


Figura C.4: Hoja técnica del LM35

C.3 Driver

Se emplea el driver Pololu G2 High-Power Motor Driver 18v17, ver figura C.5.

Dimensions

Size:	1.3" × 0.8"
Weight:	3.3 g ¹

General specifications

Motor channels:	1
Minimum operating voltage:	6.5 V
Maximum operating voltage:	30 V ²
Continuous output current per channel:	17 A ³
Current sense:	0.02 V/A
Maximum PWM frequency:	100 kHz
Minimum logic voltage:	1.8 V
Maximum logic voltage:	5 V
Reverse voltage protection?:	Y

Identifying markings

PCB dev codes:	md31a
Other PCB markings:	0J9257, blank white box

Figura C.5: Hoja técnica del driver Pololu G2 High-Power Motor Driver 18v17

C.4 Controlador

El controlador seleccionado en un Raspberry Pi3, ver figura C.6.

Raspberry Pi 3 Model B	
Specifications	
Processor	Broadcom BCM2387 chipset. 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53 802.11 b/g/n Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor. Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode. Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	1GB LPDDR2
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system or Windows 10 IoT
Dimensions	85 x 56 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V1, 2.5A
Connectors:	
Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4) Composite RCA (PAL and NTSC)
Audio Output	Audio Output 3.5mm Jack, HDMI USB 4 x USB 2.0 Connector
GPIO Connector	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
Display Connector	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
Memory Card Slot	Push/pull Micro SDIO
Key Benefits	<ul style="list-style-type: none"> • Low cost • 10x faster processing • Consistent board format • Added connectivity
Key Applications	<ul style="list-style-type: none"> • Low cost PC/tablet/laptop • Media centre • Industrial/Home automation • Print server • Web camera • Wireless access point • Environmental sensing/monitoring (e.g. weather station) • IoT applications • Robotics • Server/cloud server • Security monitoring • Gaming

Figura C.5: Hoja técnica del Raspberry Pi3

ANEXO D: COTIZACIONES

En esta parte se muestran las proformas que se han obtenido de manera física o virtual.

D.1 Componentes mecánicos adquiridos

Los engranajes fueron cotizados en la página Aliexpress.com, se requieren uno con agujero de 5 mm y otro de 10 mm, ver figura D.1 y D.2




Figura D.1: Engranaje de agujero de 5 mm




Figura D.2: Engranaje de agujero de 10 mm

Por otra parte, las poleas fueron cotizadas en la página de motioncon, ver figura D.3.

Home » Shopping Cart 

Shopping Cart

IMAGE	PRODUCT NAME	MODEL	QUANTITY	UNIT	UNIT PRICE	TOTAL
	Grooved Pulley, 20mm dia, for 3mm Round Belt	RP3D-20	3	each	£4.36	£13.08

WHAT WOULD YOU LIKE TO DO NEXT?

Estimate your delivery cost.

Estimate Shipping & Taxes

Sub-Total: £13.08

Worldwide Shipping: £12.00

Total: £25.08

CONTINUE SHOPPING
CHECKOUT

Figura D.3: Poleas de 20 mm

Finalmente, el cable de acero fue cotizado en la empresa ALL MARINE STORE E.I.R.L, ver figura D.4.

ALL MARINE STORE E.I.R.L.

Mza. Q Lote. 15 Urb. Renovacion Palomino
Prov. Const. Del Callao - Prov. Const. Del Callao - Callao

CEL.: (511) 998303460
(511) 955 319045
(511) 4531574

R.U.C. 20600850581

PROFORMA

Nº 000903

Señor(es): Wilber Telefono: _____

Dirección: LIMA Fecha: 24 / 11 / 2016

CANT	DESCRIPCIÓN	UNID.	IMPORTE
01	Como de Cable 0.5mm de Acero	1	60. ⁰⁰

CORPORACION WENDY S.A.C.
R.U.C.: 20550371911
Ser.: 0001 del 0001 al 1000
Aut.: 12128467023 F.I. 20/01/2016

CANCELADO



TOTAL 60.⁰⁰

Figura D.4: Cable de acero de 5 mm

D.2 Componentes de control y electrónicos

El controlador se puede adquirir en la empresa creatividad ahora desde su página web a S/. 275, ver figura D.5.



Figura D.5: Raspberry Pi3

Luego, los motores con encoders fueron cotizados desde la página de Citron Martketplace, ver figura D.6.

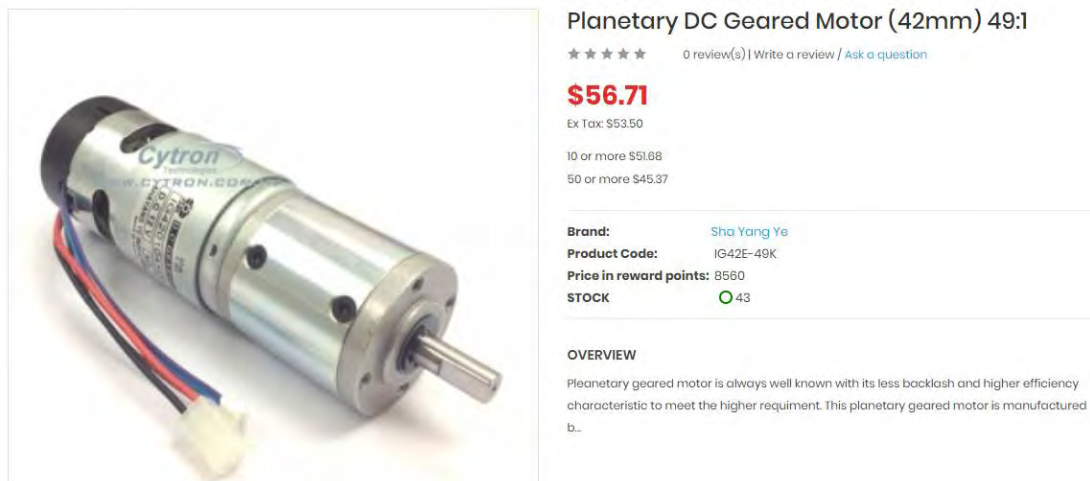


Figura D.6: Motor IG-42Gm con encoders

El acelerómetro se cotizo en Mercado Libre, ver figura D.7.



Figura D.7: Acelerometro ADX335

Igualmente, el sensor de temperatura es cotizado por Mercado Libre, ver figura D.8.

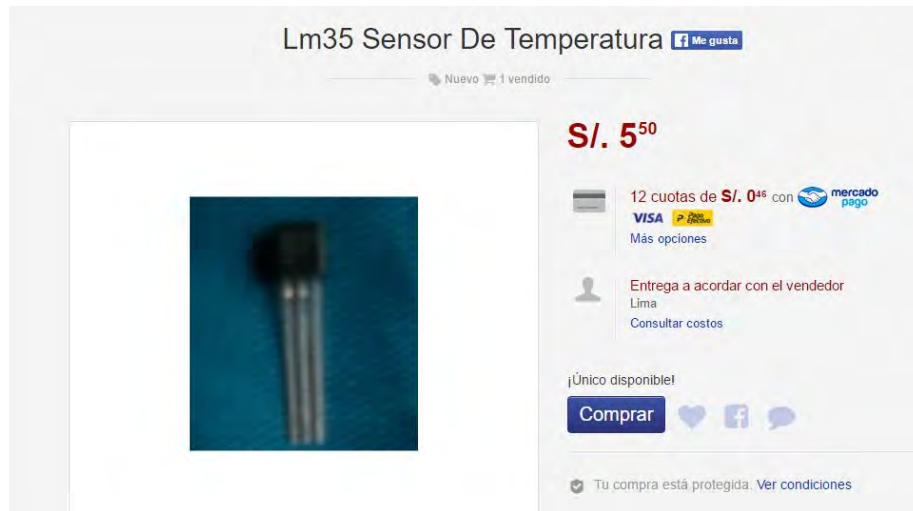


Figura D.8: Sensor de temperatura LM35

Por otro lado, las fuentes conmutadas fueron cotizadas en Alibaba.com, ver figura D.9 y D10.

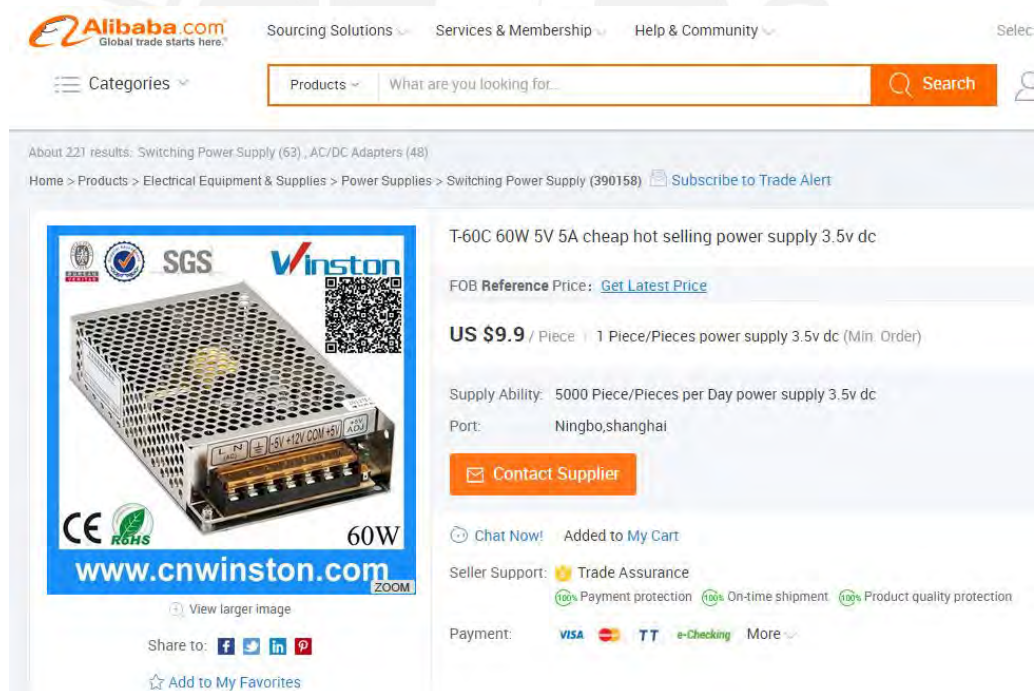


Figura D.9: Fuente conmutada T-60C 60W 5V 5A

Alibaba.com
Global trade starts here.

Sourcing Solutions Services & Membership Help & Community

Categories Products What are you looking for... Search

About 49360 results: Switching Power Supply (33881), AC/DC Adapters (967)

Home > Products > Electrical Equipment & Supplies > Power Supplies > Switching Power Supply (390158) [Subscribe to Trade Alert](#)

power supply circuit S-240-24 meanwell power supply

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

US \$15.6 / Piece 1 Piece/Pieces (Min. Order)

Supply Ability: 1000 Piece/Pieces per Day

Port: ningbo shanghai shenzhen guangzhou

[Contact Supplier](#)

[Chat Now!](#) [Add to My Cart](#)

Seller Support: [Trade Assurance](#)

[100% Payment protection](#) [100% On-time shipment](#) [100% Product quality protection](#)

Payment: [VISA](#) [Master](#) [TT](#) [e-Checking](#) [More](#)




Figura D.10: Fuente conmutada S-240-24

D.3 Materiales

Los materiales como acero inoxidable, aluminio y bronce fueron cotizados por la empresa Guibal, ver figura D.11.

GRUP Guibal S.A.C. LA TIENDA DEL ACERO		GRUP Guibal S.A.C. LA TIENDA DEL ACERO	
Líder en acero inoxidable y forjados para Ud. y su empresa		Líder en acero inoxidable y forjados para Ud. y su empresa	
IMPORTADORA Y COMERCIALIZADORA EN ACERO INOXIDABLE - COBRE - BRONCE - ALUMINIO		IMPORTADORA Y COMERCIALIZADORA EN ACERO INOXIDABLE - COBRE - BRONCE - ALUMINIO	
1014 - 7/8 - 8.0		Jul y 122 x 244 ul	
3241 - 114 - 68.0		201 - 200.0	
		304 - 245.0	
Aluminio 1014 - 20.0		Aluminio - 240.0	
1100			
BR - 5/8 - 36.0			
BR - 114 - 10.0			
AV. GUILLERMO DANSEY N° 822 - LIMA CERCADO TELF.: TIENDA 3788354 / 4236473 RPC: 964117294 ENTEL: 964116322 MOVISTAR: 964119197		AV. GUILLERMO DANSEY N° 822 - LIMA CERCADO TELF.: TIENDA 3788354 / 4236473 RPC: 964117294 ENTEL: 964116322 MOVISTAR: 964119197	
www.guibalindustrial.com		www.guibalindustrial.com	

Figura D.11: Precio del acero inoxidable, aluminio y bronce

Por otra parte, la barra de Nylon de Mercado Libre, ver figura D.12.

Ventas Barras Y Planchas De Nylon En Lima, Peru 

Nuevo



S/. 20⁰⁰

12 cuotas de S/. 1⁶⁷ con 

VISA 

Más opciones

Entrega a acordar con el vendedor
Lima
[Consultar costos](#)

Cantidad: 1  [Comprar](#)   

Tu compra está protegida. [Ver condiciones](#)

Figura D.12: Precio del nylon

D.3 Mecanizado

Se adjunta la cotización del taller de manufactura de la PUCP para fabricar las piezas del mecanismo, D.13.


Renato Espinoza
 para Jorge, Dante, Monica, mi

25 nov. (hace 2 días)

Estimado Wilberth,

Por intermedio de la presente, y atendiendo a su cordial solicitud, le hago llegar la cotización por los siguientes trabajos:

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Importe
1	Barra para prono/sup	2	70	S/. 140.00
2	Bocina	4	30	S/. 120.00
3	Eje Auxiliar	1	50	S/. 50.00
4	Eje de Flexo	1	105	S/. 105.00
5	Eje para Polea	2	50	S/. 100.00
6	Pines del Carril	4	30	S/. 120.00
7	Plancha Prono/Sup	1	60	S/. 60.00
8	Riel Circular	1	400	S/. 400.00
9	Soporte Carril Circular 2	2	120	S/. 240.00
10	Soporte Carril Circular	2	120	S/. 240.00
11	Soporte de Barras de Prono	4	60	S/. 240.00
12	Soporte de Barras	2	85	S/. 170.00
13	Soporte de Carril	2	85	S/. 170.00
14	Plancha Prono/Sup	1	90	S/. 90.00
15	Soporte de Motor	1	85	S/. 85.00
16	Soporte del Motor Flexo	1	65	S/. 65.00
17	Soporte en L del Motor	1	65	S/. 65.00
18	Tope en L de seguridad	1	60	S/. 60.00
TOTAL VALOR (Soles)				S/. 2,520.00

- Material: Aluminio y acero inoxidable
- COSTO TOTAL POR FABRICACIÓN: S/. 2520.00*

Figura D.13: Precio de mecanizado de piezas sin IGV

