



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE:**

INGENIERO EN MECATRÓNICA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



TEMA:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CELDA DE MANUFACTURA ROBOTIZADA, PARA LA RÉPLICA DE PIEZAS 3D, MEDIANTE FRESADO EN EL LABORATORIO DE ROBÓTICA INDUSTRIAL DE LA ESPE-EL”

AUTORES:

Acosta Apolo Nora

Caizalitin Q. Edwin



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVO GENERAL:

DISEÑAR E IMPLEMENTAR UNA CELDA DE MANUFACTURA ROBOTIZADA, PARA LA RÉPLICA DE PIEZAS 3D, MEDIANTE FRESADO EN EL LABORATORIO DE ROBÓTICA INDUSTRIAL DE LA ESPE-EL.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Diseñar la celda de manufactura en la cual se pueda mecanizar piezas en 3D mediante el cabezal fresador adaptado al robot industrial.
- Seleccionar los materiales, herramientas y dispositivos que se utilizarán para el fresado automático de piezas.
- Implementar todos los componentes dentro de la celda de manufactura robotizada, de manera que se logre la réplica y el mecanizado automático de piezas 3D en materiales blandos.
- Comprobar que el proceso de mecanizado automático de diferentes tipos de piezas en materiales blandos, a través de la réplica se realicen correctamente.





CAPÍTULO 1

FUNDAMENTO TEÓRICO



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



CELDA DE MANUFACTURA

Una celda de manufactura es un conjunto de componentes electromecánicos, que trabajan de manera coordinada para el logro de un producto.

Con la introducción de robots en el campo de la manufactura:



CELDA DE MANUFACTURA ROBOTIZADA



OBJETIVOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA CELDA DE MANUFACTURA ROBOTIZADA



PALETIZADO



SOLDADURA



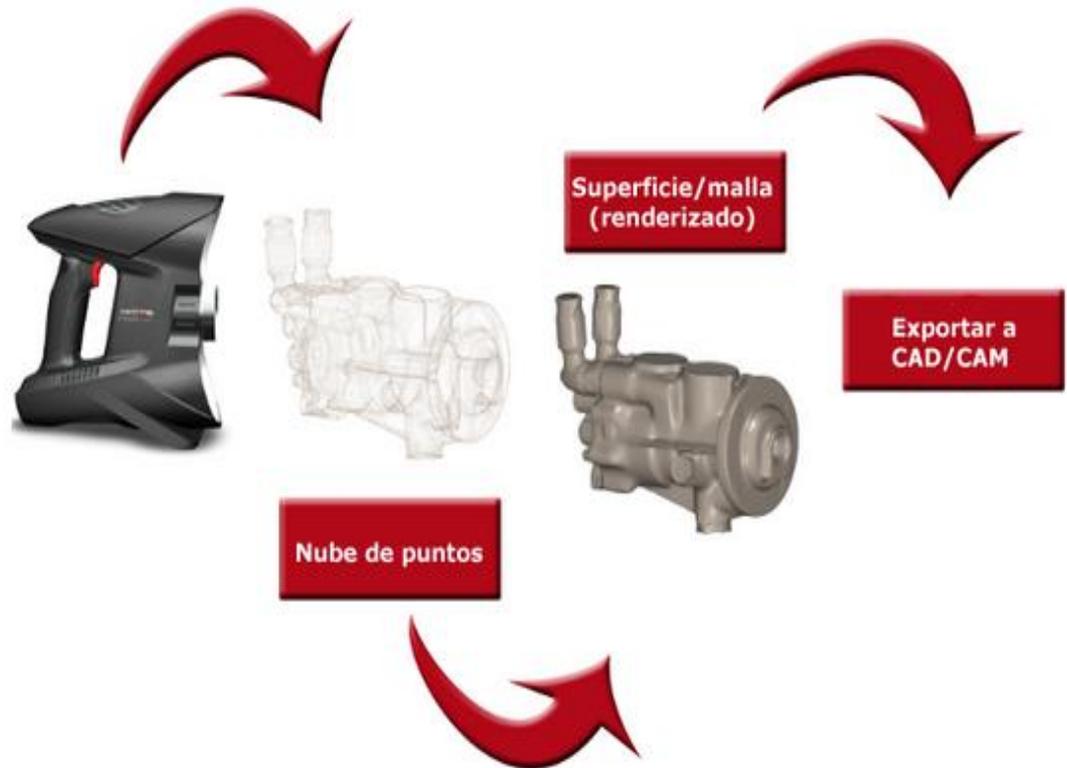
CELDA DE FRESADO CON BRAZO ROBÓTICO.

- Reducir los tiempos de preparación de equipos.
- Reducción del tiempo del proceso.
- Reducción de fuerza de trabajo.
- Consistencia en la calidad del producto y facilidad de adaptación en cambios de diseño.



TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA LA RÉPLICA DE PIEZAS 3D

- Ingeniería inversa
- Escáner 3D
 - Por contacto.
 - Sin contacto.
 - ✓ Método de luz estructurada.
 - ✓ Método de triangulación.
- Prototipado rápido
- Impresión 3D



Generación de una imagen tridimensional de un objeto.





SISTEMAS CAD/CAM

Diseño y la manufactura asistidos por ordenador (CAD/CAM).

Estudia el uso de sistemas informáticos como herramienta de soporte en todos los procesos involucrados en el diseño y la fabricación de cualquier tipo de producto.

Esta disciplina se ha convertido en un requisito indispensable para la industria actual que se enfrenta a la necesidad de mejorar la calidad, disminuir los costes y acortar los tiempos de diseño y producción.



PARÁMETROS DE CORTE DE FRESADO

Velocidad del Husillo (n)

$$n(\text{rpm}) = \frac{V_c \left(\frac{\text{m}}{\text{min}} \right) \cdot 1000 \left(\frac{\text{mm}}{\text{m}} \right)}{\pi \cdot d(\text{mm})}$$

Velocidad de corte (V_c)

$$V_c \left(\frac{\text{m}}{\text{min}} \right) = \frac{n(\text{rpm}) \cdot \pi \cdot d(\text{mm})}{1000 \left(\frac{\text{mm}}{\text{m}} \right)}$$

Avance por revolución (f)

$$f \left(\frac{\text{mm}}{\text{rev}} \right) = \frac{V_f \left(\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right)}{n \left(\frac{\text{rev}}{\text{min}} \right)}$$

Avance por diente (f_z)

$$f_z \left(\frac{\text{mm}}{\text{diente}} \right) = \frac{V_f \left(\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right)}{n \left(\frac{\text{rev}}{\text{min}} \right) \cdot z}$$

La potencia de corte (P_c)

$$P_c = F_c \cdot V_c$$

Presión específica de corte (K_s)

$$K_s = \frac{F_c}{A_c}$$

Potencia de mecanizado (n)

$$\eta = \frac{P_c}{P_m}$$





CAPÍTULO 2

DISEÑO DE LA CELDA DE MANUFACTURA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

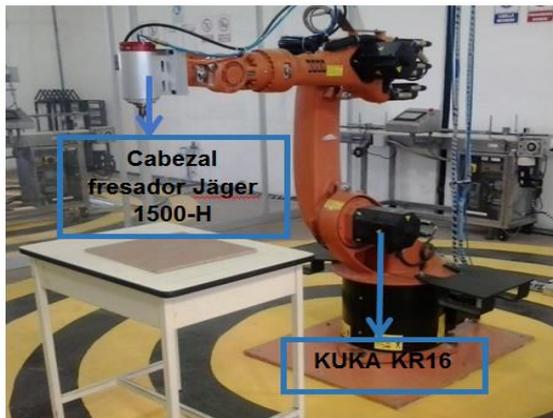
Los **criterios** tomados para el diseño de este proyecto son:

Definir los elementos que formarán parte de la celda de manufactura, los que dispone el laboratorio y los que se deben diseñar y construir.

Diferenciar elementos activos y pasivos de la celda.

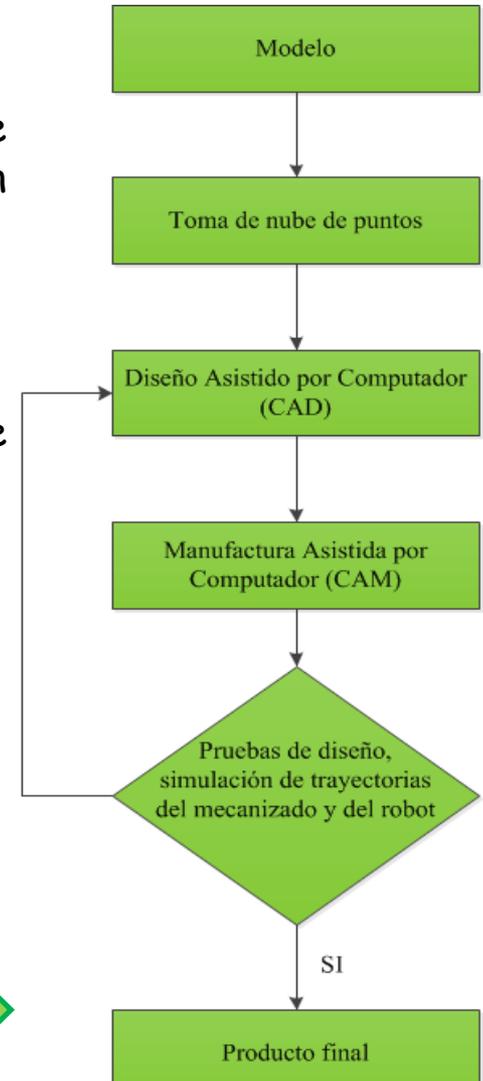
Plantear el proceso para la obtención de réplicas 3D a realizarse en la celda de manufactura.

Establecer normas de seguridad dentro de la celda.



Elementos de la celda existente en el laboratorio de robótica de la ESPE-L.

Diagrama del proceso para la obtención de réplicas 3D.

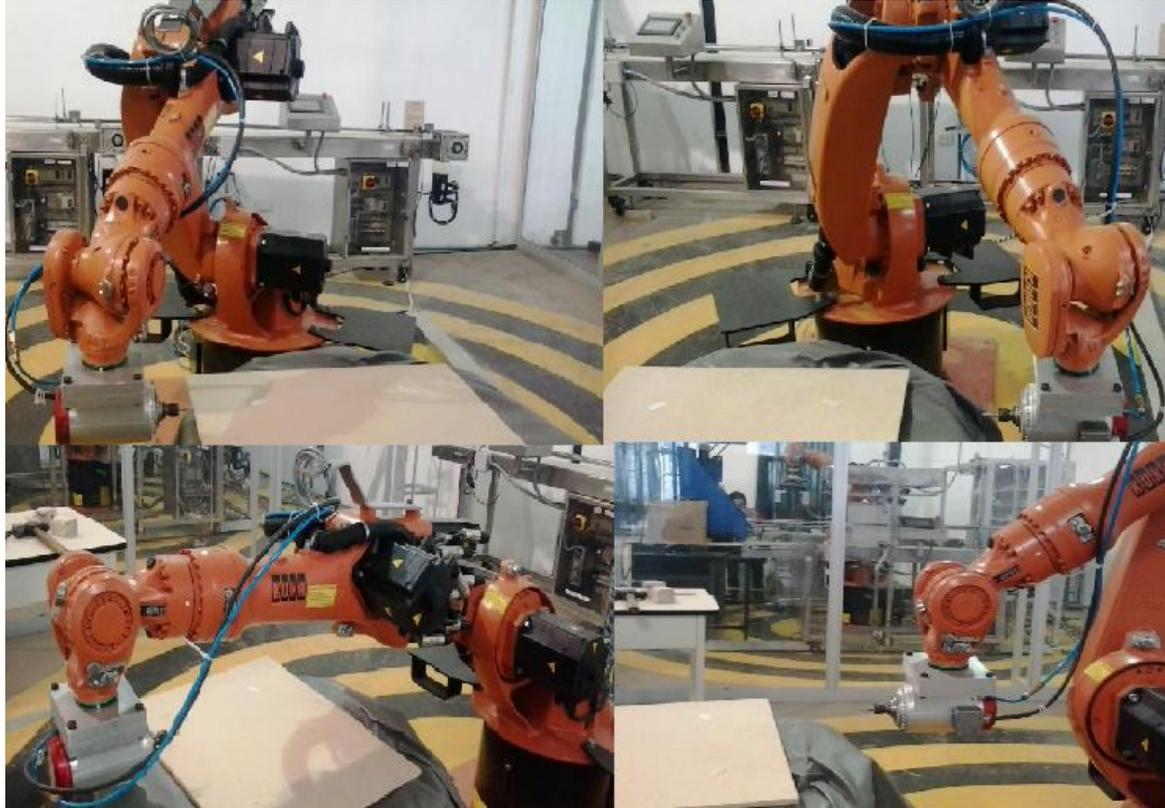


PARÁMETROS DE DISEÑO

- Dimensión del área de trabajo.
- Definir el tipo de material para el fresado.
- Diseñar una mesa de trabajo para la sujeción de materiales.
- Diseño del layout de la celda.



Dimensión del área de trabajo.



Eje X: 740 mm
Eje Y: 740 mm
Eje Z: 500 mm

PARÁMETROS DE CORTE

Tipo de material para el fresado.

$$m_{cabezal} = 6 \text{ kg}$$

$$\rho_{aluminio} = 2698.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Donde:

$m_{cabezal}$ = masa del cabezal fresador.

$\rho_{aluminio}$ = densidad del aluminio.

V = Volumen.

Dimensiones placa de aluminio = 140mm × 170mm × 19.5mm

$$V_{placa \text{ aluminio}} = l^3$$

$$V_{placa \text{ aluminio}} = (140\text{mm})(170\text{mm})(19.5\text{mm})$$

$$V_{placa \text{ aluminio}} = 464100 \text{ mm}^3$$

$$V_{base \text{ de aluminio}} = 2 \times V_{placa \text{ aluminio}}$$

$$V_{base \text{ de aluminio}} = 928200 \text{ mm}^3 = 9.282 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$





$$\rho_{\text{aluminio}} = \frac{m_{\text{base de aluminio}}}{V_{\text{base de aluminio}}}$$

$$m_{\text{base de aluminio}} = \rho_{\text{aluminio}} \times V_{\text{base de aluminio}}$$

$$m_{\text{base de aluminio}} = (2698.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})(9.282 \times 10^{-4} \text{ m}^3)$$

$$m_{\text{base de aluminio}} = 2.50 \text{ kg}$$

$$m_{\text{total}} = m_{\text{base de aluminio}} + m_{\text{cabezal}}$$

$$m_{\text{total}} = 2.50 \text{ kg} + 6 \text{ kg}$$

$$m_{\text{total}} = 8.50 \text{ kg}$$

$$m_{\text{disponible}} = 16 \text{ kg} - m_{\text{total}}$$

$$m_{\text{disponible}} = 16 \text{ kg} - 8.50 \text{ kg} = 7.50 \text{ kg}$$

$$F = m_{\text{disponible}} \times g$$

$$F = (7.5 \text{ Kg})(9.81) \text{ m/s}^2$$

$$F = 73.58 \text{ [N]}$$



Para el cálculo se asume que la fuerza (F) calculada anteriormente es la misma que la fuerza de corte (F_c) .

De esta manera:

$$K_S = \frac{F_c}{A_c}$$

$$A_c = \frac{F_c}{K_S}$$

$$K_S = 450 \frac{N}{mm^2}$$

$$A_c = \frac{73.58 N}{450 \frac{N}{mm^2}}$$

Presión específica de corte del aluminio.

			Fresado	
			k_{c1}	z
Aplicación por grupo de material			N/mm^2	Factor de corrección
7. Aluminio Magnesio	7.1	Al, Mg no aleado	250	0,22
	7.2	Al aleado con Si<0,5%	450	0,18
	7.3	Al aleado con Si<0,5% < 10%	450	0,18
	7.4	Al aleado, Si<10% Reforzado por filamentos Al-aleados, Mg-aleados	500	0,15
8. Materiales Sintéticos	8.1	Termoplásticos	1400	0,15
	8.2	Plásticos endurecidos por calor	1400	0,20
	8.3	Materiales plásticos reforzados	1600	0,30





Velocidad de corte y Avance del aluminio.

Material	Φ de la pieza < 12 mm		Φ de la pieza 12 - 40 mm		Φ de la pieza de 40 - 250 mm	
	Velocidad de corte (m/min)	Avance (s) (mm/rev)	Velocidad de corte (m/min)	Avance (s) (mm/rev)	Velocidad de corte (m/min)	Avance (s) (mm/rev)
Aluminio	70	0,06-0,13	70	0,08-0,18	100	0,10-0,25
	80	0,08-0,18				
	120	0,10-0,25				

$$a = \frac{Ac}{s}$$

$$a = \frac{0.1635 \text{ mm}^2}{0.25 \text{ mm}} = 0.654 \text{ mm}$$

$$a = 0.654 \text{ mm}$$

$$Pc = Fc \cdot Vc$$

$$Vc = 120 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Pc = (73.58 \frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}) (2 \frac{\text{m}}{\text{s}})$$

$$Pc = 147.16 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{Pc}{Pm}$$

$$Pm = \frac{Pc}{\eta}$$

$$Pm = \frac{147.16 \text{ W}}{0.85}$$

$$Pm = 173.13 \text{ W}$$



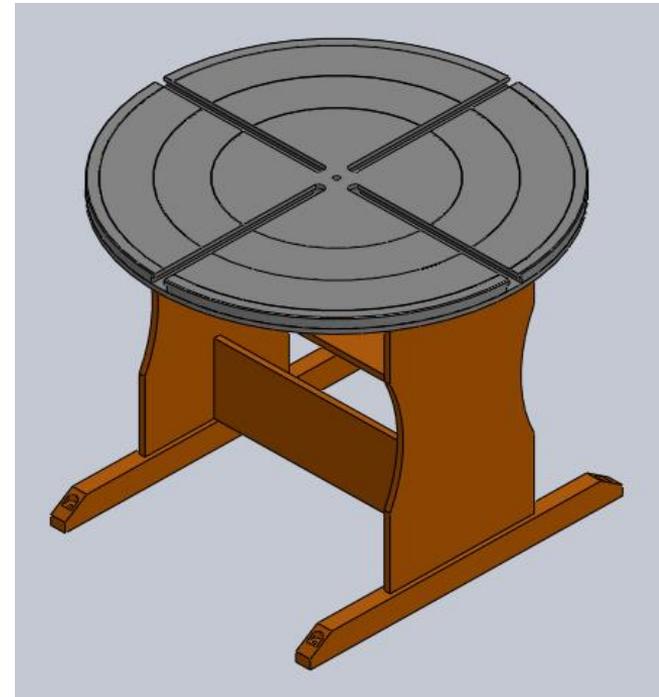
Diseño de la mesa de trabajo para la sujeción de materiales.



Mesas de trabajo de celdas de mecanizado con robot.



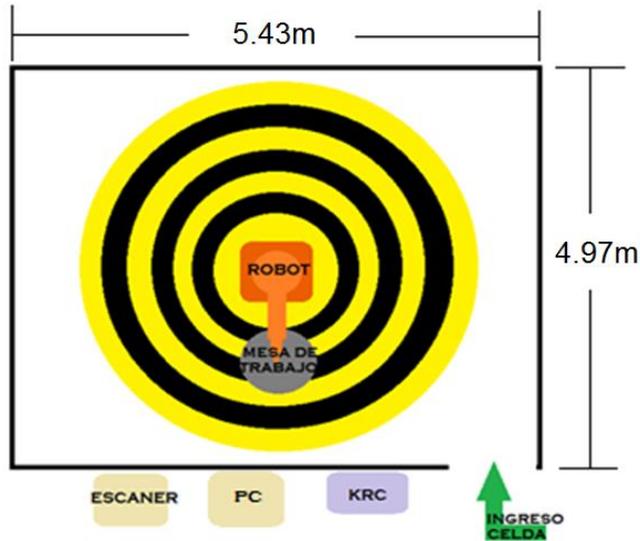
Bridas de sujeción de materiales.



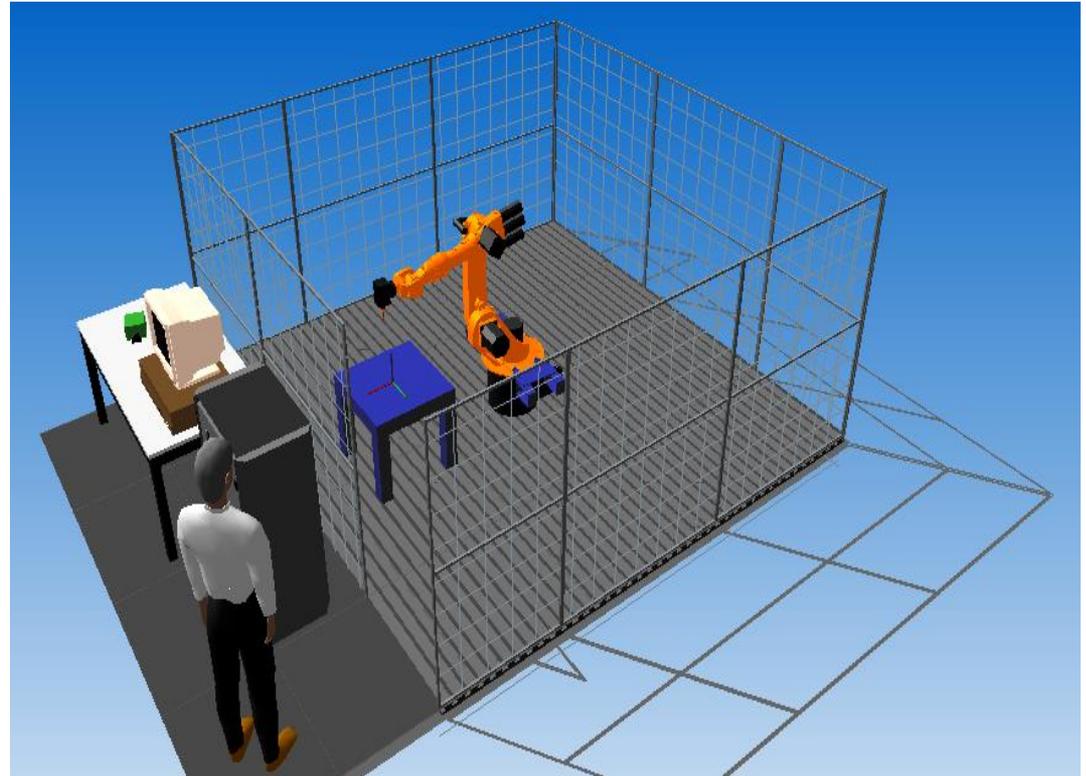
Mesa de trabajo para la celda de manufactura



Diseño del layout de la celda.



Área y plano celda de manufactura



Layout celda de manufactura robotizada en el software KUKA SIM PRO.



NORMAS DE SEGURIDAD PARA EL USO Y MANEJO DE LA CELDA DE MANUFACTURA.

- Los operarios y demás personal que ingrese y/o haga uso de la celda, deben leer, entender y cumplir todos los avisos e instrucciones dadas.
- No manipule los equipos sin la autorización del instructor y sin la ayuda del manual de instrucciones.
- No acercarse, apoyarse sobre el robot y mantenerse alejado de la zona de trabajo mientras esté en funcionamiento.
- Usar mandil, ropa de trabajo que no sea suelta, evitar llevar accesorios para el cuerpo, recogerse el cabello.
- Usar mascarilla, gafas y orejeras.
- No deje objetos dentro del área de operación del robot.
- Sujetar de manera correcta las herramientas y los materiales que intervienen en el proceso.
- Al observar algún tipo de anomalía durante el trabajo del robot, detener el proceso usando el paro de emergencia, e informar inmediatamente a la persona encargada del laboratorio.
- No usar explosivos en cualquier área del laboratorio.
- Mantener limpia la zona de trabajo, evitando todo tipo de obstrucciones como residuos o agua sobre el suelo que pueden causar caídas y provocar lesiones graves.





CAPÍTULO 3

SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA LA CELDA DE MANUFACTURA ROBOTIZADA



MATERIALES PARA EL MECANIZADO

En la celda de manufactura de este proyecto se realizará el mecanizado sobre materiales blandos, entre los más comunes y que se encuentran con facilidad en nuestro medio se tiene: madera, poliuretano expandido (espuma flex), nylon, plásticos: duralón, grilon y aluminio.

Se reproducirá réplicas de todo tamaño, manteniendo o escalando las dimensiones del modelo original.



Pieza mecanizada en grilon.



HERRAMIENTAS PARA EL FRESADO

Fresas de vástago EndMill, BallMill y fresas de grabado. Se usan fresas de aceros rápidos HSS (High Speed Steel) que tienen buena resistencia al desgaste e indicadas para realizar desbastes y acabados.

Conos porta-herramientas ER-16 que se adaptan fácilmente al husillo del cabezal Jäger.



Fresas de vástago y conos porta-herramientas ER 16.



SISTEMA DE SUJECIÓN PARA MATERIALES

Para conseguir una correcta fijación de las piezas sobre la mesa de trabajo se usa un sistema de sujeción compuesto por: tuercas en T, pernos, bridas escalonadas junto a las calzas escalonadas que son muy útiles para acoplarse a diferentes alturas del material.



Sistema de sujeción de piezas.



ESCÁNER 3D

Para la digitalización 3D se usa el Escáner 3D Noomeo de la serie de escáneres Optinum. Los datos capturados por el escáner son de fácil exportación al software CAD donde serán procesados.

- alta precisión
- portátil
- precisión de hasta +/- 100 micras
- Cada disparo captura hasta 500000 puntos de información.



Escáner 3D Noomeo, Optinum.



KUKA KR16



Datos del robot KUKA KR16.

CARGAS	
Carga útil nominal	16 Kg
Carga adicional brazo	10 Kg
ZONA DE TRABAJO	
Máx. alcance	1610 mm
OTROS DATOS	
Número de ejes	6
Repetibilidad	< + - 0.05 mm
Peso	235 Kg
Posición de montaje	Suelo, techo
Unidad de control	KR C 2

Especificaciones técnicas del cabezal fresador Jäger.

Steel ball bearing (pieces)	2
Lifetime lubricated	maintenance free
Rated power S1-100%	1.5 KW
Rated power S6-60%	1.9 KW
Rated power Pmax. / 5s	4.1 KW
Voltage	200 V
Current S1-100%	6 A
Current S6-60%	7 A
Frequency	500 Hz
Motor poles (pairs)	1
Rated rotation speed	30000 min ⁻¹
Motor protection	PTC
Motor	AC Motor
Housing diameter	100 mm
T-slots	DIN 650-8
Cooling system	air cooled
Sealing air	yes
Tool change	manual
Clamping range up to	10 mm
Collet type	ER16
Clockwise rotation	yes
Cable	cable length 3 m
Weight	6 kg
Inner taper run out	< 2 μ
Spindle holder integrated	yes

CABEZAL FRESADOR Y VARIADOR DE FRECUENCIA JÄGER

Cabezal fresador Jäger.



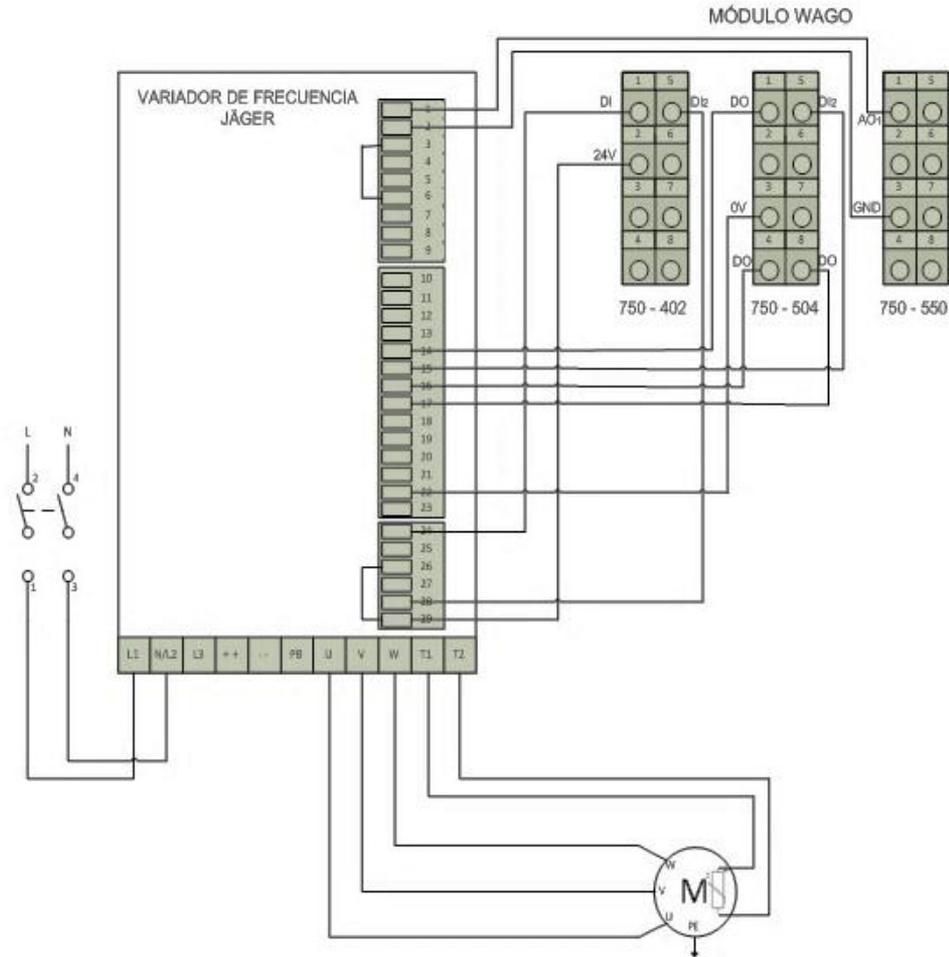
Variador de frecuencia y velocidad.



El cabezal fresador junto con el variador de frecuencia se encuentran conectados y comandados a su vez por el módulo Wago, que posee entradas y salidas, analógicas y digitales.

Las señales para el funcionamiento del cabezal fresador son enviadas por el robot a través de los módulos Wago. Para variar las revoluciones, se envía una señal analógica al variador de frecuencia, se utiliza el módulo Wago 750 - 550, de esta manera dependiendo del valor de voltaje se proporciona las revoluciones necesarias para el mecanizado, la relación es de 0 - 0 rpm y 5 - 15000 rpm.

Para el accionamiento, reseteo, puesta en marcha se utilizan señales digitales, las cuales son enviadas a través del módulo Wago 750 - 504 y para el monitoreo del cabezal fresador el variador envía señales digitales, las cuales son adquiridas por el módulo Wago 750 - 402.



Conexión eléctrica entre el variador de frecuencia y el cabezal fresador.

MESA DE TRABAJO



Mesa de trabajo para la celda de manufactura con robot.

Características de la mesa de trabajo.

DESCRIPCIÓN	
Posición de montaje:	Piso
Peso:	95 Kg
Altura:	620mm
Diámetro del disco:	740mm
4 ranuras en T:	20 x 32
Posición entre ranuras:	90°

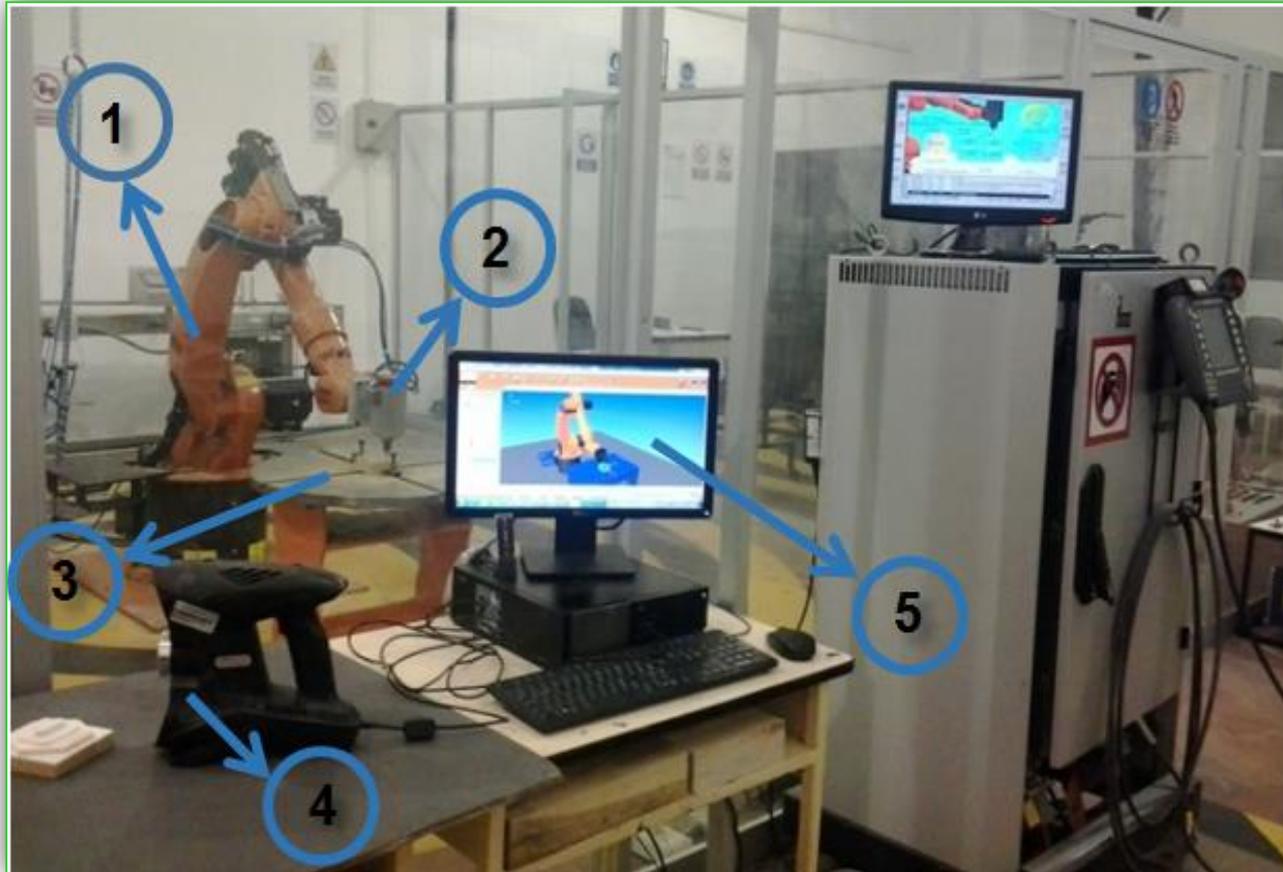


CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS DE LA CELDA DE MANUFACTURA ROBOTIZADA



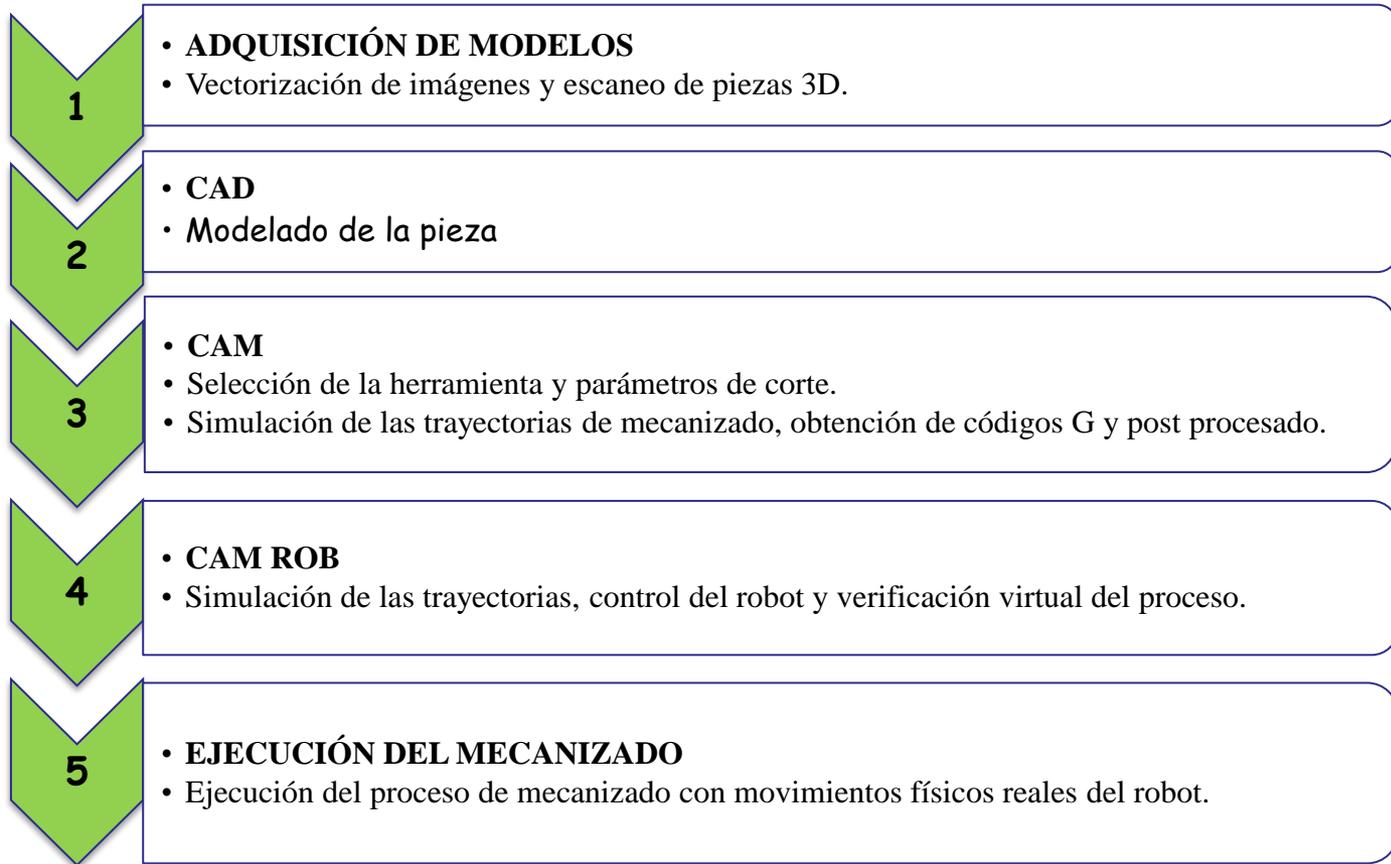
IMPLEMENTACIÓN DE LA CELDA DE MANUFACTURA ROBOTIZADA



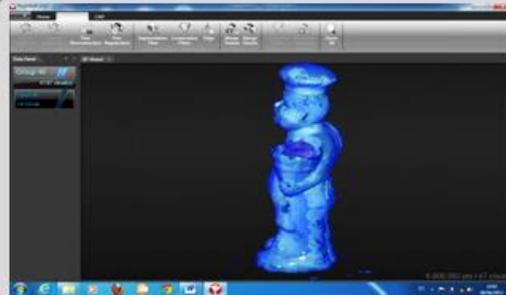
N°	Componente
1	brazo robótico industrial KUKA KR16
2	cabezal fresador Jäger
3	mesa de trabajo
4	escáner 3D
5	PC



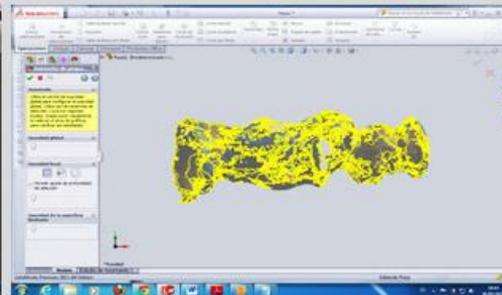
FASES PRINCIPALES DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE RÉPLICAS



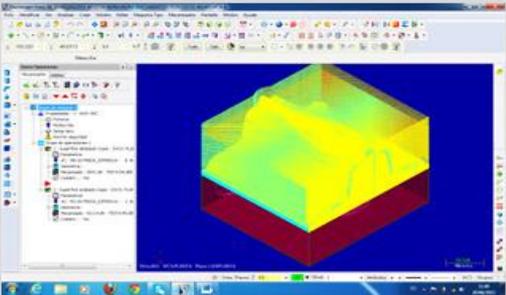
PROGRAMAS USADOS PARA EL PROCESO DE MECANIZADO



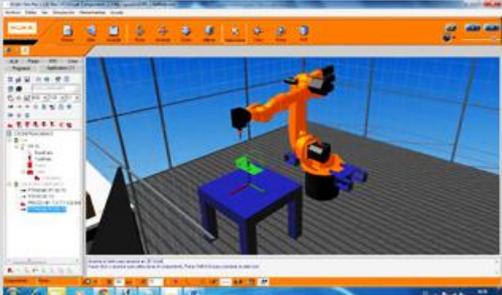
NUMISOFT



SOLIDWORKS



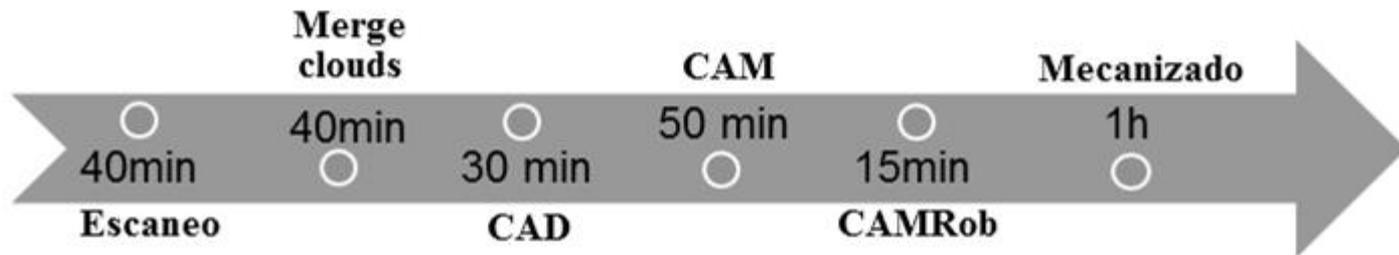
MASTERCAM



KUKA SIM PRO

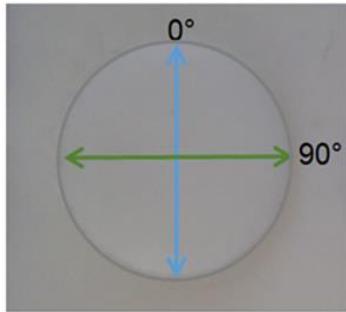


TIEMPO DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE RÉPLICAS



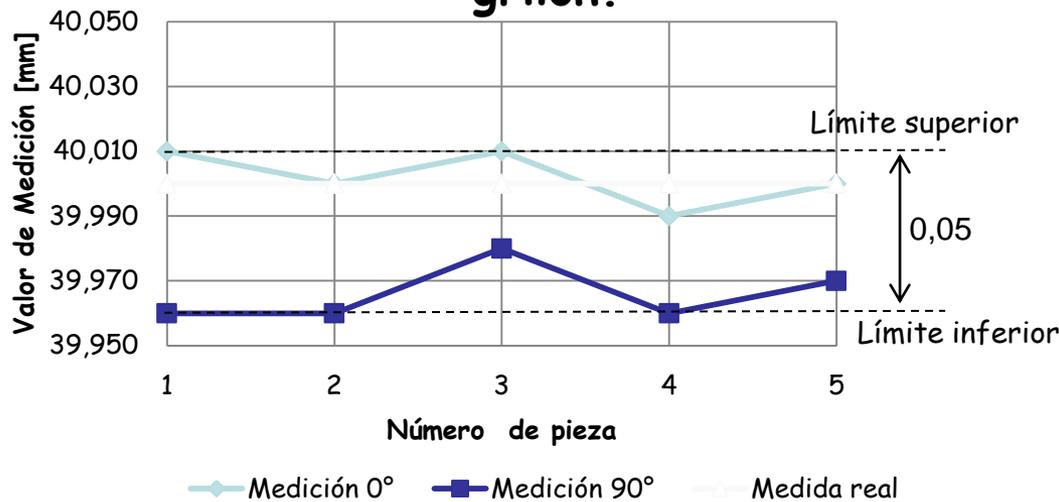
PRUEBAS Y RESULTADOS

Mediciones del diámetro de las circunferencias.



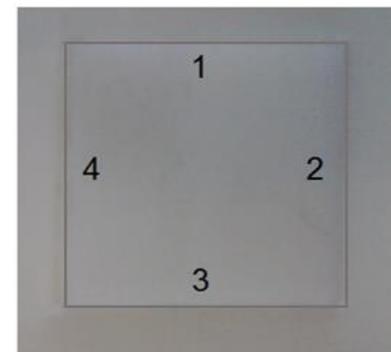
NÚMERO DE MEDICIÓN	MEDIDA REAL	PIEZA 1	PIEZA 2	PIEZA 3	PIEZA 4	PIEZA 5
1 Circunferencia (ϕ 0°)	40,000	40,010	40,000	40,010	39,990	40,000
2 (ϕ 90°)	40,000	39,960	39,960	39,980	39,960	39,970
PROMEDIO	40,000	39,985	39,980	39,995	39,975	39,985

Circunferencias mecanizadas en grilon.

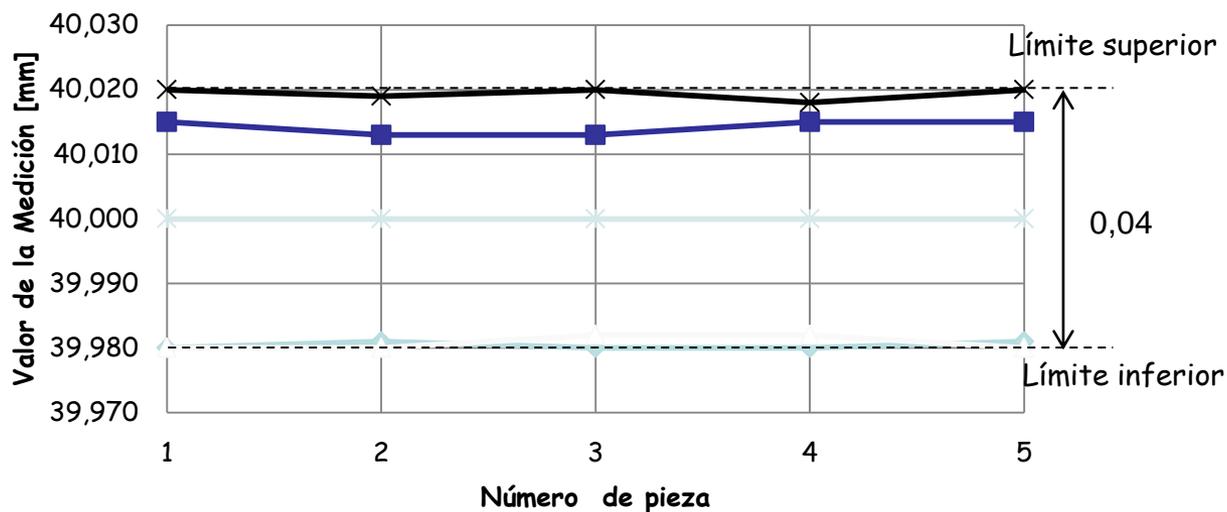


Mediciones de los lados de los cuadrados mecanizados.

NÚMERO DE MEDICIÓN	MEDIDA REAL	PIEZA 1	PIEZA 2	PIEZA 3	PIEZA 4	PIEZA 5
1 (Lado 1)	40,000	39,980	39,981	39,980	39,980	39,981
2 (Lado 2)	40,000	40,015	40,013	40,013	40,015	40,015
3 (Lado 3)	40,000	39,980	39,980	39,982	39,982	39,980
4 (Lado 4)	40,000	40,020	40,019	40,020	40,018	40,020
PROMEDIO	40,000	39,999	39,998	39,999	39,999	39,999



Medición cuadrados mecanizados en grilon.



—○— Lado 1 —■— Lado 2 —▲— Lado 3 —×— Lado 4 —*— Medida real



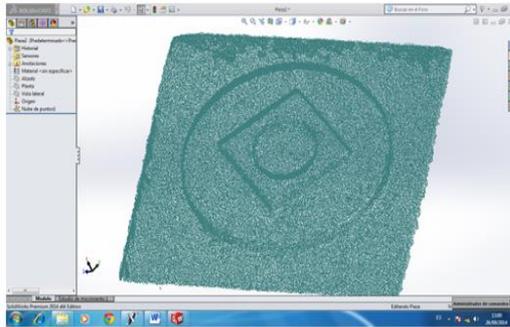
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ESCANEADO

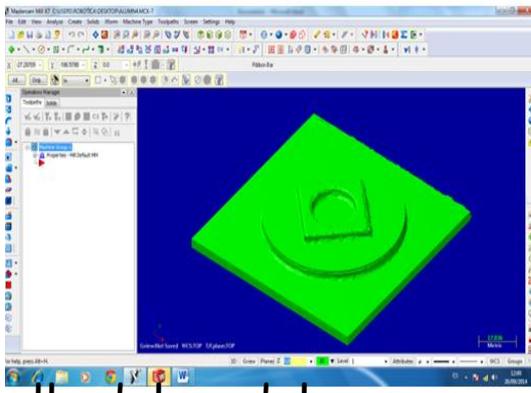
Medición del modelo escaneado.



Modelo escaneado.



Nube de puntos.

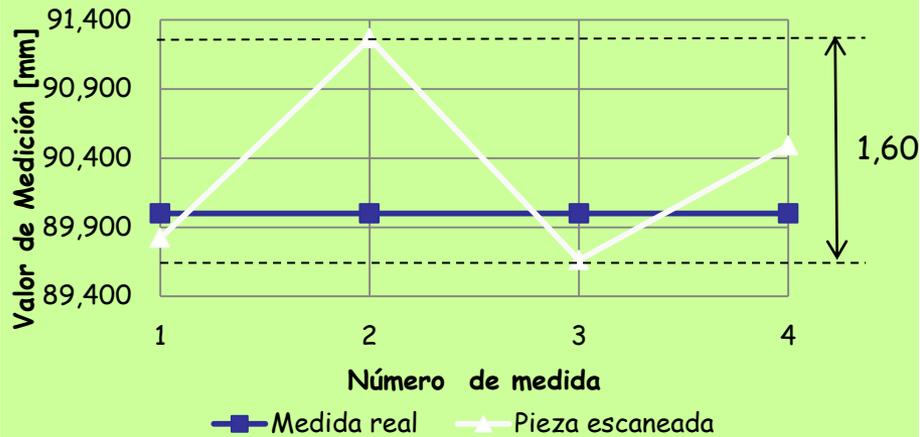


Malla del modelo escaneado.

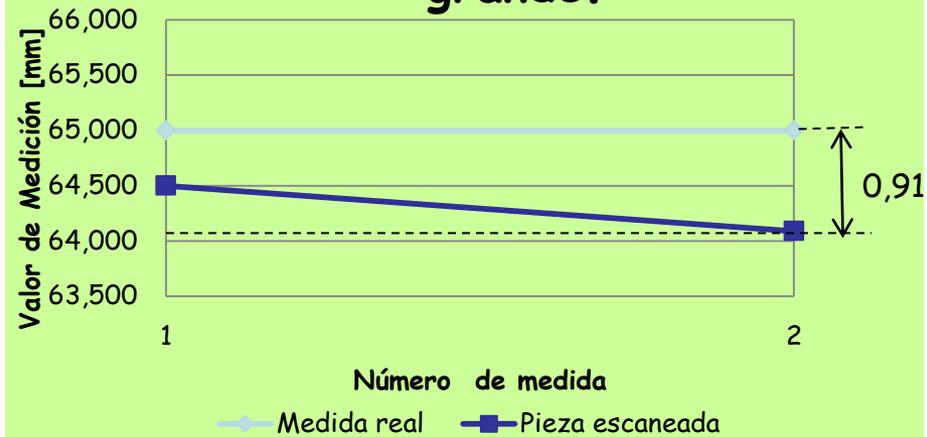
NÚMERO DE MEDICIÓN	MODEL O	PIEZA ESCANEADA	ERROR PE - M	
Cuadrado				
1	(lado 1)	90,000	89,822	0,178
2	(lado 2)	90,000	91,266	1,266
3	(lado 3)	90,000	89,662	0,338
4	(lado 4)	90,000	90,490	0,490
PROMEDIO		90,000	90,310	0,310
Circunferencia grande				
1	(ϕ 0°)	65,000	64,500	0,500
2	(ϕ 90°)	65,000	64,090	0,910
PROMEDIO		65,000	64,295	0,705
Circunferencia pequeña				
1	(ϕ 0°)	20,000	19,833	0,167
2	(ϕ 90°)	20,000	20,010	0,010
PROMEDIO		20,000	19,922	0,078
Rombo				
1	(lado 1)	30,000	29,980	0,020
2	(lado 2)	30,000	29,546	0,454
3	(lado 3)	30,000	29,705	0,295
4	(lado 4)	30,000	29,820	0,180
PROMEDIO		30,000	29,763	0,237



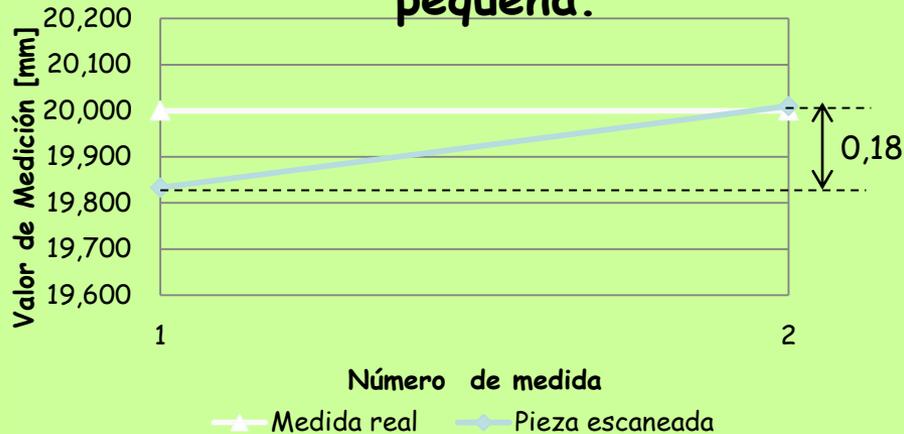
Lados del cuadrado.



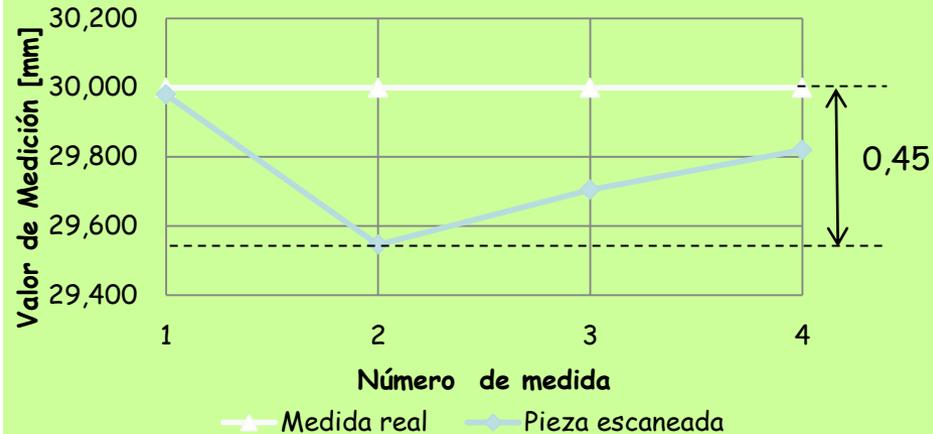
Diámetro de la circunferencia grande.



Diámetro de la circunferencia pequeña.



Lados del rombo.



Error relativo porcentual de la pieza escaneada.

Se determina el error relativo de la medición, expresado como:

$$E_r = \frac{\Delta x}{x}$$
$$\text{Error relativo} = \frac{\text{Error absoluto}}{\text{valor verdadero}}$$

Para el error relativo porcentual, se multiplicará por 100:

$$E_{\%} = 100 * \frac{\Delta x}{x}$$
$$E_{\%} = 100 * \frac{|\text{valor medido} - \text{valor verdadero}|}{\text{valor verdadero}}$$

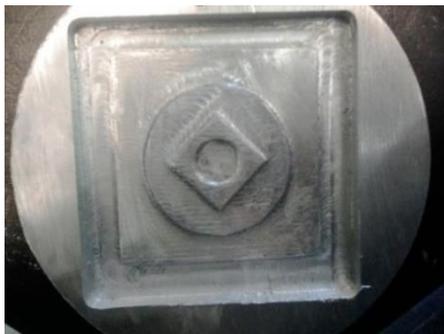
Calculado el error porcentual de las mediciones para cada figura del modelo se obtiene: 0,34% (cuadrado), 1,08% (circunferencia grande), 0,39% (circunferencia pequeña) y 0,8% (rombo); obteniendo un mejor resultado en piezas pequeñas que en piezas grandes.

Entonces, se concluye que: en el escaneo se tiene una variación de $\pm 0.705\text{mm}$ en relación a las medidas de la pieza original, con un error del 1,08%.



ESCANEADO Y MECANIZADO

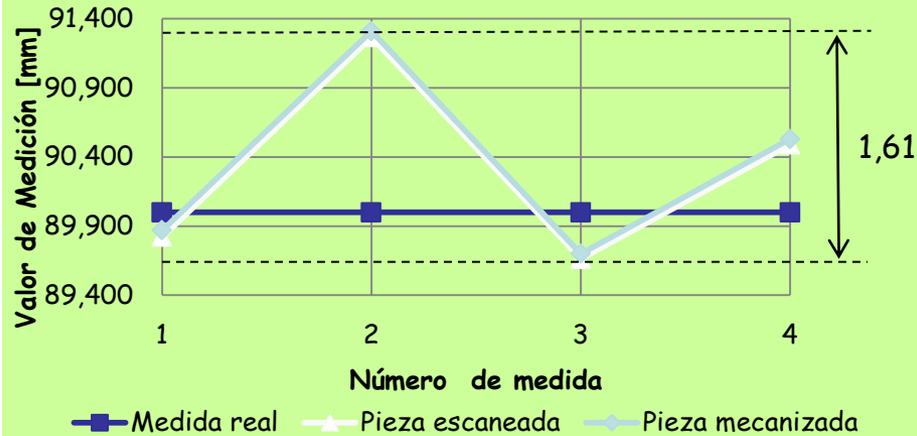
Medición de la réplica mecanizada en aluminio.



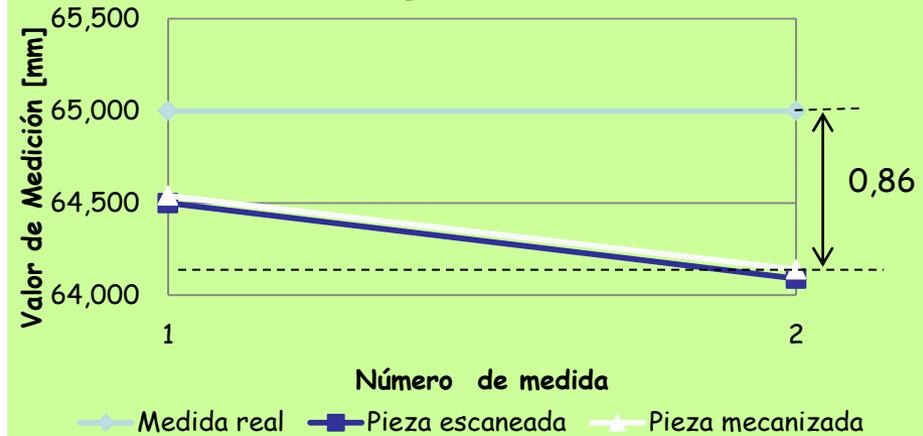
NÚMERO DE MEDICIÓN	MODELO	PIEZA ESCANEADA	PIEZA MECANIZADA	ERROR PE - M	ERROR PM - PE	ERROR PM - M
Cuadrado						
1 (lado 1)	90,000	89,822	89,870	0,178	0,048	0,130
2 (lado 2)	90,000	91,266	91,310	1,266	0,044	1,310
3 (lado 3)	90,000	89,662	89,700	0,338	0,038	0,300
4 (lado 4)	90,000	90,490	90,530	0,490	0,040	0,530
PROMEDIO	90,000	90,310	90,353	0,310	0,042	0,352
Circunferencia grande						
1 (ϕ 0°)	65,000	64,500	64,540	0,500	0,040	0,460
2 (ϕ 90°)	65,000	64,090	64,140	0,910	0,050	0,860
PROMEDIO	65,000	64,295	64,340	0,705	0,045	0,660
Circunferencia pequeña						
1 (ϕ 0°)	20,000	19,833	19,830	0,167	0,003	0,170
2 (ϕ 90°)	20,000	20,010	20,140	0,010	0,130	0,140
PROMEDIO	20,000	19,922	19,985	0,078	0,063	0,015
Rombo						
1 (lado 1)	30,000	29,980	29,932	0,020	0,048	0,068
2 (lado 2)	30,000	29,546	29,600	0,454	0,054	0,400
3 (lado 3)	30,000	29,705	29,740	0,295	0,035	0,260
4 (lado 4)	30,000	29,820	29,868	0,180	0,048	0,132
PROMEDIO	30,000	29,763	29,785	0,237	0,022	0,215



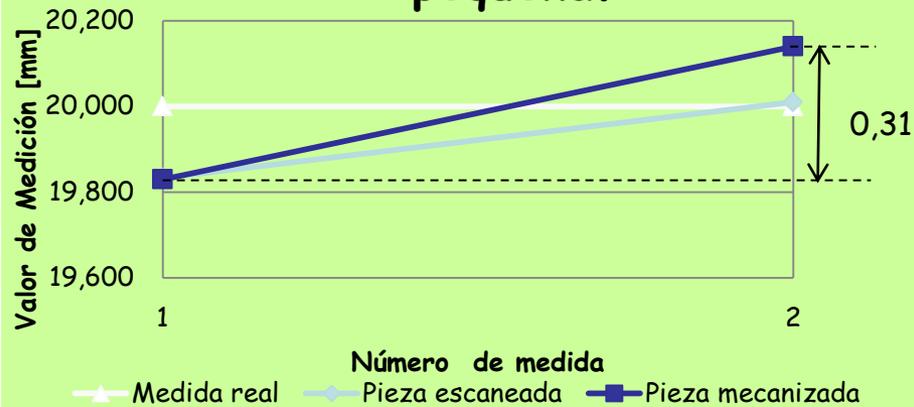
Lados del cuadrado.



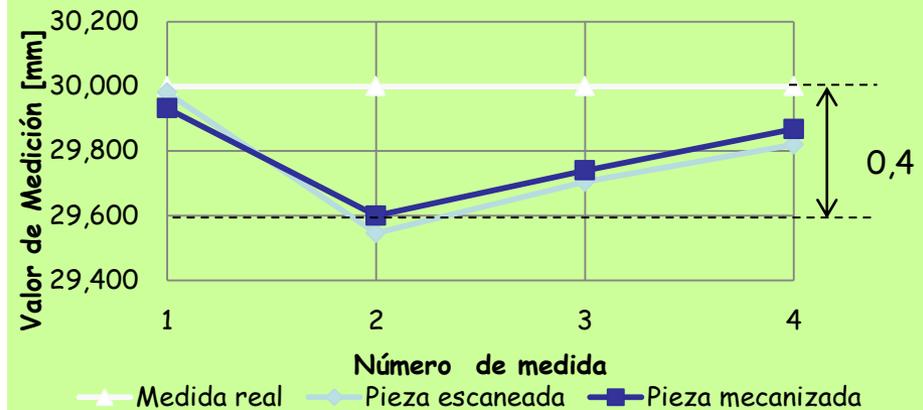
Diámetro de la circunferencia grande.



Diámetro de la circunferencia pequeña.



Lados del rombo.



ERROR RELATIVO PORCENTUAL DE LA RÉPLICA MECANIZADA

Se consigue: 0,39% de error en el cuadrado, 1,02% en la circunferencia grande, 0,075% en la circunferencia pequeña y 0,72% en el rombo.

Entonces, se determina que: en el mecanizado se tiene una variación de $\pm 0,66\text{mm}$ en relación a las medidas originales, se concluye que si se pueden realizar réplicas, pero con un margen de error del 1,02% ya que es el porcentaje más crítico obtenido en base a las mediciones realizadas.

En el proceso de réplicas, el mayor porcentaje de fallas se da en el escaneo, debido al ruido (iluminación del ambiente) presente al momento de las tomas, mientras que el mecanizado respecto al modelo escaneado tiene una variación de $\pm 0,063\text{mm}$.





HIPÓTESIS:

¿Mediante el fresado automático que se dispone en el Laboratorio de Robótica Industrial de la ESPE-EL se podrá diseñar y construir una celda de manufactura para la réplica de piezas en 3D, en materiales blandos?

Se pudo diseñar e implementar la celda de manufactura para la réplica de piezas 3D mediante fresado, pero con un error del 1,02% en la obtención de las mismas. Este proyecto será útil para prácticas en el laboratorio de Robótica Industrial de la ESPE extensión Latacunga.



CONCLUSIONES

- Mediante pruebas realizadas se concluye que: se obtiene réplicas pero con un error del 1,02% respecto a la pieza original, donde la mayor parte de fallas se da en el escaneo, por tal razón, no se recomienda este proyecto para replicar piezas de precisión.
- Se mecanizó distintos tipos de piezas en varios materiales, determinando que se puede mecanizar aluminio con una precisión que varía en $\pm 0.05\text{mm}$ y con una profundidad de 0.6mm. Sin embargo, para conservar el estado de la máquina se debe mecanizar sobre materiales con características similares o menores a las de los plásticos.
- A través del escaneo de piezas se consiguió modelos similares a los originales, con una variación de $\pm 0.705\text{mm}$. Optimizando el tiempo de diseño en un programa CAD. Esta aplicación es útil para realizar piezas y elementos complejos, permitiendo así la eficiencia en los procesos.
- La principal ventaja del mecanizado con brazo robótico industrial, es el de realizar diferentes procesos de mecanizado dentro de una misma celda, sobre diferentes mesas de trabajo, a través de la configuración de las bases correspondientes.





RECOMENDACIONES

- Para réplicas de piezas de precisión, se recomienda utilizar otro tipo de escáner 3D apropiado para obtener detalles más exactos de las piezas escaneadas.
- En la recepción de datos escaneados, debe considerarse la iluminación del área de trabajo, es preferible que la pieza esté fija, es el escáner que debe moverse a su alrededor, también es aconsejable que la pieza a ser escaneada sea de color claro, de preferencia blanca y sobre una base obscura, caso contrario, existirá demasiado ruido y se tornará difícil su modelado posterior. Con éstas indicaciones se obtendrá un óptimo procesamiento de imagen.
- Para mantener el buen estado del cabezal fresador, se recomienda no mecanizar materiales con características superiores a las de los plásticos.
- Poseer conocimientos sobre el manejo de robots industriales, sistemas CAD-CAM y tomar en cuenta las normas de seguridad industrial para trabajar con celdas de manufactura.

