



**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO INTERCAMBIADOR DE EFECTORES FINALES, ADAPTABLE A MÁQUINAS DE CONFIGURACIÓN CARTESIANA PARA CUMPLIR FUNCIONES DE IMPRESORA 3D, PLOTTER, GRABADOR LÁSER Y EXTRUSOR DE MATERIALES EXPERIMENTALES PARA LA EMPRESA FABCAD S.A– SAIS 3D**

**AUTORES:**

CANCHIGNIA SÁNCHEZ MARCOS DANIEL

**DIRECTOR:**

MSC. ANDRÉS GORDÓN



# CONTENIDO

Problema

Objetivos

Hipótesis

Generalidades

Diseño

Pruebas y Resultados

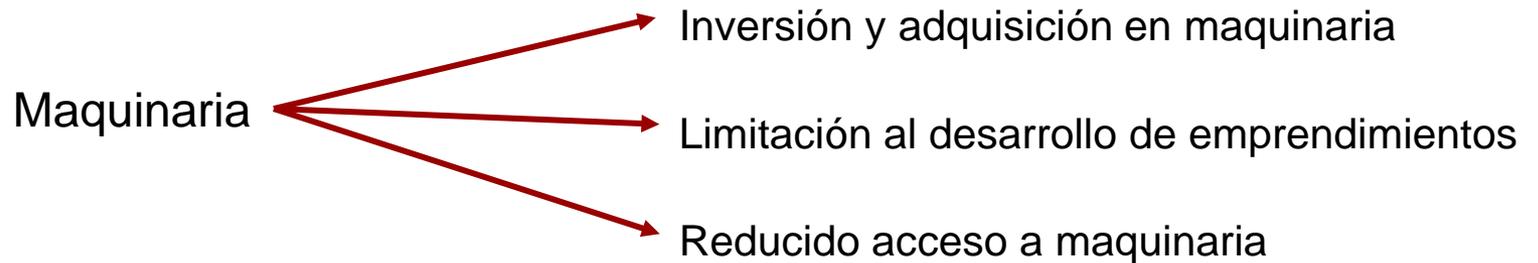
Conclusiones y Recomendaciones



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



## CAUSAS



**Surge la necesidad de plantear un alternativa**



# HIPÓTESIS:

¿La implementación de un módulo intercambiador de actuadores, adaptable a máquinas de configuración cartesiana para cumplir funciones de impresora 3D, plotter, grabador láser y extrusor de materiales experimentales, tiene incidencia en el mejoramiento de parámetros de producción en la empresa FABCAD SA-SAIS 3D?



# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un módulo intercambiador de actuadores, adaptable a máquinas de configuración cartesiana para cumplir funciones de impresora 3D, plotter, grabador láser y extrusor de materiales experimentales, para el mejoramiento de parámetros de producción en la empresa FABCAD S.A – SAIS 3D.



# OBJETIVOS

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conceptualizar bases técnicas de máquina CNC, procesos de manufactura, y compatibilidad de actuadores
- Plantear la mejor alternativa de solución
- Diseñar y construir el módulo intercambiador de actuadores
- Estructurar una interfaz gráfica mediante software de distribución libre
- Desarrollar el monitoreo del sistema con el uso de aplicación móvil.



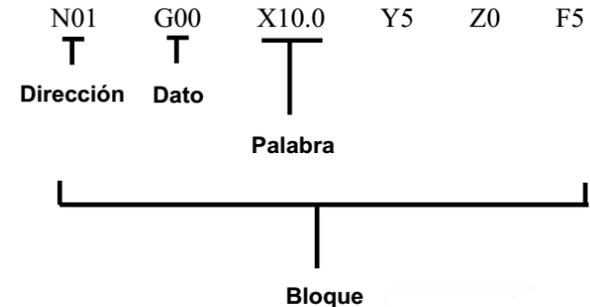
# GENERALIDADES



*Máquina CNC*

```
T1M6
G0Z0.0500
G0X0.0000Y0.0000S10000M3
G0X0.0010Y0.0010Z0.0500
G1Z-0.5227F20.0
G1X0.0040F50.0
X3.2550
Y0.0039
Y0.0097
X3.2520
```

Lenguaje CNC



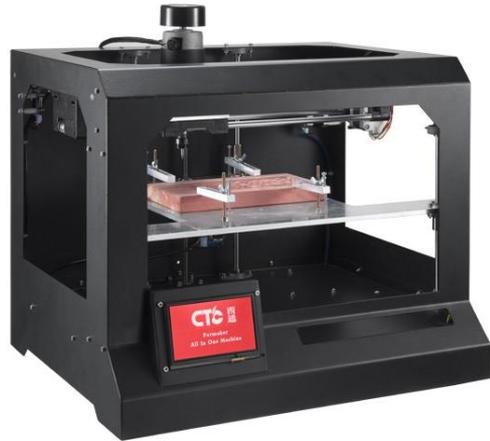
Estructura línea de comando

“control numérico por computadora, computer numerical control”

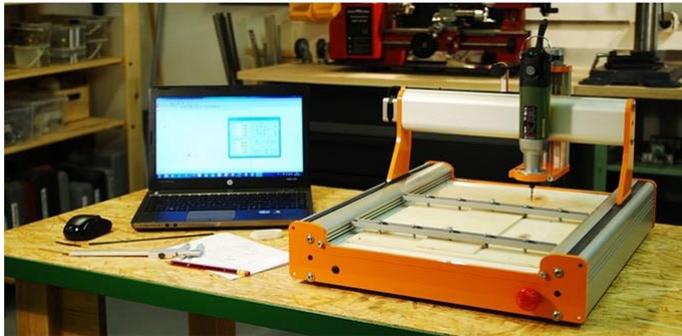


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

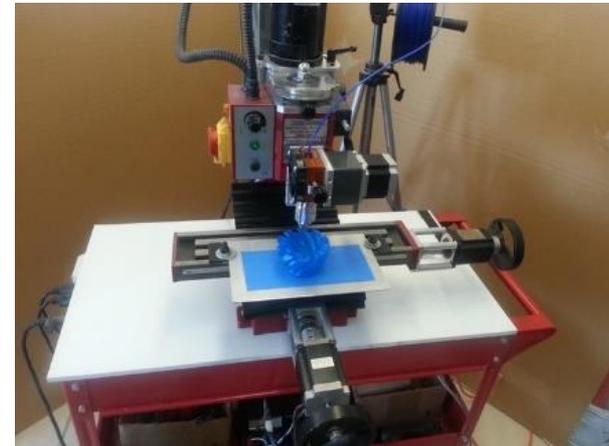
# GENERALIDADES



FORMAKET



STPCRAFT 2



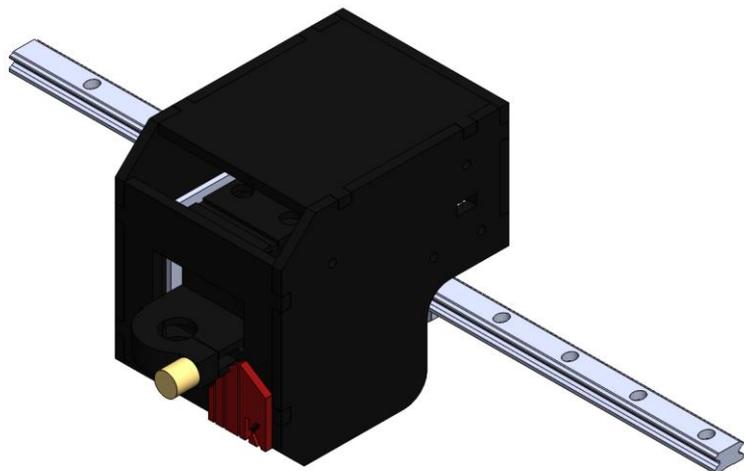
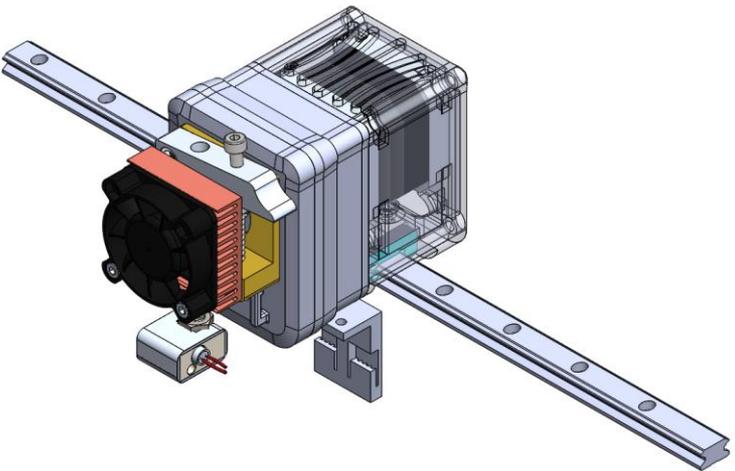
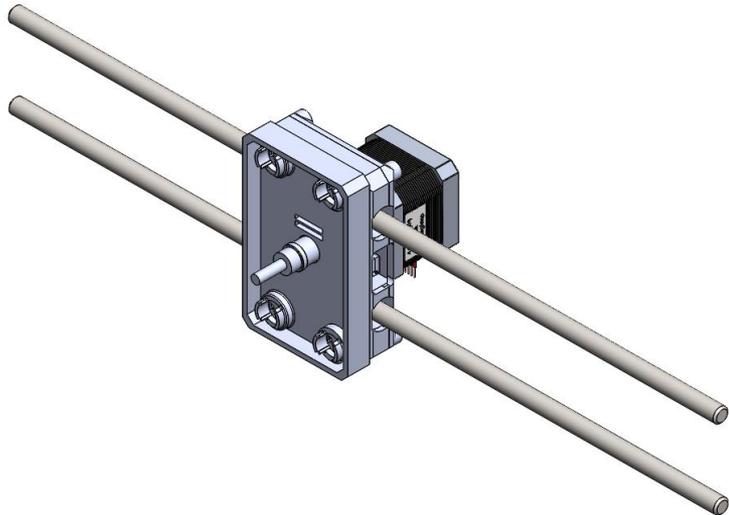
TRIBOT



# GENERALIDADES

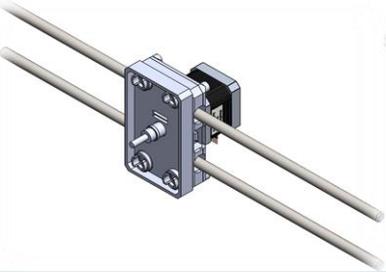
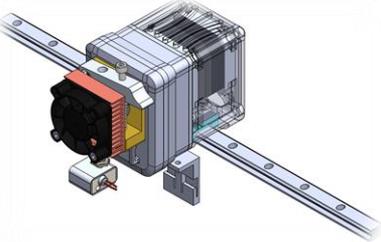
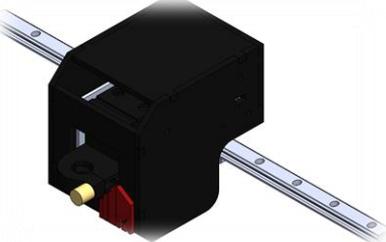


# DISEÑO



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

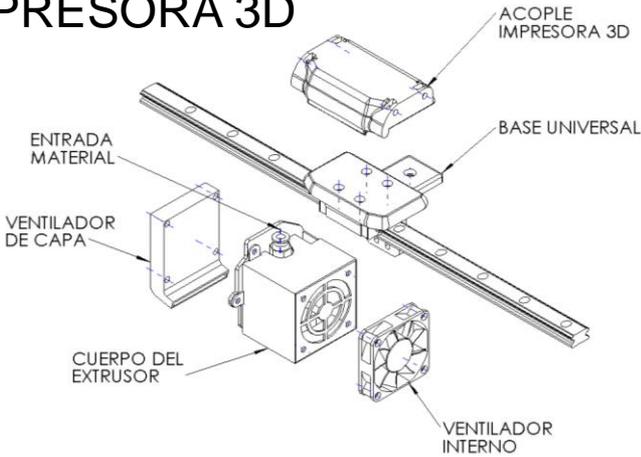
# DISEÑO

Características	Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3
			
Maniobrabilidad	1	2	3
Costos	1	2	2
Eficiencia	1	2	3
Estética	1	2	3
Durabilidad	3	3	3
Tamaño	2	3	3
<b>PROTIPO ÓPTIMO</b>	9	14	17 

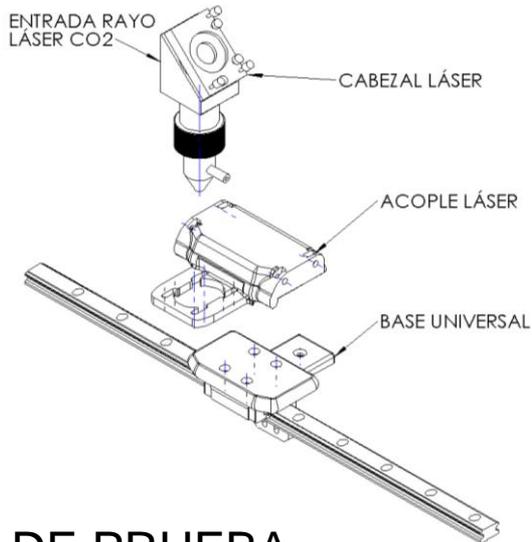


# DISEÑO

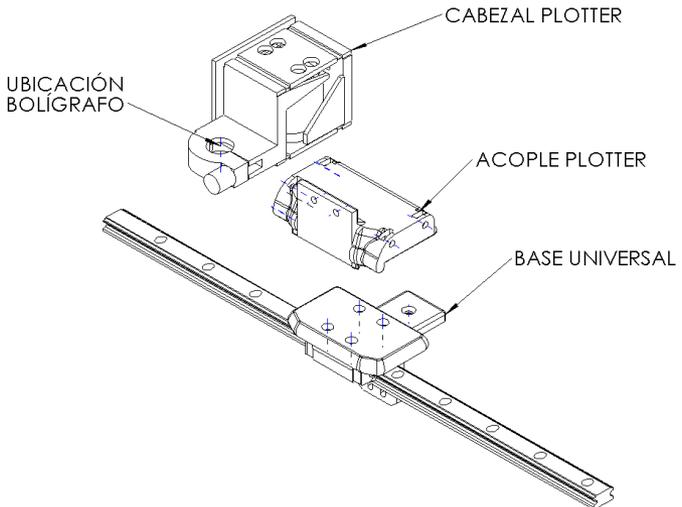
## IMPRESORA 3D



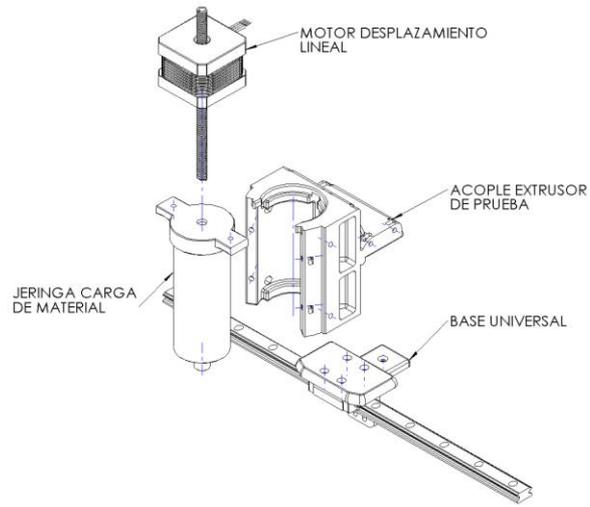
## LÁSER



## PLOTTER

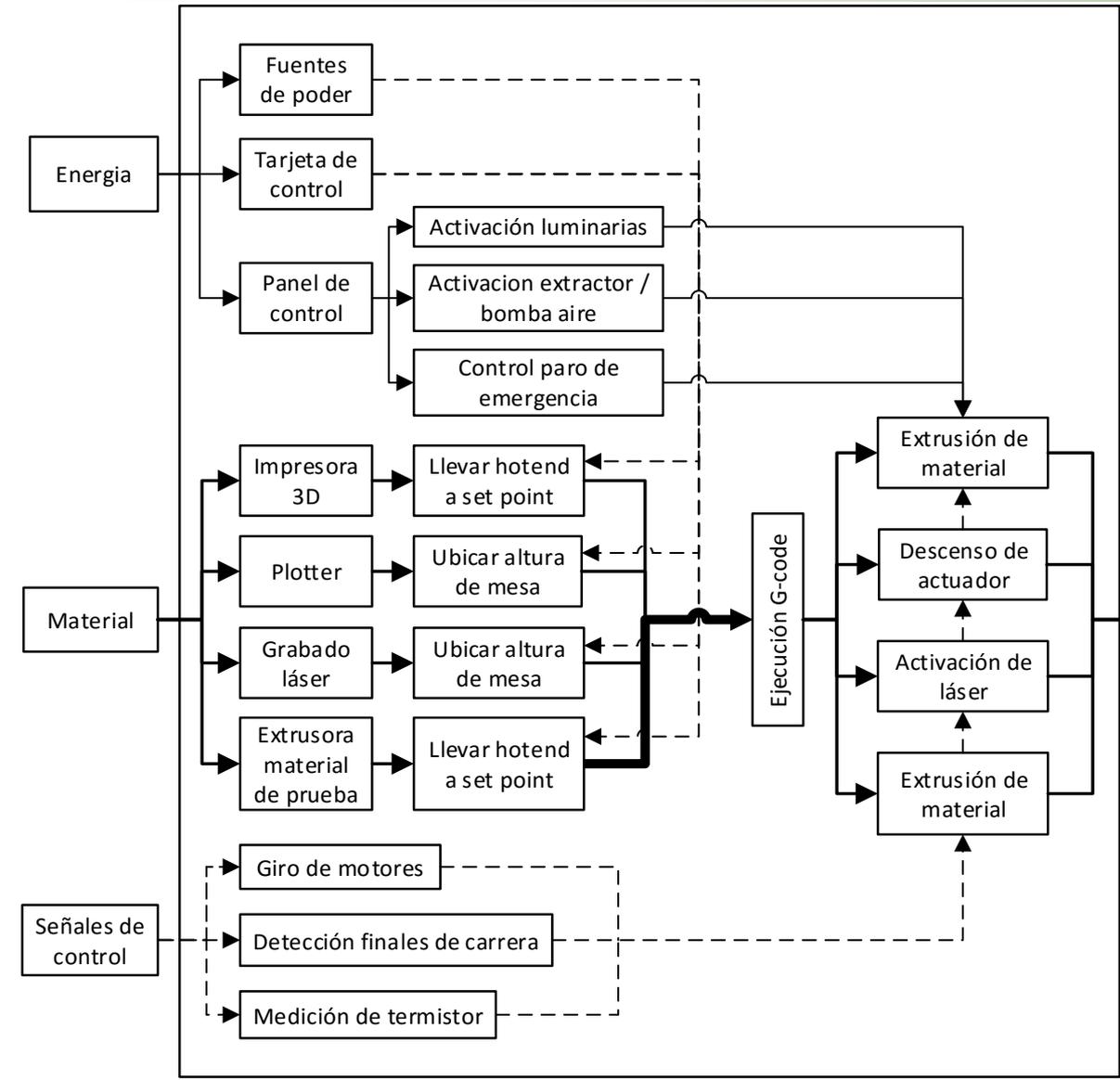


## EXTRUSOR DE PRUEBA



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# DISEÑO



## Función general de la máquina

Líneas continuas finas denotan la transferencia y conversión de energía

Líneas continuas gruesas representan el movimiento de material

Líneas discontinuas representan señales de flujos de control y retroalimentación dentro del sistema .(Ulrich & Eppinger, 2013)



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# DISEÑO

N°	Subsistema	Funciones
1	Estructura	comprende la carcasa y es donde se montan los demás componentes.
2	Motores	transforma la energía eléctrica en mecánica para usarla en como desplazamiento lineal.
3	Eje X, Y, Z	conjunto de elementos mecánicos que permiten el desplazamiento del actuador.
4	Mesa de trabajo	área sobre la cual los actuadores desarrollan su trabajo.
5	Controladora CNC	encargado de enviar y recibir las órdenes para el funcionamiento de todo es sistema.
6	Montaje y conexión de actuadores	acoplamiento para el intercambio de actuadores, mecanismo de cableado.
7	Actuadores	cabezales que dan características específicas a la máquina.
8	Energía eléctrica	manejo del flujo constante de voltaje y corriente para el funcionamiento de la máquina.



## Selección - Subsistema Estructura

Núm.	Característica	Importancia	Elementos de comparación					
			Corte Láser		Impresión 3D y perfilería		Chapa Metálica	
			puntos	%	puntos	%	puntos	%
1	Rigidez estructural	25%	2	0.50	4	1.00	5	1.25
2	Costo producción	15%	4	0.60	4	0.60	3	0.45
3	Facilidad de mantenimiento	10%	4	0.40	4	0.40	3	0.30
4	Poca vibración	25%	2	0.50	3	0.75	5	1.25
5	Peso	10%	4	0.40	4	0.10	2	0.20
6	Área de trabajo	15%	3	0.45	3	0.45	5	0.75
	<b>PONDERACIÓN</b>	<b>100%</b>		<b>2.85</b>		<b>3.30</b>		<b>4.2</b>



## Selección - Subsistema Motores

Núm.	Característica	Importancia	Elementos de comparación			
			Motor Paso a paso		Motor Servomotor	
			puntos	%	puntos	%
1	Mayor precisión	15%	5	0.75	4	0.60
2	Mayor torque	15%	4	0.60	5	0.75
3	Mayor control de posición	15%	4	0.60	4	0.60
4	Menor precio	20%	4	0.80	3	0.60
5	Menor consumo eléctrico	5%	4	0.20	4	0.20
6	Menor tamaño	25%	4	1	3	0.75
<b>PONDERACIÓN</b>		<b>100%</b>	<b>3.95</b>		<b>3.50</b>	



## Selección - Subsistema Eje X, Y, Z

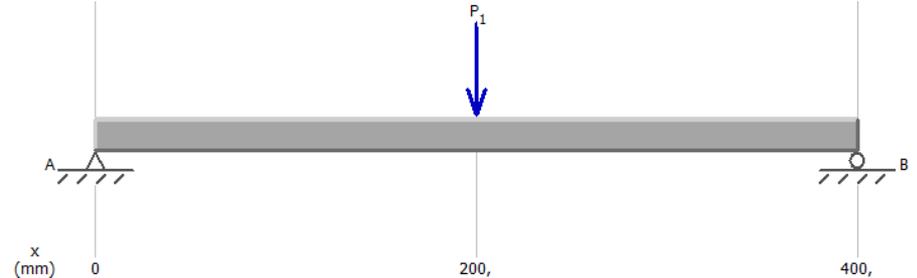


Diagrama fuerza aplicada en la guía del eje Y

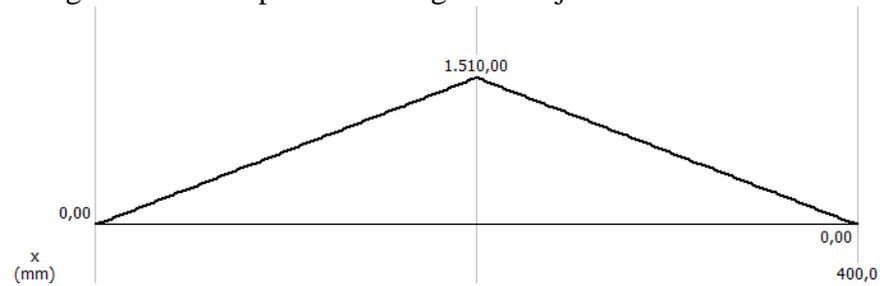


Diagrama momento flector en la guía eje Y

$$d = \left( \frac{32 * n * K_f * M_a}{\pi * S_e} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left( \frac{32 * 4 * 1.7 * 1.51}{\pi * 236.17 \times 10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 7.62 \text{ mm}$$

(Budynas & Nisbett, 2012)



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Selección - Subsistema Eje X, Y, Z

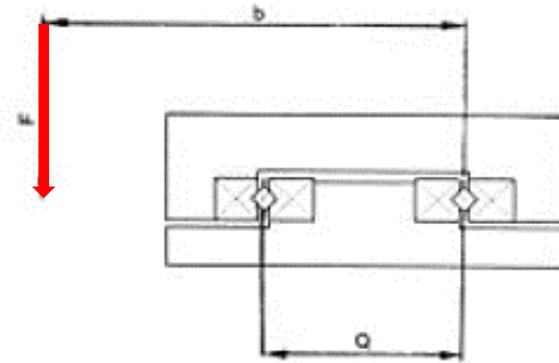


Diagrama carga aplicada al eje X

$$F1 = \frac{F*b}{Q*NRP} = \frac{0,5 \text{ kg} * 45 \text{ mm}}{12 \text{ mm} * 10} = 0,187 \text{ kg} \quad (\text{Budynas \& Nisbett, 2012}) \quad (1)$$

$$F2 = 0,07 \text{ kg} \quad (2)$$

$$F3 = 10\% \text{ de } 0,1875 \text{ kg} = 0,018 \text{ kg} \quad (3)$$

$$\sum F = F1 + F2 + F3 = 0,187 \text{ kg} + 0,07 \text{ kg} + 0,018 = 0,276 \text{ kg} < 0,4 \text{ kg}$$

(Budynas & Nisbett, 2012)



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Selección - Subsistema Eje X, Y, Z

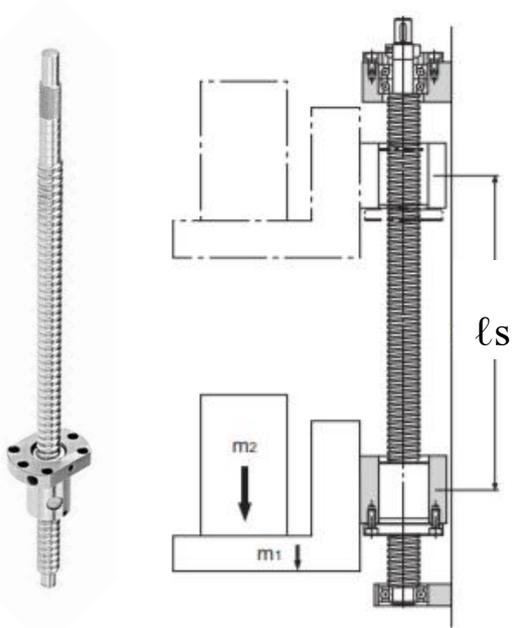


Diagrama funcionamiento del eje Z



Díámetro del eje	Paso
8 mm	4 mm
10 mm	4 mm
12 mm	4 mm

(Budynas & Nisbett, 2012)



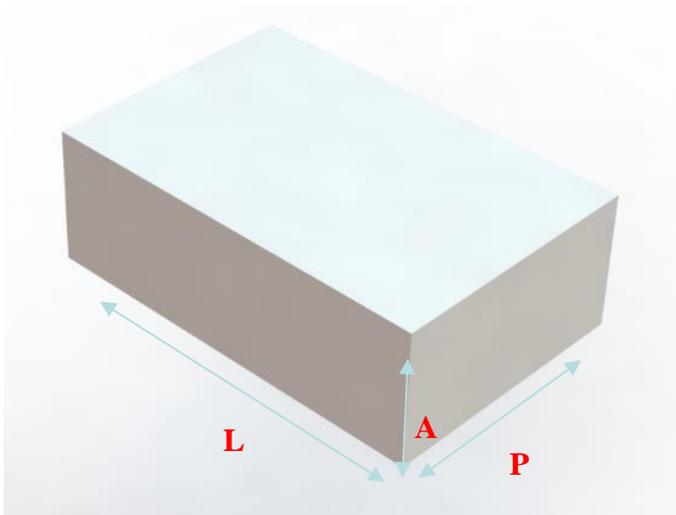
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Selección - Subsistema Motores

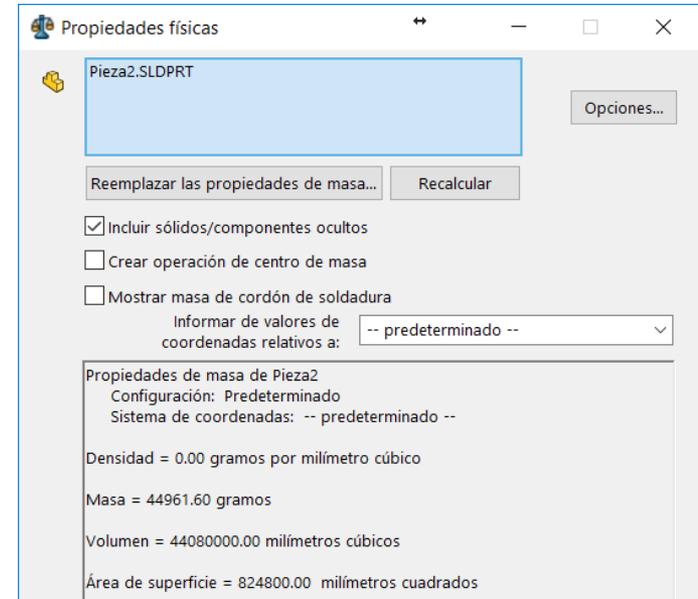
MODELO	PAR DE RETENCIÓN	PAR DE RETENCIÓN	RESISTENCIA DE FASE	CORRIENTE DE FASE	INDUCTANCIA DE FASE	INERCIA DEL ROTOR	# DE CABLES DE PLOMO	PESO	LONGITUD
	Oz.in	N.m	Ohm	A	mH	kg.cm2		kg	mm
GM86HS68-4004	369	2.6	0.63	4	3.2	0.85	4	2	68
GM86HS98-5004	963	6.8	0.5	5	4	1.55	4	3	98
GM86HS116-6004	1204	8.5	0.6	6	6.8	1.8	4	3.5	114
GM86HS116-5008	822	5.8	0.75	5	3.2	1.8	8	3.5	114



## Selección – Mesa de trabajo



*Volumen máximo de trabajo*



$Masa = 44961.60 [gr] = 44.9616 [Kg] \approx 45kg$

$Volumen = 44080000.00 [mm^3] = 0.04408 [m^3]$

$\text{Área de superficie} = 824800.00 [mm^2] = 0.8248 [m^2]$



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Selección - Subsistema Tarjeta de Control

Núm.	Característica	Importancia	Elementos de comparación					
			Ramps 1.4		Rambo v1.3L		GT2560 rev A+	
			puntos	%	puntos	%	puntos	%
1	Mayor estética visual	15%	2	0.30	3	0.45	5	0.75
2	Mejores características técnicas	25%	3	0.75	4	1.00	4	1.00
3	Mayor información sobre su uso	25%	4	1.00	3	0.75	5	1.25
4	Menor costo	10%	5	0.50	2	0.20	3	0.30
5	Mayor robustez	15%	2	0.30	5	0.75	4	0.60
6	Facilidad de Adquisición	10%	4	0.40	4	0.40	4	0.40
	<b>PONDERACIÓN</b>	<b>100%</b>		<b>3.25</b>		<b>3.55</b>		<b>4.3</b>



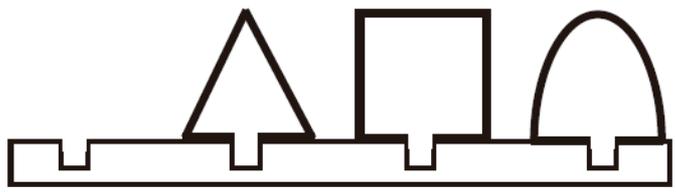
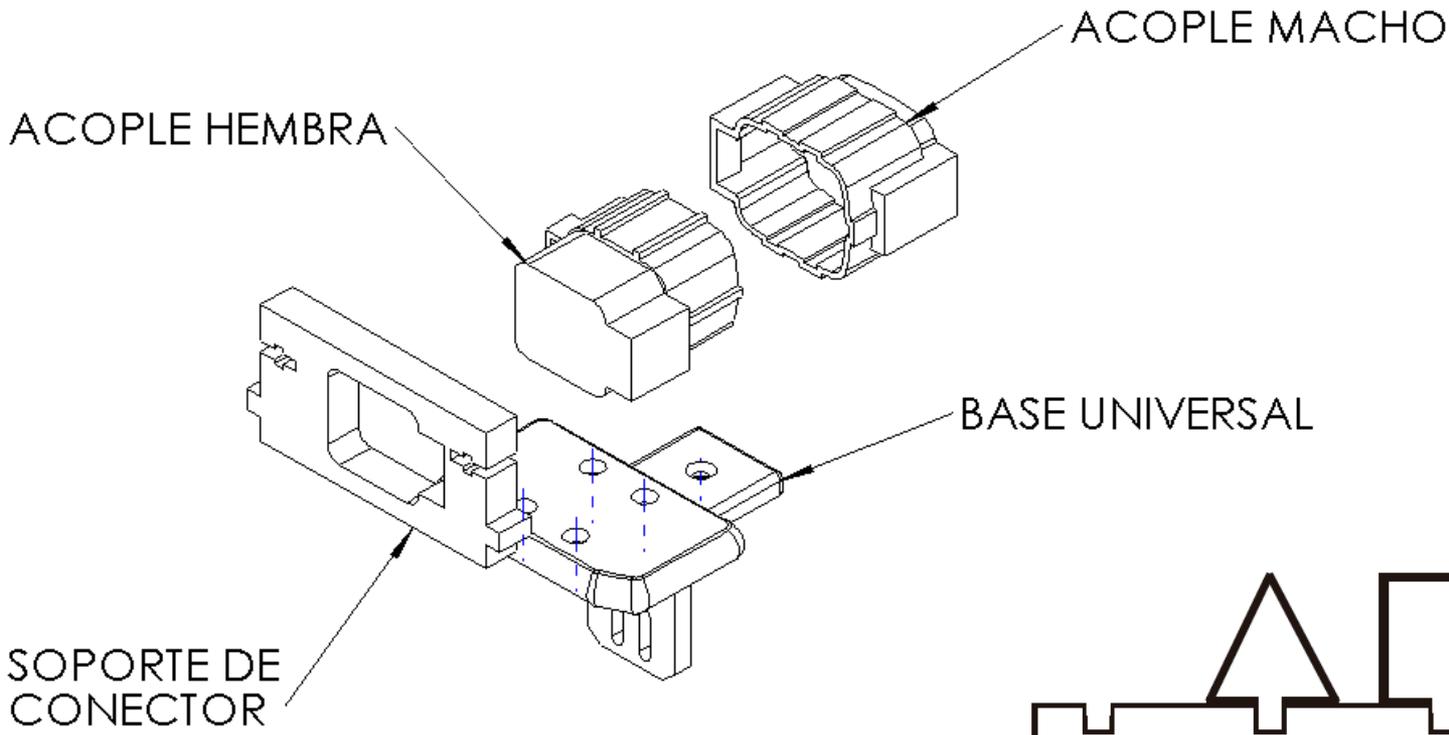
## Selección - Subsistema Cabezales

Núm.	Característica	Importancia	Elementos de comparación					
			Por imanes		Por tornillos		Por presión	
			puntos	%	puntos	%	puntos	%
1	Mejor sujeción	25%	3	0.75	5	1.25	4	1.00
2	Menor costo de implementación	15%	2	0.30	4	0.60	5	0.75
3	Mejor estética visual	20%	5	1.00	4	0.80	5	1.00
4	Mayor facilidad de desmontaje	20%	5	1.00	2	0.40	5	1.00
5	Mayor desgaste al uso	20%	2	0.40	5	1.00	4	0.80
<b>PONDERACIÓN</b>		<b>100%</b>		<b>3.45</b>		<b>4.05</b>		<b>4.55</b>



# DISEÑO

## ACOPLE RÁPIDO



Arquitectura tipo bus

Fuente: (Ulrich & Eppinger, 2013)



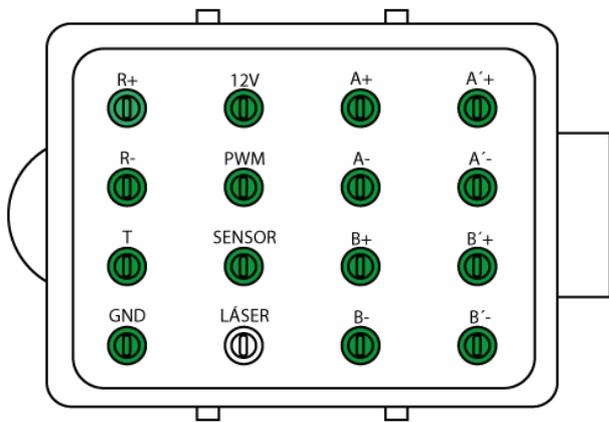
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Núm.	Descripción señal	Láser	Impresora 3d	Plotter	Extrusor materiales de prueba
1	Negativo (GND)	*	*	*	*
2	Alimentación (5V+ PWM)	*		*	
3	Alimentación (12V+)	*	*		
4	Termistor (T+)	*	*	*	*
5	Resistencia (R+)		*		*
6	Resistencia (R-)		*		*
7	Sensor de altura (H+)	*	*	*	*
8	Detección de cabezal (P+)	*	*	*	*
9	Control motor (A+)				*
10	Control motor (A-)				*
11	Control motor (B+)				*
12	Control motor (B-)				*
13	Traslado control motor (C+)		*		
14	Traslado control motor (C-)		*		
15	Traslado control motor (D+)		*		
16	Traslado control motor (D-)		*		

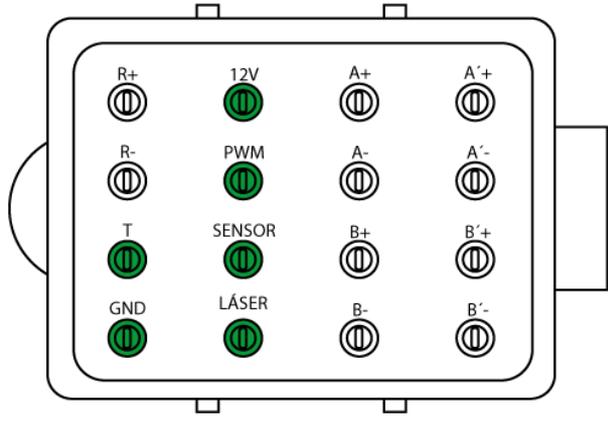


# DISEÑO

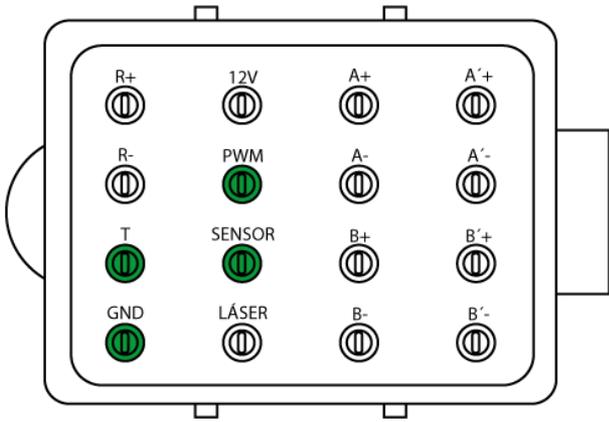
## IMPRESORA 3D



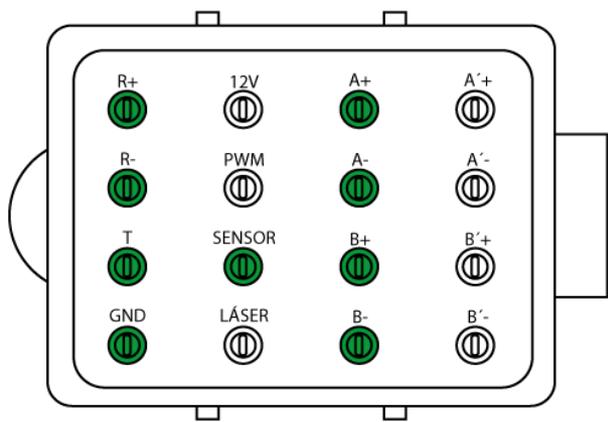
## LÁSER



## PLOTTER



## EXTRUSOR DE PRUEBA



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Diseño industrial

Casi todos los productos en el mercado se pueden mejorar en una forma u otra con un buen diseño industrial. Todos los productos que usan, operan o ven las personas dependen mucho del diseño industrial (DI) para tener éxito mercantil. (Ulrich & Eppinger, 2013)



## Diseño para el ambiente

DPA conserva o mejora la calidad y el costo del producto al tiempo que reduce sus efectos en el ambiente. (Ulrich & Eppinger, 2013)

Este tipo de diseño se enfoca en responder tres preguntas:

- **Química de materiales:** ¿Qué sustancias químicas abarcan los materiales especificados? ¿Son seguras para los seres humanos y el ambiente?
- **Desensamblado:** ¿Pueden separarse los productos al final de su vida útil para reciclar sus materiales?
- **Reciclabilidad:** ¿Tienen los materiales contenido reciclable? ¿Se separan con facilidad en categorías de reciclado? ¿Son reciclables los materiales al final de la vida útil del producto?



## Diseño para la manufactura

El éxito económico depende del margen de utilidades obtenidas en cada venta del producto y de la forma en que se puedan vender muchas unidades de éste. El margen de utilidades es la diferencia entre el precio de venta del fabricante y el costo de hacer el producto. Una práctica efectiva del DPM lleva a bajos costos de manufactura sin sacrificar calidad del producto. (Ulrich & Eppinger, 2013)

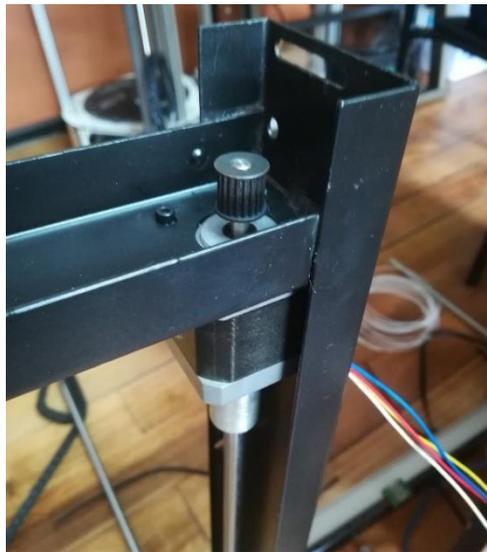


# DISEÑO



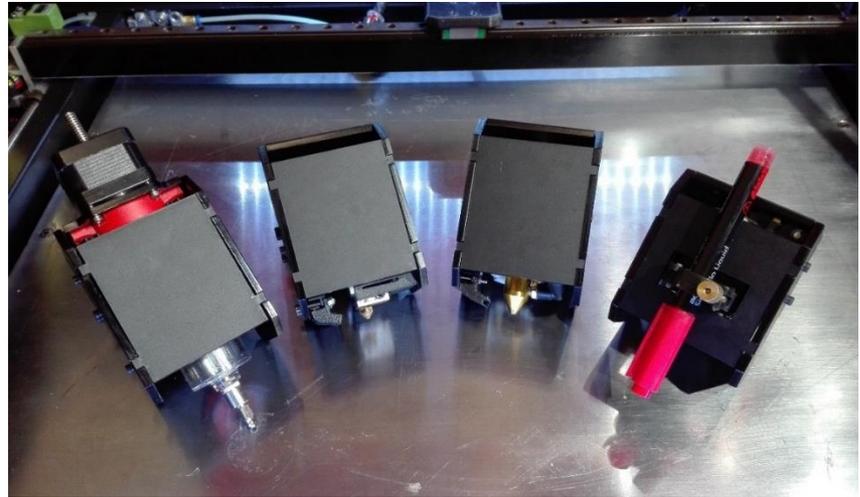
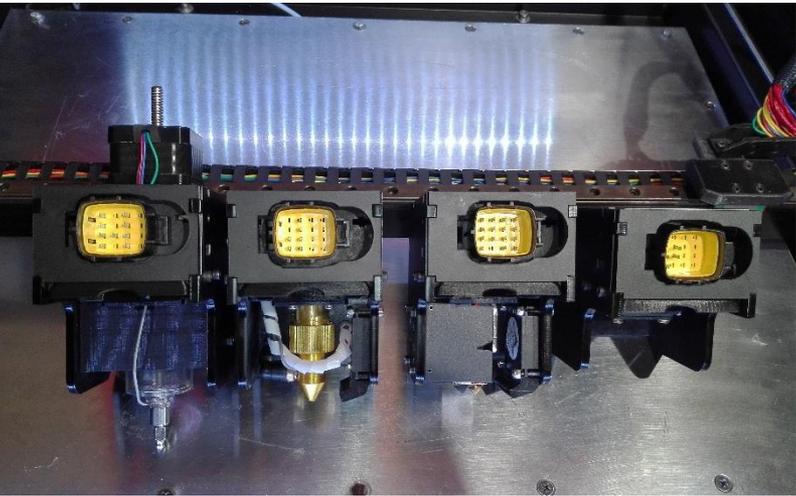
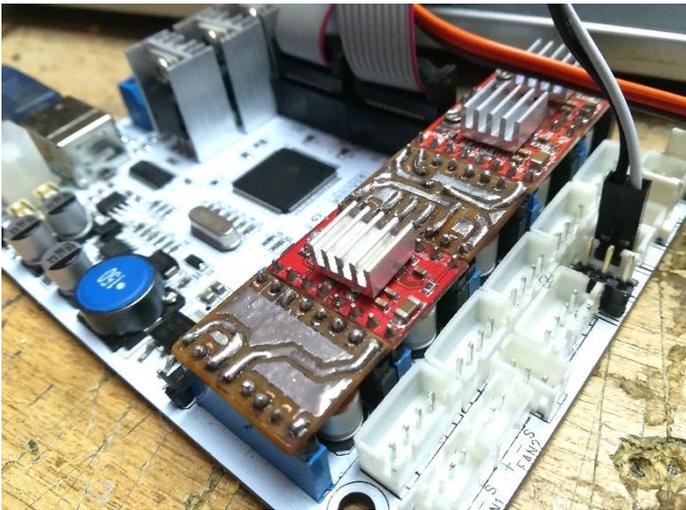
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# DISEÑO

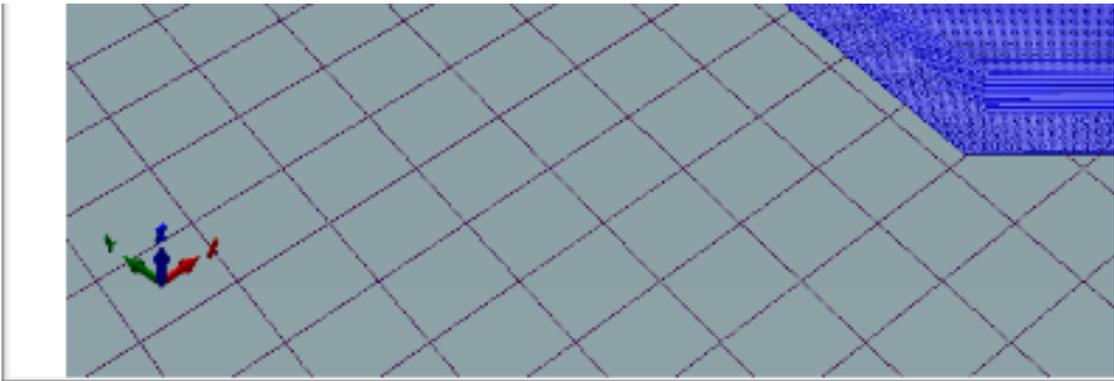


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# DISEÑO

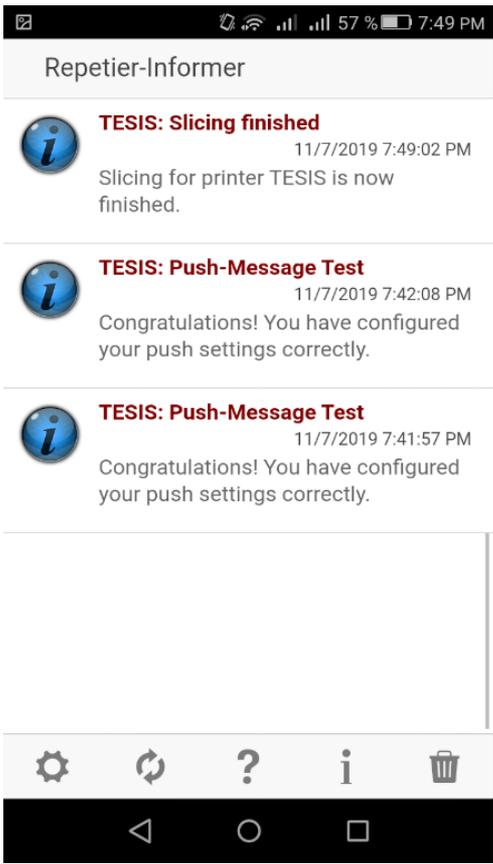


# DISEÑO



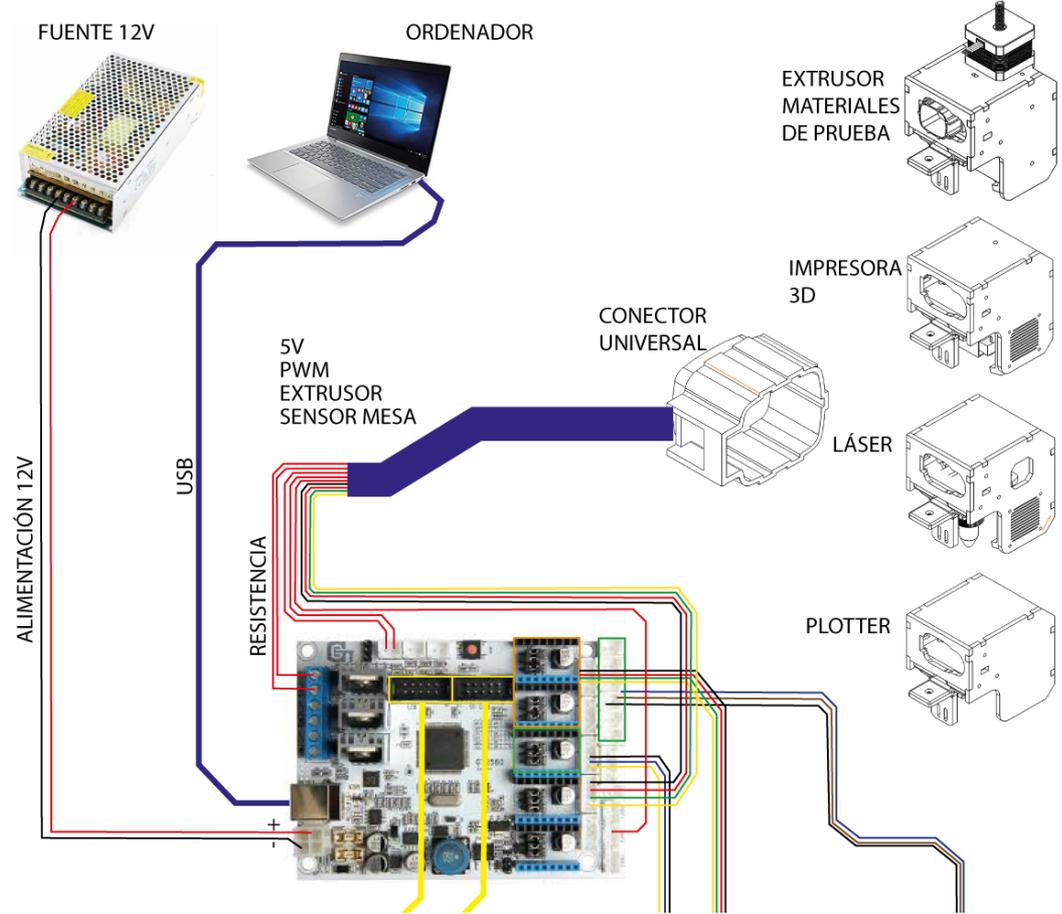
```
Mostrar en registro. Comandos Infos Advertancias Errores ACK Auto Scroll
19:48:57.363 <CuraEngine> Generating layer parts...
19:48:57.450 <CuraEngine> Generated layer parts in 0.140s
19:48:57.603 <CuraEngine> Generated inset in 0.141s
19:48:57.829 <CuraEngine> Generated up/down skin in 0.219s
19:48:59.701 <CuraEngine> Wrote layers in 1.00s.
19:48:59.701 <CuraEngine> Wrote 1.1 MB.
19:48:59.702 <CuraEngine> Total time elapsed 2.92s.
19:48:59.709 <CuraEngine> Print time: 3956
19:48:59.709 <CuraEngine> Filament: 4747
19:48:59.709 <CuraEngine> Filament2: 0
19:49:00.916 Successfully send push message.
```

Desconectado: TESIS

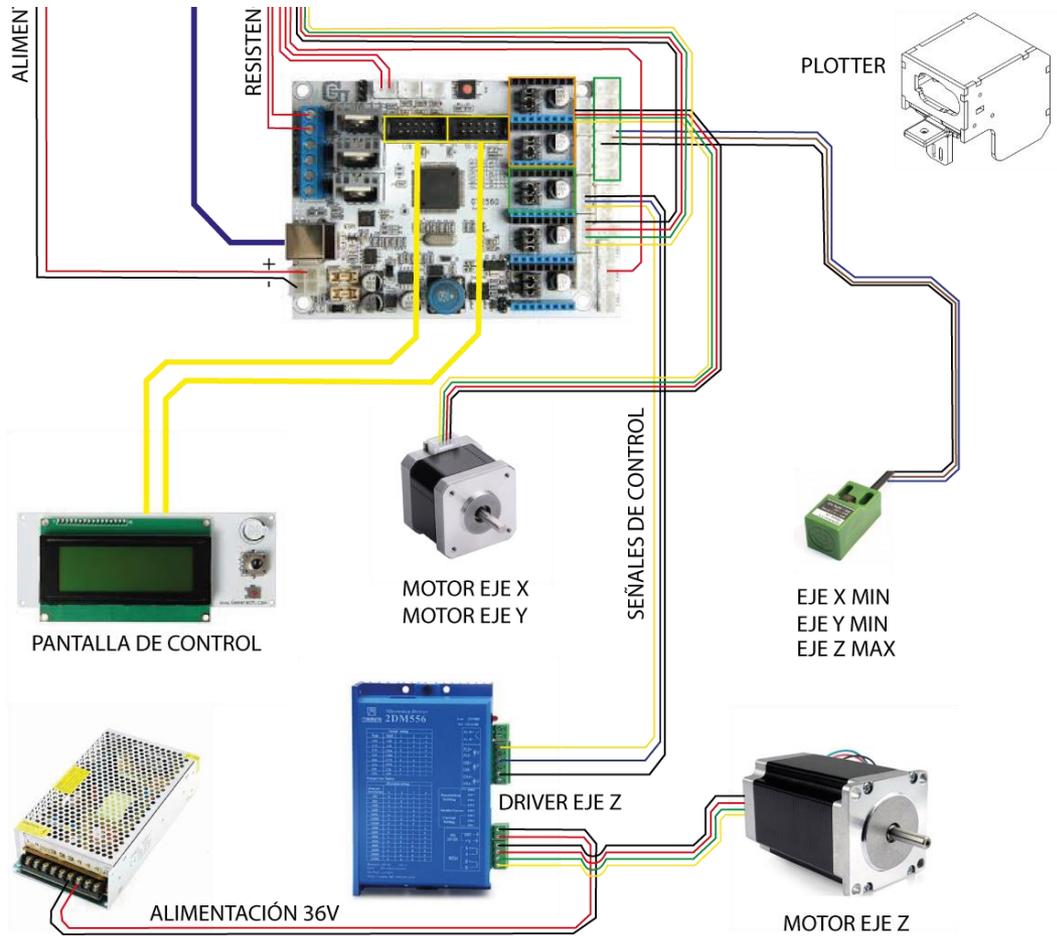


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# PRUEBAS Y RESULTADOS: **ESCENARIO**



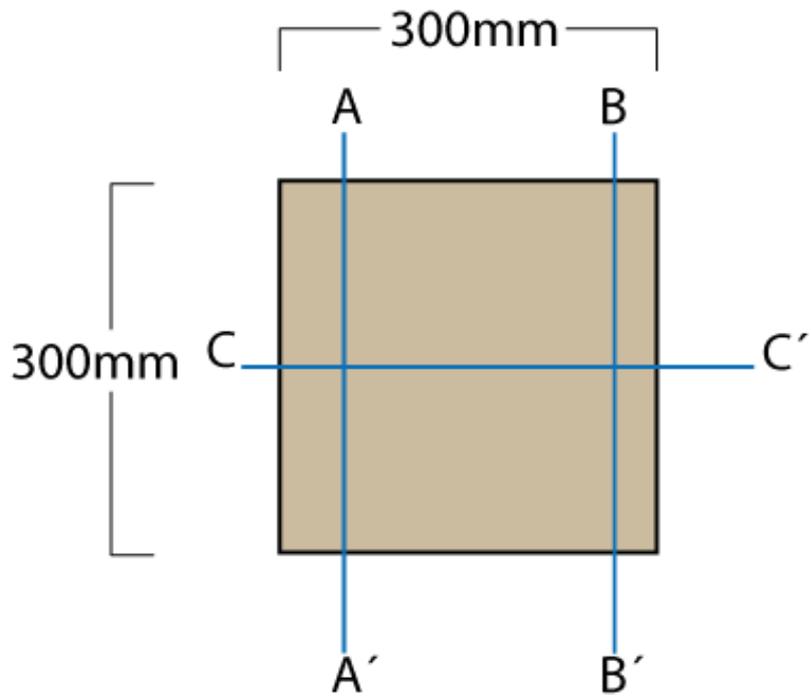
# PRUEBAS Y RESULTADOS: **ESCENARIO**



## Pruebas de precisión cuadrado

**Tabla 1.**  
*Pruebas de repetibilidad*

Prueba N°	Mediciones	
	X	X <sup>2</sup>
	[mm]	[mm <sup>2</sup> ] $\times 10^3$
1	0,020	0,400
2	0,010	0,100
3	0,015	0,225
4	0,020	0,400
5	0,020	0,400
6	0,010	0,100
7	0,015	0,225
8	0,005	0,025
9	0,010	0,100
10	0,020	0,400
$\Sigma =$	$1,45 \times 10^{-2}$	$2,38 \times 10^{-4}$



# VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

## Paso 1. Escribir la hipótesis

Simbólicamente, la hipótesis nula y la hipótesis alternativa se representaría así:

$$H_0: \mu = 300 \text{ (medida original de diseño)}$$

$$H_1: \mu \neq 300 \text{ (medida original de diseño)}$$

$H_0$ : No existen diferencias significativas entre el promedio de puntajes obtenidos en la prueba de medición de un rectángulo cortado por láser y la medida original de diseño.

$H_1$ : Existen diferencias significativas entre el promedio de puntajes obtenidos en la prueba de medición de un rectángulo cortado por láser y la medida original de diseño.



# VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

## Paso 2. Se ejecutan los cálculos preliminares

Cálculo de promedio y la desviación estándar para el grupo de datos.

$$n = 5$$

$$\sum X = 1499,63$$

$$\sum X^2 = 449778,07$$

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{1499,63}{5}$$

$$\bar{x} = 299,93$$



# VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

$$s^2 = \frac{\sum X^2 - \left[ \frac{(\sum X)^2}{n} \right]}{n - 1}$$

$$s^2 = \frac{449778,07 - \left[ \frac{(1499,63)^2}{5} \right]}{5 - 1}$$

$$s^2 = 0,0109$$

$$s = \sqrt{s^2}$$

$$s = \sqrt{0,0109}$$

$$s = 0,1043$$



# VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

**Paso 3. Se establece la zona de rechazo de  $H_0$**

Pero antes, se debe obtener los grados de libertad:

$$g.l. = \text{número de observaciones} - 1$$

$$g.l. = 5 - 1 = 4$$

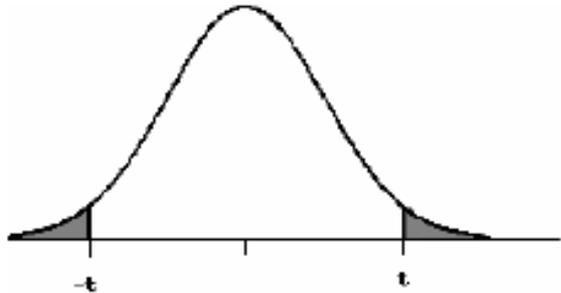
Se establece el nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$  para una prueba de dos colas. Finalmente, se busca en la tabla de valores críticos para la *prueba t*, **Anexo J**.

$$t_{vc} = \pm 2,776.$$



# VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Tabla de cuantiles de la distribución t de Student



- (a) El área de las dos colas está sombreada en la figura.
- (b) Si  $H_a$  es direccional, las cabeceras de las columnas deben ser divididas por 2 cuando se acota el P-valor.

gl	ÁREA DE DOS COLAS						
	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001	0,0001
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619	6366,198
2	1,886	2,920	4,303	6,695	9,925	31,598	99,992
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924	28,000
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610	15,544
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869	11,178
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959	9,082
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408	7,885
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041	7,120
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781	6,594
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587	6,211
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437	5,921
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318	5,694
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221	5,513
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140	5,363
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073	5,239
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015	5,134
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965	5,044



# VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Paso 4. Se resuelve la fórmula para la *prueba t*

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s\bar{x}}$$

$$s\bar{x} = s/\sqrt{n}$$

$$s\bar{x} = 0,1043/\sqrt{5}$$

$$s\bar{x} = 0,0466$$

Ahora, se puede obtener el valor de  $t$ :

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s\bar{x}}$$

$$t = \frac{299,93 - 300}{0,0466}$$

$$t = -1,5864$$



# VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

## Paso 5. Se decide si se acepta o se rechaza $H_0$

La regla de decisión es simple. Si el valor de  $t > t_{vc}$ , entonces se rechaza  $H_0$ . Por el contrario, si el valor  $t < t_{vc}$ , se mantiene  $H_0$ .

$$t = -1,5864; t_{vc} = -2,776$$

$$t < t_{vc}, \text{ por lo tanto, se acepta } H_0$$

## Paso 6. Se redacta una conclusión

Por medio de la prueba *t-student* de una muestra, no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el promedio de las longitudes obtenidos en la prueba de medición ( $\bar{x} = 299,93 \text{ mm}$ ) y la longitud de diseño ( $\bar{x} = 300 \text{ mm}$ ). En promedio, los cuadrados cortados por láser no miden menos que el diseñado.



# PRUEBAS Y RESULTADOS: **PARAMETROS DE PRODUCCIÓN**

## Tiempo de cambio de cabezal

USUARIO	CAMBIO DE CABEZAL [segundos]
1	37,72
2	40,15
3	35,05
4	36,52
5	42,89
6	51,54
7	45,98
8	32,80
9	46,75
10	37,23
<b>PROMEDIO</b>	<b>40,66</b>

	FORZA 4 [segundos]	ANET E10 [segundos]	TESIS [segundos]
TIEMPO PROMEDIO	<b>85,00</b>	<b>145,00</b>	<b>40,66</b>

En el caso de la máquina láser el cabezal está sujeto por dos pernos M3 con tuerca, la mayor cantidad de tiempo se invierte en colocar los pernos y ajustarlos. En el caso de la impresora 3D el cabezal tiene sujeto los extremos de la banda dentada del eje X, deben ser cortadas con una pinza y al momento de colocar nuevamente se emplea correas plásticas, en este proceso se consume la mayor cantidad de tiempo.



# PRUEBAS Y RESULTADOS: **PARAMETROS DE PRODUCCIÓN**

## Tiempo de cambio de cabezal

USUARIO	CAMBIO DE CABEZAL [segundos]	FORZA 4 [segundos]	ANET E10 [segundos]	TESIS [segundos]
1	37,72			
2	40,15			
3	35,05			
4	36,52			
5	42,89			
6	51,54			
7	45,98			
8	32,80			
9	46,75			
10	37,23			
<b>PROMEDIO</b>	<b>40,66</b>	<b>85,00</b>	<b>145,00</b>	<b>40,66</b>

Resultado, con base en el mayor tiempo de cambio 145 segundos se tiene una mejora porcentual del 71,95%

$t$  =reducción de tiempo

$$t = \text{mayor tiempo} - \text{menor tiempo}$$

$$t = 145 - 40,66 = 104,34 \text{ seg}$$

$x\%$  = reducción de tiempo en porcentaje

145 *seg*                      100%

40,66 *seg*                       $x\%$

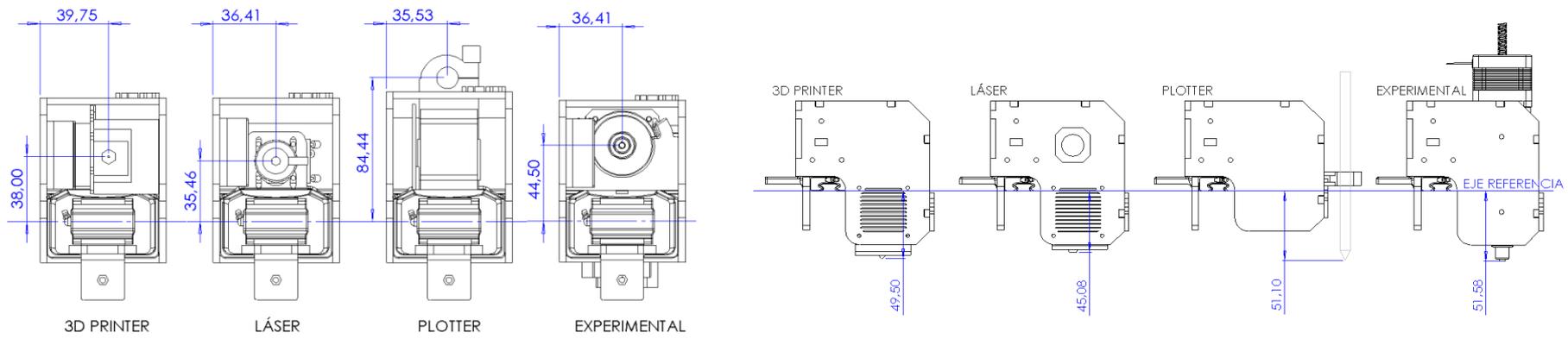
$$x\% = 40,66 * 100/145 = 28,04\%$$

$$\text{Mejora} = 100\% - 28,04\% = 71,95\%$$



# PRUEBAS Y RESULTADOS: **PARAMETROS DE PRODUCCIÓN**

## Volumen útil de trabajo

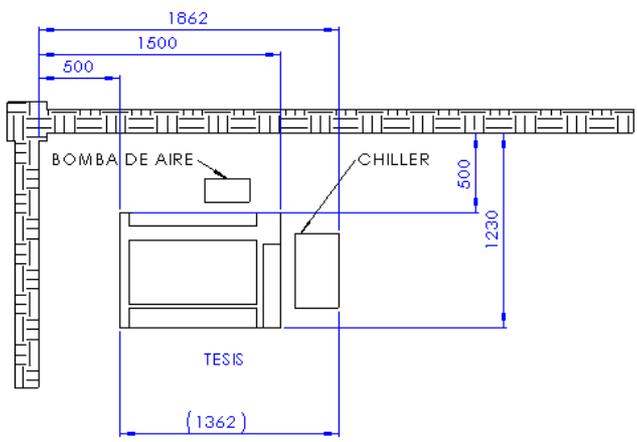
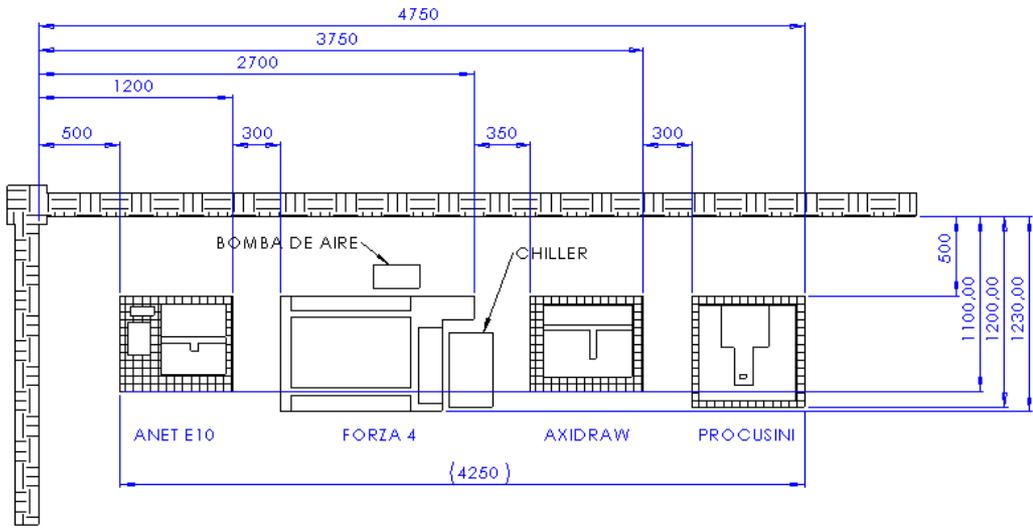


## Comparación volumen de trabajo



# PRUEBAS Y RESULTADOS: **PARAMETROS DE PRODUCCIÓN**

## *Análisis de espacio físico*



# PRUEBAS Y RESULTADOS: **PARAMETROS DE PRODUCCIÓN**

## Resumen comparación de consumo eléctrico

	Anet E10	Forza 4	AxiDraw	ProCusini	Chiller CW3000	Bomba de aire	Consumo total
Consumo [W]	100	700	45	102	108	135	1190
Tesis							
Consumo [W]	730				108	135	973
							<b>18%</b>

## Resumen comparación peso

	Anet E10	Forza 4	AxiDraw	ProCusini	Chiller CW3000	Bomba de aire	Peso total
Peso [kg]	9,6	110	2,2	9,0	12	5,8	148,6
Tesis							
Peso [kg]	120	-	-	-	12	5,8	137,8
							<b>7%</b>

## Resumen comparación precio

	Anet E10	Forza 4	AxiDraw	ProCusini	Chiller CW3000	Bomba de aire	Consumo total
Dólares americanos [\$\$]	650,00	5500,00	318,75	2812,50	340,00	65,00	9686,25
Tesis							
Dólares americanos [\$\$]	6500,00	-	-	-	340,00	65,00	6905,00
							<b>29%</b>



**ESPE**  
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

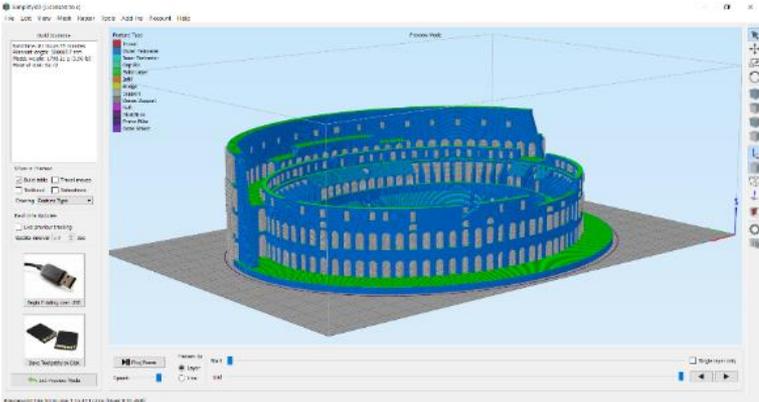
# PRUEBAS Y RESULTADOS: **PARAMETROS DE PRODUCCIÓN**

## Resumen validación de la hipótesis

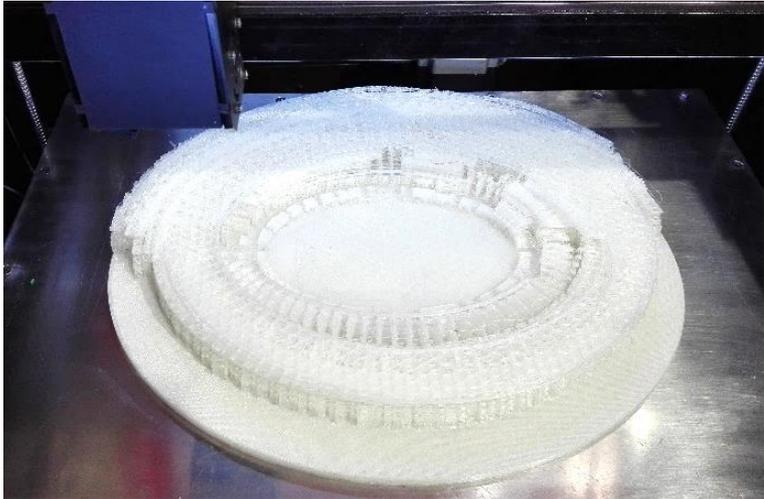
	Máquinas separadas	Mejora
Precisión		-0,44%
Repetibilidad		-0,4%
Tiempo de cambio de cabezales		71,95%
Detección de cabezal		92,5%
Volumen de trabajo	Anet E10	140%
	Forza 4	-1%
	AxiDraw	1392%
	ProCusini	813%
Área física ocupada		51%
Consumo eléctrico		18%
Peso		7%
Precio		29%



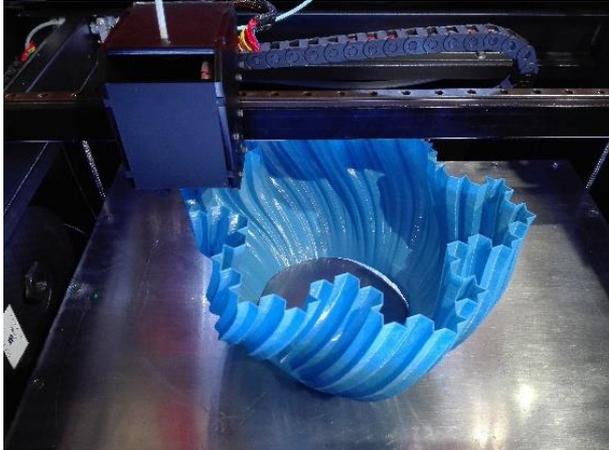
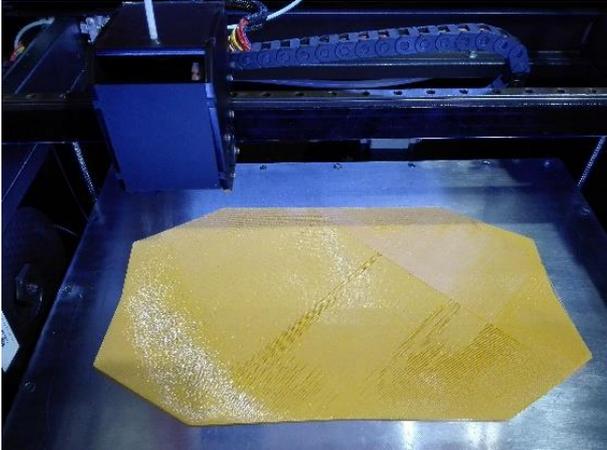
# PRUEBAS Y RESULTADOS: MECANIZADOS



*Rebanado coliseo romano*



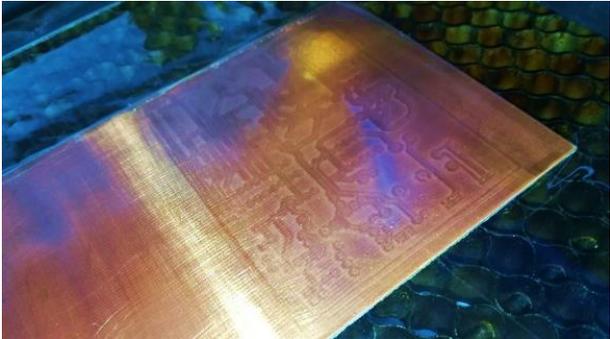
*Impresión coliseo romano*



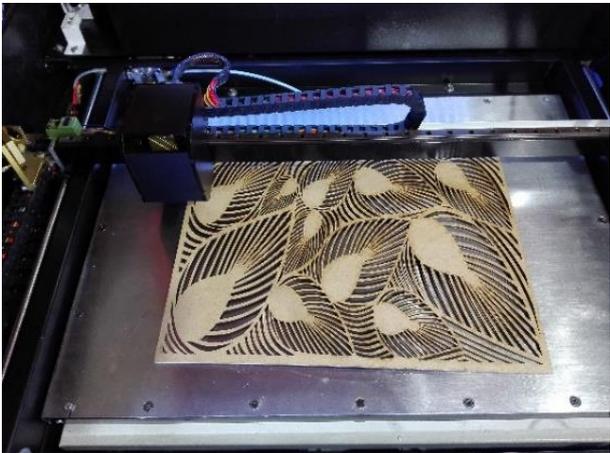
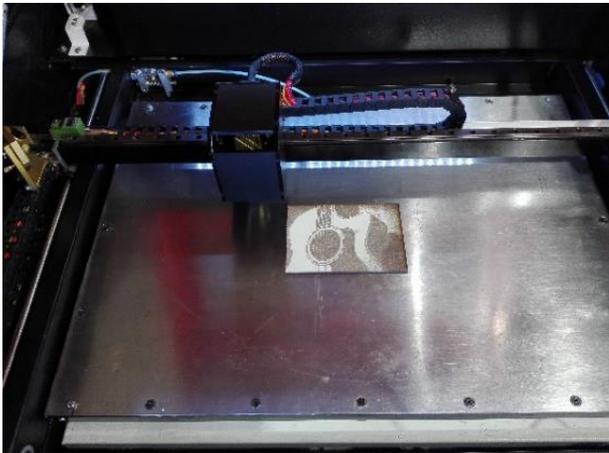
*Pruebas impresiones 3D*



# PRUEBAS Y RESULTADOS: MECANIZADOS



*Fabricación PCB técnica grabado láser*

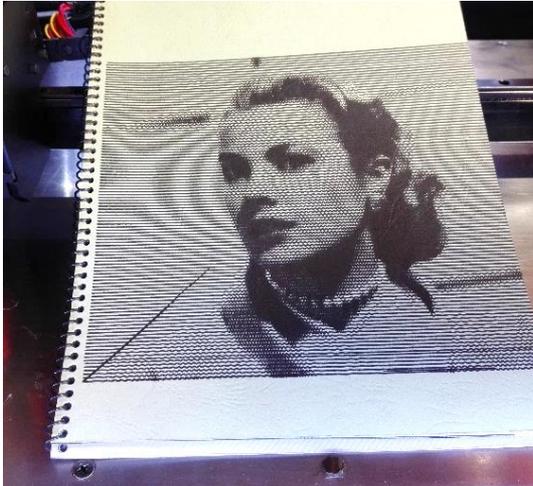


*Pruebas de corte y grabado láser*

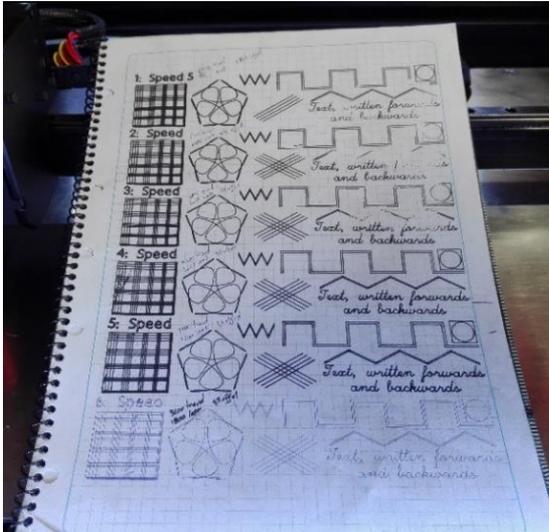
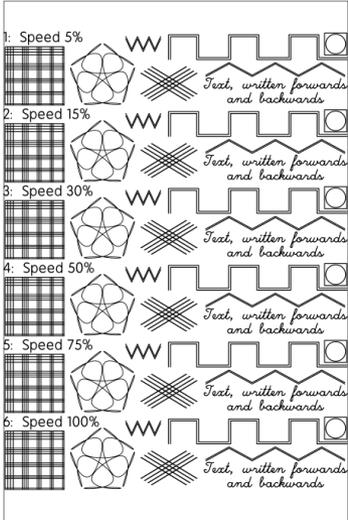


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# PRUEBAS Y RESULTADOS: MECANIZADOS



*Trazo técnica lineal ondulatorias*



*Trazos para pruebas de velocidades*



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# PRUEBAS Y RESULTADOS: MECANIZADOS



*Impresión en chocolate*



*Impresión chocolate*



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# PRUEBAS Y RESULTADOS: MECANIZADOS



*Impresión en chocolate*



*Impresión chocolate*



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# COSTOS

## MATERIALES

<i>Cantidad</i>	<i>Concepto / Descripción</i>	<i>Precio Unitario</i>	<i>Importe</i>
1	estructura	\$ 500,00	\$ 500,00
4	husillo de bolas	\$ 107,50	\$ 430,00
1	marco eje XY	\$ 400,00	\$ 400,00
1	nema 34	\$ 92,50	\$ 92,50
1	bandas dentadas	\$ 45,00	\$ 45,00
1	mesa panal de abeja	\$ 100,00	\$ 100,00
1	plancha acero inoxidable	\$ 100,00	\$ 100,00
3	finales de carrera inductivo	\$ 3,00	\$ 9,00
1	tarjeta gt2560 REVA+	\$ 52,50	\$ 52,50
1	driver 2dm556	\$ 166,75	\$ 166,75
4	driver a4988	\$ 4,60	\$ 18,40
1	lcd con lector de tarjeta sd	\$ 46,25	\$ 46,25
1	fuelle 12v 30 <sup>a</sup>	\$ 25,00	\$ 25,00
1	fuelle 36v 30 <sup>a</sup>	\$ 25,00	\$ 25,00
1	fuelle 50w 100v	\$ 260,00	\$ 260,00
1	cabezal láser	\$ 10,00	\$ 10,00
1	extrusor impresora 3d	\$ 28,00	\$ 28,00
1	electroimán plotter	\$ 40,00	\$ 40,00
1	extrusor tipo jeringuilla	\$ 60,00	\$ 60,00
300	horas de impresión 3d con material	\$ 2,50	\$ 750,00
100	horas corte láser con material	\$ 0,60	\$ 60,00
1	materiales eléctrico y mecánico	\$ 150,00	\$ 150,00
2	tiras led	\$ 5,00	\$ 10,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 3.378,40</b>

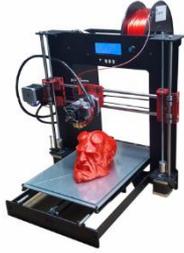


# COSTOS



5,500\$\$

+



1,300\$\$

+



400\$\$

+



2,500\$\$

9,700\$\$



6,500\$\$



# CONCLUSIONES

- Se lleva a la práctica los conceptos de una máquina CNC, se incorpora efectivamente las técnicas de manufactura manteniendo en común para los cuatro procesos la configuración cartesiana de la máquina base.
- Mediante un análisis de ingeniería concurrente y desarrollo de productos se analiza y determina la mejor opción para el diseño del intercambiador de actuadores, pensado en el usuario final para la simplificación del proceso que es un intercambiador con base universal que acepta cuatro cabezales que quedan funcionales mediante un acople rápido.



# CONCLUSIONES

- El cabezal de impresora 3D es tipo bowden que aligera el peso sobre el riel del eje X, el extrusor se instala en la parte posterior de la máquina y recibe el material tipo filamento mediante una manguera de teflón. El carrete con el filamento se encuentra instalado dentro de la estructura al costado izquierdo. El precio final del robot es de 1035 dólares, que en comparación con otros dispositivos de la misma índole está por debajo de manera considerable y asequible al público.



# CONCLUSIONES

- El cabezal láser incorpora un tubo de 50W por CO2 que es capaz de cortar materiales no metálicos hasta una profundidad de 6mm. El tubo está instalado en la parte posterior de la máquina y recibe las señales de una fuente ubicada a la parte derecha de la estructura. El transporte del rayo láser se realiza mediante refracción con espejos hasta la punta del cabezal.
- El cabezal plotter cuenta con un mecanismo de electro imán que desciende un promedio de 10mm al ser excitado con un voltaje de 5V para realizar su trabajo, en el frente del cabezal se encuentra un mecanismo de sujeción que acepta bolígrafos, lápices entre otros de un diámetro máximo de 15mm.



# CONCLUSIONES

- El cabezal extrusor de materiales de prueba incorpora una jeringa de 50ml, esta ingresa por la parte inferior y se enrosca para quedar funcional, en la parte superior del cabezal se ubica un motor que realiza el empuje para la extrusión. El cabezal cuenta con una resistencia y un termistor para el control de temperatura del proceso.
- No se descarta a futuro construir modelos mediante técnicas como corte en chapa metálica, inyección de plástico, mecanizado de aluminio entre otras en busca de mejores propiedades físico mecánicas que las utilizadas al momento.



# RECOMENDACIONES

- Se recomienda limpiar las puntas de los actuadores previo envío a home, esto garantiza la efectividad de la detección de altura al cerrar circuito entre el cabezal y la mesa.
- Se recomienda quitar la energía eléctrica previo el cambio de cabezal para evitar cortos en los pines al desacoplar el conector universal, esto se puede realizar mediante el paro de emergencia ubicado en la parte superior de la estructura.
- Se recomienda realizar un mantenimiento periódico a los elementos móviles, lubricar guías y rodamientos ayudan a un adecuado desempeño del movimiento.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

*¡Gracias!*



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA