



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

SISTEMA PARA IMPRESIÓN CONTINUA DE PIEZAS EN 3D.

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

HARRY LUIS BOLAÑOS VERA

DIRECTOR: ING. GUILLERMO MOSQUERA CANCHINGRE, M.Sc.

Quito, enero 2022

© Universidad UTE 2022.

Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0803891373
APELLIDOS Y NOMBRES:	Bolaños Vera Harry Luis
DIRECCIÓN:	Diego Méndez OE3-135 y Virreyes
EMAIL:	ysshaiul@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	(02) 2569 620
TELÉFONO MOVIL:	0981993813

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Sistema para impresión continua de piezas en 3D.
AUTOR O AUTORES:	Harry Bolaños Vera
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	12 de Enero 2022
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Guillermo Mosquera Canchingre, M.Sc.
PROGRAMA:	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
RESUMEN:	<p>Uno de los adelantos tecnológicos más trascendentales del siglo es la impresión 3D, que implican un proceso de construcción de partes con magnitudes y diseños mecánicos en comunicación. La idónea nivelación de la cama en la impresora supone que el plano es perpendicular al eje Z y adicionalmente a una determinada elevación.</p> <p>Para prevenir la desnivelación es importante poner un vidrio en la cama de la impresora y que no sea muy manipulado después de concluir con la impresión de cada pieza. Realizar esto supone como primer problema el tiempo, el tiempo que es necesario emplear después de cada impresión para sacar la pieza terminada, limpiar la base de vidrio y continuar con la siguiente impresión. El segundo problema se ve ligado al primero ya que la manipulación del vidrio para sacar el modelo impreso da como consecuencia la desnivelación de la cama de la impresora 3D al ser manipulada por el operador. Restituir la nivelación de la misma comprende un tiempo promedio de entre quince y veinte minutos.</p> <p>Con el fin de evitar el tiempo muerto que conlleva realizar las actividades antes mencionadas se propone el desarrollo de un mecanismo con un sistema de sujeción, que para esta función será</p>

	un sistema de ventosas, que ejecute la remoción del vidrio con el modelo impreso de forma automatizada, evitando la ejecución manual de este proceso. Este proyecto será enfocado para las impresoras Anet A6 y Anet A8 para así contaremos con un proceso que permita la impresión continua de piezas en 3D.
PALABRAS CLAVES:	Impresión 3D, Anet, cama de impresora, mecanismo, modelo, desnivelación, ventosas, vidrio
ABSTRACT:	<p>One of the most far-reaching technological advances of the century is 3D printing, which involves a process of building parts with communicating mechanical magnitudes and designs. Proper leveling of the bed in the printer assumes that the plane is perpendicular to the Z-axis and additionally at a certain elevation. To prevent unleveling, it is important to place a glass pane on the printer bed and not to manipulate it too much after finishing the printing of each part. The first problem is the time needed after each print to remove the finished part, clean the glass bed and continue with the next print. The second problem is linked to the first one, since the manipulation of the glass to remove the printed model results in the 3D printer bed becoming unlevel when handled by the operator. Restoring the leveling of the bed takes an average time of fifteen to twenty minutes.</p> <p>In order to avoid the dead time involved in the aforementioned activities, it is proposed to develop a mechanism with a clamping system, which for this function will be a suction cups system, which executes the removal of the glass with the printed model in an automated way, avoiding the manual execution of this process. This project will be focused on the Anet A6 and Anet A8 printers in order to have a process that allows the continuous printing of 3D parts.</p>
KEYWORDS:	3D printing, Anet, printer bed, mechanism, model, unleveling, suction cups, glass.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f: 
BOLAÑOS VERA HARRY LUIS
C.I. 0803891373

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **BOLAÑOS VERA HARRY LUIS**, CI 0803891373 autor del trabajo de titulación: **Sistema para impresión continua de piezas en 3D** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN MECATRÓNICA** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación de grado para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de titulación de grado con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 12 de enero de 2022

f: 
BOLAÑOS VERA HARRY LUIS
C.I. 0803891373

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor de tesis de grado, certifico que el presente trabajo que lleva por título "Sistema para impresión continua de piezas en 3D" para aspirar al título de Ingeniero en Mecatrónica, fue desarrollado por Bolaños Vera Harry Luis, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Jurado examinador que se designe.



Firmado electrónicamente por:
GUILLERMO ALFREDO
MOSQUERA CANCHINGRE

Ing. GUILLERMO MOSQUERA CANCHINGRE, MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO

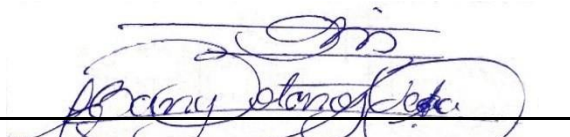
C.I. 0802613059

DECLARACIÓN JURAMENTADA DEL AUTOR

Yo, **BOLAÑOS VERA HARRY LUIS**, portador de la cédula de identidad N° 0803891373 declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad UTE puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa vigente.

f:



BOLAÑOS VERA HARRY LUIS

C.I. 0803891373

DEDICATORIA

A mi familia, por estar siempre presentes en cada sueño cumplido y en cada momento de mi vida. El presente trabajo de titulación va dedicado principalmente a Dios que ha sido gloria, guía y bendición a lo largo de mi vida, a mis padres por ser mi motor, ejemplos de esfuerzo y valentía. A mis amigos que con su guía y consejos me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente dedico este trabajo a Lizzie, que dentro de este proceso ha sido pilar fundamental de apoyo, fortaleza y aliento, estimulándome a ser el mejor y sobre todo a cumplir mis propósitos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todos mis maestros de la carrera, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de todos estos años de preparación profesional, de manera especial, a los maestros, guías, partícipes y amigos Guillermo, Vladimir y Christian que, dentro de este trabajo de titulación, me brindaron de manera incondicional su ayuda y sabiduría.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA.
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA	14
2.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	15
2.2 DISEÑO CONCEPTUAL	16
2.3 DISEÑO ESPECÍFICO DEL SISTEMA	18
2.3.1 DISEÑO MECÁNICO	18
2.3.2 DISEÑO ELECTRÓNICO	27
2.4 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA	32
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1 RUTA DEL SISTEMA.....	33
3.2 RESULTADOS DEL SISTEMA	35
3.3 POSICIÓN EFECTOR FINAL	36
3.4 COSTO DE FABRICACIÓN DEL SISTEMA.....	36
3.5 TIEMPO DE VIDA ÚTIL	36
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
RECOMENDACIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXOS	41

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA.
Tabla 1. Usos de impresión 3D en la industria.....	5
Tabla 2. Ventajas y desventajas de los materiales de impresión	6
Tabla 3. Ventajas y desventajas de la impresión 3D.....	8
Tabla 4. Tipos de Mecanismos	9
Tabla 5. Características de actuadores para robots.....	10
Tabla 6. Sistema de sujeción para robots	11
Tabla 7. Componentes del Sistema para impresión continua de piezas en 3D	18
Tabla 8. Características principales Aluminio 6061.....	19
Tabla 9. Parámetros de diseño.....	19
Tabla 10. Características de pernos	25
Tabla 11. Característica del elemento	27
Tabla 12. Características físicas eslabón BC	27
Tabla 13. Características físicas eslabón AB.....	28
Tabla 14. Características del motor	29
Tabla 15. Pines de control de los elementos del sistema.....	30
Tabla 16. Parámetros de tarjeta de control.....	31
Tabla 17. Función del sistema.....	34
Tabla 18. Parámetros D-H del sistema.....	36
Tabla 19. Costo de fabricación del sistema	36
Tabla 20. Tiempo de vida útil de los materiales	37

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA.
Figura 1. Impresora 3D	4
Figura 2. Impresora Anet A6	7
Figura 3. Impresora Anet A8	7
Figura 4. Función de un mecanismo	8
Figura 5. Tipos de Robots Industriales	10
Figura 6. Ventosa de vacío.....	11
Figura 7. Sistema de ventosas	12
Figura 8. Metodología del Modelo en V para el diseño de sistemas mecatrónicos	14
Figura 9. Diagrama de requerimientos del sistema	15
Figura 10. Estructura general del sistema	16
Figura 11. Relación entre componentes del sistema	17
Figura 12. Sistema para impresión continua de piezas en 3D	18
Figura 13. Análisis estático eslabón BC	20
Figura 14. Análisis estático eslabón AB	21
Figura 15. Arreglo de pernos en base de sección cuadrada.....	24
Figura 16. Carga de la columna en el centroide del arreglo de pernos.....	25
Figura 17. Descomposición de fuerzas que actúan en el arreglo de pernos	25
Figura 18. Tarjeta de control Arduino ATmega 2560	31
Figura 19. Integración de sistema para impresión continua de piezas en 3D.	32
Figura 20. Ruta del sistema entre puntos de trabajo	33
Figura 21. Tareas movimiento del sistema.....	33
Figura 22. Gráfica del momento angular del sistema	35
Figura 23. Gráfica aceleración angular del sistema.....	35

INDICE DE ANEXOS

PÁGINA.

ANEXO 1. ESPECIFICACIONES DE FUENTE DE ALIMENTACION	41
--	-----------

RESUMEN

Uno de los adelantos tecnológicos más trascendentales del siglo es la impresión 3D, que implican un proceso de construcción de partes con magnitudes y diseños mecánicos en comunicación. La idónea nivelación de la cama en la impresora supone que el plano es perpendicular al eje Z y adicionalmente a una determinada elevación.

Para prevenir la desnivelación es importante poner un vidrio en la cama de la impresora y que no sea muy manipulado después de concluir con la impresión de cada pieza. Realizar esto supone como primer problema el tiempo, el tiempo que es necesario emplear después de cada impresión para sacar la pieza terminada, limpiar la base de vidrio y continuar con la siguiente impresión. El segundo problema se ve ligado al primero ya que la manipulación del vidrio para sacar el modelo impreso da como consecuencia la desnivelación de la cama de la impresora 3D al ser manipulada por el operador. Restituir la nivelación de esta comprende un tiempo promedio de entre quince y veinte minutos.

Con el fin de evitar el tiempo muerto que conlleva realizar las actividades antes mencionadas se propone el desarrollo de un mecanismo con un sistema de sujeción, que para esta función será un sistema de ventosas, que ejecute la remoción del vidrio con el modelo impreso de forma automatizada, evitando la ejecución manual de este proceso. Este proyecto será enfocado para las impresoras Anet A6 y Anet A8 para así contaremos con un proceso que permita la impresión continua de piezas en 3D.

Palabras clave: Impresión 3D, Anet, cama de impresora, mecanismo, modelo, desnivelación, ventosas, vidrio.

ABSTRACT

One of the most far-reaching technological advances of the century is 3D printing, which involves a process of building parts with communicating mechanical magnitudes and designs. Proper leveling of the bed in the printer assumes that the plane is perpendicular to the Z-axis and additionally at a certain elevation.

To prevent unleveling, it is important to place a glass pane on the printer bed and not to manipulate it too much after finishing the printing of each part. The first problem is the time needed after each print to remove the finished part, clean the glass bed and continue with the next print. The second problem is linked to the first one, since the manipulation of the glass to remove the printed model results in the 3D printer bed becoming unlevel when handled by the operator. Restoring the leveling of the bed takes an average time of fifteen to twenty minutes.

In order to avoid the dead time involved in the aforementioned activities, it is proposed to develop a mechanism with a clamping system, which for this function will be a suction cups system, which executes the removal of the glass with the printed model in an automated way, avoiding the manual execution of this process. This project will be focused on the Anet A6 and Anet A8 printers in order to have a process that allows the continuous printing of 3D parts.

Keywords: 3D printing, Anet, printer bed, mechanism, model, unleveling, suction cups, glass.

1. INTRODUCCIÓN

La impresión 3D es uno de los avances tecnológicos, que involucran un proceso de fabricación de piezas con dimensiones y diseños complejos. La impresión 3D o manufactura aditiva (AM, por sus siglas en inglés) es un proceso de creación de objetos tridimensionales añadiendo materiales capa a capa que se producen a través de datos de un modelo digital u otras fuentes de datos. Además, el diseño mecánico en comunicación con la impresora 3D proporciona un método para la fabricación de la pieza. (Tipán-Suárez et al., 2020)

Representa una alternativa rápida y rentable a las técnicas de fabricación más tradicionales, por ejemplo: el control de modelado o numérico de las llamadas máquinas-herramientas. Además, permite la creación de instrumentos, herramientas y estructuras altamente especializadas con diseños y materiales muy complejos entre la amplia gama de elecciones de área.(Ortiz, 2019)

La impresora 3D se compone de un bastidor, que sostiene elementos como: los ejes, el extrusor, la cama, motores y el material de impresión. (Molina-Rojas, 2019)

En la Figura 1 se muestra la máquina capaz de imprimir figuras con volumen, comúnmente llamada impresora 3D.



Figura 1. Impresora 3D
(Contreras, 2020)

Actualmente, existe una gran cantidad de comunidades de tecnología aditiva e impresoras 3D que están en constante evolución porque utilizan estrategias de código abierto que permiten la construcción de impresoras 3D *hobby* que cualquiera puede construir, así como diseños más avanzados.

La geometría de desplazamiento de una impresora 3D es una de las propiedades más relevantes a tener en cuenta en el diseño de la máquina, ya que es dependiente de características como: la rapidez de impresión, la simplicidad de utilización y la adaptabilidad hacia las diferentes técnicas de aumento de material (Peralta et al., 2019)

Esta tecnología se utiliza actualmente para varios tipos de aplicaciones en la industria, no solo ingeniería, sino también en industrias como la arquitectura,

medicina, escultura, juguetes y entretenimiento. (Velásquez, 2019)

En la Tabla 1 se muestra la impresión 3D emergente en los diferentes sectores de la industria.

Tabla 1. Usos de impresión 3D en la industria

Sector de la industria	Usos actuales y futuros de la impresión 3D
Industria automotriz y manufacturera	<ul style="list-style-type: none">• Consolidación de varios componentes en una sola pieza.• Crear mecanismos de producción.• Producir piezas de repuestos y componentes.• Incrementar la velocidad de ciclo de vida del producto.
Aeroespacial	<ul style="list-style-type: none">• Crear piezas geoméricamente complejas que no son posibles con métodos de fabricación tradicionales.• Crear piezas más ligeras.
Cuidado de la Salud	<ul style="list-style-type: none">• Planificar una operación utilizando modelos anatómicos precisos, basados en una tomografía computarizada o resonancia magnética.• Desarrollar los implantes ortopédicos y prótesis personalizadas.
Venta minorista	<ul style="list-style-type: none">• Crear juguetes personalizados, joyas, juegos, decoraciones y otros productos.• Impresión de repuestos para autos o reparaciones en el hogar.
Deportes	<ul style="list-style-type: none">• Creación de formas geométricas complejas que no es posible fabricar con el método tradicional.• Crear zapatos personalizados con base en los datos biomecánicos.

(Bucco, 2016)

El funcionamiento de la tecnología en 3D, consiste en dividir el modelo 3D, en capas muy delgadas que se imprimen una sobre otra. (Sánchez, 2019) Es necesario establecer parámetros en el proceso de impresión con el fin de crear el G-Code y dividir el modelo en capas. (Rodríguez, 2018)

Para lograr un resultado sobresaliente en modelos de impresión, la calibración y la nivelación son importantes, de modo que las primeras capas se adhieran correctamente a la cama. Una cama a desnivel puede crear muchos inconvenientes al superponerse verticalmente las capas. La adecuada nivelación de la cama de la impresora significa que el plano es perpendicular al eje Z y adicionalmente a una cierta altura.

En el ajuste de los tornillos de la cama, es necesario tener en cuenta que la distancia tiene que ser de 0.16mm entre el extrusor de la impresora y el vidrio ubicado en la cama, lo que es similar al grosor de una hoja de papel. Si la hoja pasa fácilmente entre el extrusor y el vidrio, entonces la cama está en la altura correcta. (Bordignon et al., 2018, p. 63)

Todo el desarrollo en la tecnología de impresión 3D fue posible en gran medida al desarrollo en paralelo de nuevos materiales, ambos mercados se

han retroalimentado con base en las carencias que se producían con las antiguas máquinas y a causa de ello el sector de la investigación de nuevos materiales sufrió un crecimiento exponencial.(Rodríguez, 2018).

A continuación, en la Tabla 2 se detalla según el material las ventajas y desventajas de los materiales según su uso.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los materiales de impresión.

	Ventajas	Desventajas
PLA	-Facilidad de impresión. -No necesita cama caliente. -Velocidad de impresión rápida. -Biodegradable.	-Poca resistencia térmica. -Poca resistencia mecánica. -Sensible a la humedad.
ABS	-Resistencia elevada, incluso a bajas temperaturas. -No necesita cama caliente. -Material reciclable. -Alta capacidad de mecanizado. -No desprende gases nocivos. -Buen aislante térmico.	-Experiencia necesaria en impresión 3D. -Contracción entre capas más rápida que el PLA.
HIPS	-Resistencia elevada, incluso a bajas temperaturas. -No necesita cama caliente. -Material reciclable. -Alta capacidad de mecanizado.	-No se puede utilizar para fabricar piezas destinadas a estar a la intemperie. -Temperatura a la cual empieza a deformarse: 80°C
HDPE	-Resistente a pegamentos y disolventes. -Alta flexibilidad. -Buena resistencia al impacto. -Excelente resistencia térmica y química. -Es muy ligero	-No es reciclable. -Dificultad de impresión sobre el material. -Suele derivar deformaciones por el enfriamiento brusco y encogimiento de este.
PVA	-Soluble en agua. -Adhiere bien diferentes tipos de plásticos.	A temperaturas altas reacciona químicamente y puede causar un atasco en el extrusor.
PET	-Alta transparencia. -Buena resistencia química, térmica y a impactos. -Es impermeable. -Alta capacidad de mecanizado. -Resistente a ácidos, bases y grasas	-Levemente tóxico. -No es biodegradable. -Se vuelve endeble a partir de 70°C aproximadamente.
NYLON	-Gran resistencia a la fatiga. -Muy buena resistencia mecánica. -Alta temperatura de deformación	-Contracción al imprimirse muy elevada. -Poca definición de detalles.

(Rodríguez, 2018)

Entre las impresoras 3D más conocidas destacan la Anet A6 y Anet A8, por poseer a estructura es más rígida y estable, un gran volumen de impresión, su tecnología y la ventaja de ser código abierto.

La impresora Anet A6, mostrada en la Figura 2, cuenta con tecnología de

modelado de posición fundida, cuenta con una estructura y montaje compacto, cuenta con un marco acrílico y extrusor simple, posee una dimensión útil de impresión de 220 x 220 x 250 mm, una boquilla de 0.4 mm, idónea para la impresión de diversos filamentos.(Álvarez & Betún, 2019)

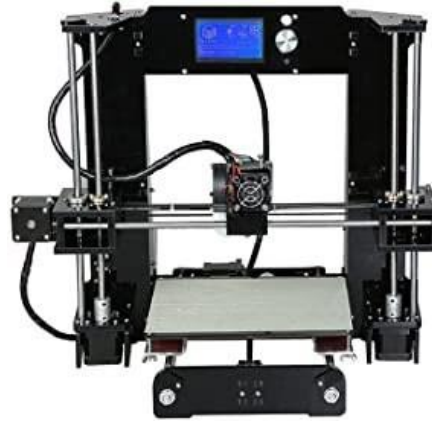


Figura 2. Impresora Anet A6
(Contreras, 2020)

La impresora Anet A8 que se muestra en la Figura 3 posee aspectos técnicos relevantes como su consumo que ronda los 60-100 Voltios y su velocidad de impresión es de 10 cm/s. Lleva incorporada un puerto para tarjetas SD, esta carece de un sistema de auto nivelado, por lo cual es necesario realizar un ajuste manual. La cama tiene una dimensión útil de impresión de 220 x 220 x 240mm.(Rodríguez, 2018)

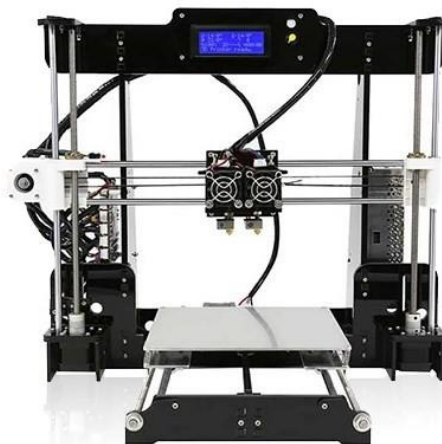


Figura 3. Impresora Anet A8
(Contreras, 2020)

En la Tabla 3 se menciona las principales ventajas y desventajas de la impresión 3D en la actualidad.

Tabla 3. Ventajas y desventajas de la impresión 3D

Ventajas	Desventajas
Innovación	Tiempo de producción
Reducción de costos	Dependencia y contaminación de plásticos
Menor uso de materia prima	Mucho consumo de energía
Producción de piezas ya ensambladas	Seguridad de objetos que están en contacto con alimentos
Elaboración bajo demanda	Disminución de plazas de trabajo

(Serrano, 2020)

Por lo regular, manipular la impresora después de cada proceso de impresión para obtener el modelo situado en la cama provoca desnivelación, para prevenir la desnivelación es fundamental situar un vidrio en la cama de la impresora y la escasa manipulación posterior a cada impresión. Lo segundo es realizable a través de un mecanismo de sujeción que actúe removiendo el vidrio con el modelo impreso y de esta manera conseguir un sistema de impresión 3D.

Los mecanismos son los elementos de una máquina capaces de transmitir y transformar movimientos y fuerzas desde un elemento motriz o conductor hasta un elemento conducido; están constituidos por distintos componentes como: eslabón, nodo, junta o par cinemático. Usados comúnmente para modificar la velocidad, modificar el movimiento, acoplar o desacoplar ejes, acumular energía o también usados de soporte. (Área Tecnología, 2021)

En la Figura 4 se muestra la función que ejercen los diferentes tipos de mecanismos, que siempre la entrada es un movimiento o una fuerza ejercida que al acoplarlo con un mecanismo se obtiene una salida distinta al movimiento o fuerza que inicialmente se tuvo.

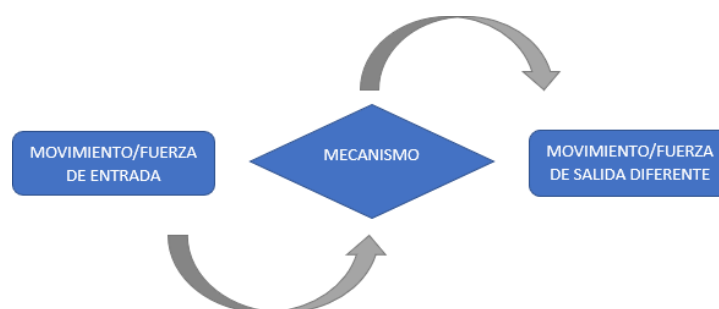


Figura 4. Función de un mecanismo
(Área Tecnología, 2021)

Los movimientos que realizan los mecanismos pueden ser de cuatro tipos: lineal, alternativo, de rotación y oscilante, los mismos que pueden ser divididos en tres grandes grupos para su estudio como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4. Tipos de Mecanismos

Tipos de Mecanismos	
Mecanismos para modificar la fuerza de entrada	-Balancín -Polea simple -Polea móvil o compuesta -Polipasto. -Manivela-torno
Mecanismos para modificar la velocidad	-Ruedas de fricción -Sistema de poleas -Engranajes (ruedas dentadas). -Sistemas de engranajes con cadena. -Tornillo sin fin-rueda dentada
Mecanismos para modificar el movimiento	-Tornillo-tuerca. -Piñón-cremallera -Biela-manivela -Cigüeñal-biela -Excéntrica. -Leva. -Trinquete.

(Área Tecnología, 2021)

Los mecanismos mencionados en la Tabla 4 junto a herramientas tecnológicas se les ha logrado optimizar sus funcionalidades, facilitando las maniobras y la labor del hombre en la industria, a estos se les llama “Robot Industrial Manipulador”. Surgen en el año 1979, poseen tres o más ejes y son capaces de mover materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales, conforme a trayectorias programadas para realizar tareas.(Astudillo, 2020)
Los robots industriales que se muestran en la Figura 5 es la clasificación según su estructura mecánica, los cuales se mencionan y detallan a continuación.

- Cartesianos o lineales: Robot con tres articulaciones prismáticas, cuyos ejes se alinean con un sistema de coordenadas cartesiano.
- SCARA: Robot con dos articulaciones rotatorias paralelas que proveen semejanza en el plano horizontal.
- Articulado: Robot que posee al menos tres articulaciones rotatorias, comúnmente asociado con manipuladores de seis grados de libertad.
- Paralelos o delta: Robot cuyos brazos poseen articulaciones prismáticas o rotatorias concurrentes. (Astudillo, 2020)

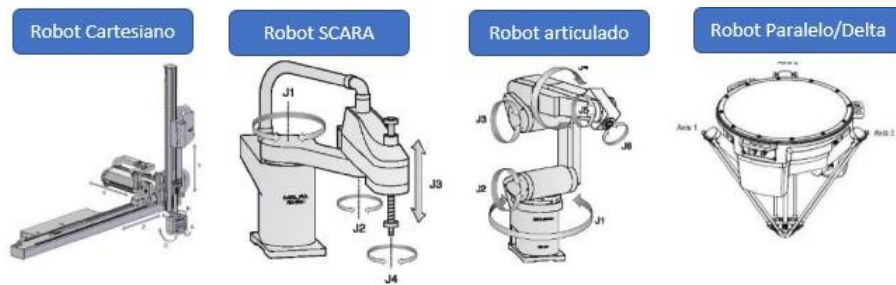


Figura 5. Tipos de Robots Industriales (Astudillo, 2020)

Los actuadores tienen la tarea de dar el desplazamiento de los elementos del robot conforme a las trayectorias programadas. Sin embargo, en determinadas situaciones deben ser considerados otros tipos de actuadores. En la Tabla 5 se muestran los actuadores más comunes que se emplean en la robótica.

Tabla 5. Características de actuadores para robots.

	Neumático	Hidráulico	Eléctrico
Energía	Aire a presión (5-10 bar)	Aceite mineral (50-100 bar)	Corriente eléctrica
Opciones	Cilindros -Motor de paletas -Motor de pistón	Cilindro -Motor de paletas -Motor de postones axiales	Corriente continua -Corriente alterna -Motor paso a paso
Ventajas	Baratos -Rápidos -Sencillos -Robustos	Rápidos -Alta relación potencia-peso -Autolubricantes -Alta capacidad de carga -Estabilidad frente a cargas estáticas	Precisos -Fiables -Fácil control -Sencilla instalación -Silenciosos
Desventajas	Dificultad de control continuo -Instalación especial (compresor filtros) -Ruidoso	difícil mantenimiento -Instalación especial (filtros, eliminación de aire) -Frecuentes fugas -Caros	Potencia limitada

(Acuña, 2018)

A los elementos terminales se les llama efectores y cumplen la función de interactuar directamente con el robot. A pesar que el robot industrial es dentro de los límites lógicos, versátil y readaptable a una gran variedad de aplicaciones, no ocurre así con los elementos terminales, que son en muchos casos específicamente diseñados para cada tipo de trabajo.(Acuña, 2018)

A continuación, en la Tabla 6 se muestra los tipos de sujeción de un robot, su acondicionamiento y respectivo uso.

Tabla 6. Sistema de sujeción para robots

Tipos de sujeción	Acondicionamiento	Uso
Pinza de presión de desplazamiento angular o lineal	Neumático o Eléctrico	Transporte y manipulación de piezas
Pinza de enganche	Neumático o Eléctrico	Movimiento de piezas de grandes
Ventosas de vacío	Neumático	Cuerpos con superficie lisa/poco porosa
Electroimán	Eléctrico	Pieza ferromagnética

(Revista de Robots, 2020)

La ventosa es un instrumento de sujeción, muy empleado en la industria para el desarrollo de tareas como *pick and place* (Guachamboza & Llamuca, 2017) Es un objeto que se adhiere en superficies aplicando una presión de aire negativa, que permite transportar objetos de diferentes formas, materiales y tamaños. (Amórtegui et al., 2020)

En la **Error! Reference source not found.** se muestra las distintas ventosas que se usan en los robots industriales, estas dependen del requerimiento del usuario y tipo de trabajo que va a realizar el robot.



Figura 6. Ventosa de vacío
(Revista de Robots, 2020)

La presión de negativa está encargada de generar una depresión entre la superficie que se desea sujetar con rugosidad muy baja y la ventosa, produciéndose un efecto sustentación. (Riobó et al., 2018) Siendo mas eficiente cuando la superficie de contacto es poco porosa. (Martinez, 2019) Para dejar un objeto es necesario igualar la presión entre fuera y dentro desactivando la presión provocada por un generador de vacío. (Revista de Robots, 2020)

El funcionamiento de las ventosas cambian según su deformación y la fuerza que ejerce en la superficie del material que es sujetado (Gómez et al., 2017) constituyendo uno de los sistemas de mayor adaptación a diversas formas y materiales. (Rico-Rivero, 2021)

En la Figura 7 se observa como está constituido un sistema para el funcionamiento de una ventosa en un robot.

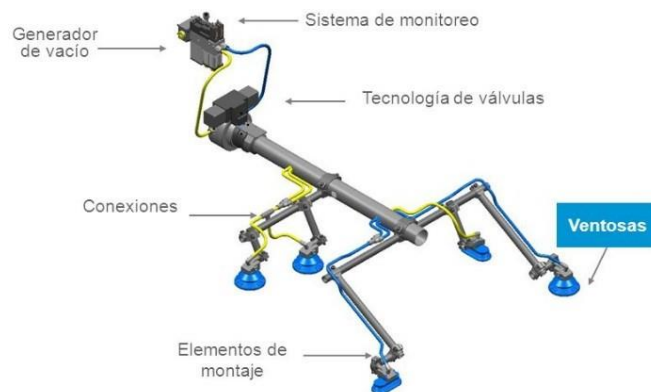


Figura 7. Sistema de ventosas
(Villa & Regal, 2017)

Los *pick and place* como las ventosas, nos permiten el ahorro de tiempo gracias a la velocidad de trabajo (EDS Robotics, 2020) Además de brindarnos ventajas como, como, costos reducidos, mantenimiento ligero y peso reducido de la herramienta. (García, 2020)

Teniendo en cuenta el tiempo de remoción de los modelos impresos y posterior inicio de las siguientes impresiones en la impresora Anet A6 y Anet A8, supone un problema puesto que la realización este proceso crea una desnivelación en su cama, desnivelación que es fundamental corregir después de cada uso para obtener una correcta adherencia en las primeras capas a la cama y no una superposición vertical de capas que daría como resultado un modelo de impresión no acorde con lo diseñado. El proceso de nivelación de la cama de la impresora 3D comprende un tiempo promedio de entre quince y veinte minutos.

El objetivo general de este trabajo de investigación es: Diseñar e implementar un sistema para Impresión continua de piezas en 3D, el cual sea capaz de remover el vidrio de forma automatizada, situado en la cama de la impresora y evitar la desnivelación de la cama para posteriores impresiones.

Para el cumplimiento del objetivo general se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Definir el sistema de forma conceptual.
- Diseñar la estructura y mecanismo del sistema.
- Realizar la codificación del algoritmo que será usado para el movimiento y funcionalidades del sistema.
- Validar el funcionamiento del sistema.

El sistema tiene la finalidad de realizar el diseño, construcción, verificación, validación y puesta en marcha de un mecanismo que ayude en el cambio del vidrio de la cama de una impresora 3D. El mecanismo tendrá una ventosa eléctrica, la cual permitirá la sujeción del vidrio y posterior ubicación fuera de la impresora. El sistema tendrá dos motores a pasos para el movimiento de sus eslabones de un punto A, a un punto B y el proceso será realizado de forma automática después de obtener el modelo impreso sobre el vidrio de la impresora Anet A6 y Anet A8 con dimensiones de cama de 220 x 220 mm.

2. METODOLOGÍA

El Sistema para impresión continua de piezas en 3D se realizó en función de la metodología del “Modelo en V” para el desarrollo de sistemas mecatrónicos, como se muestra en la Figura 8.

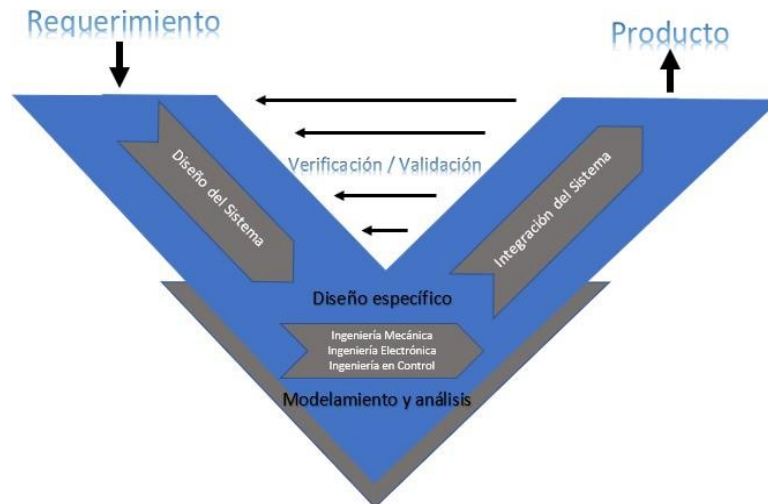


Figura 8. Metodología del Modelo en V para el diseño de sistemas mecatrónicos

Los requerimientos del sistema para impresión continua de piezas en 3D se plantearon en función de los objetivos propuestos, para el desarrollo del diseño conceptual del proyecto.

Después de identificar todos los requerimientos, el “Modelo en V” recomienda realizar el diseño conceptual, el mismo que sirvió de base para las características físicas que se consideraron en el diseño mecánico del sistema para impresión continua de piezas en 3D. A continuación, el diseño específico; en esta etapa se dimensionó los componentes electrónicos que formarían parte del sistema, la selección del material de construcción y además guiado al material seleccionado, se diseñó los elementos mecánicos.

Posterior a todo se llevó a cabo la integración de todos los elementos seleccionados y diseñados, los mismos que en grupo lograron establecer la elección que cumple con los requerimientos del sistema. Finalmente, el sistema fue puesto a prueba

2.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

El diagrama de requerimientos del sistema para impresión continua de piezas en 3D que se muestra en la Figura 9 representa los requerimientos para el diseño y funcionamiento.

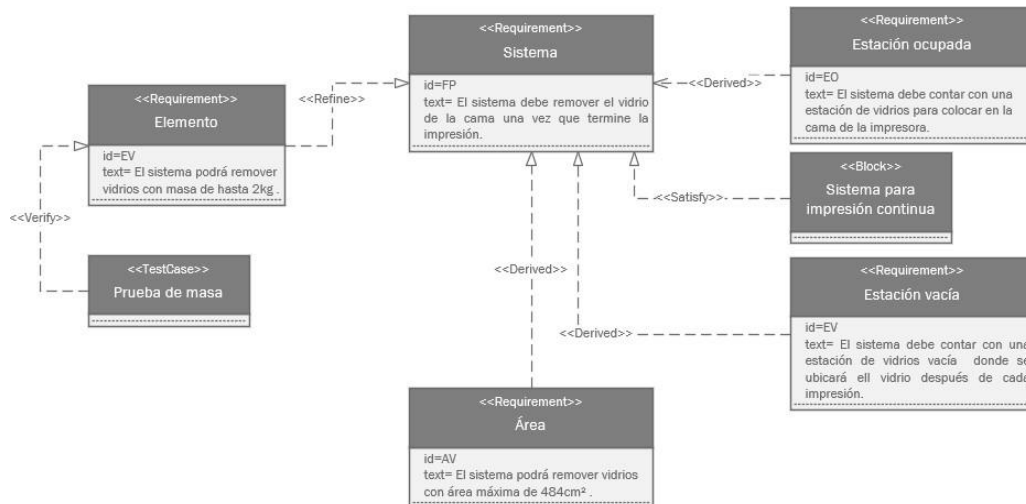


Figura 9. Diagrama de requerimientos del sistema

En el diagrama se encuentran los respectivos elementos del requerimiento general que cumplirá con la funcionalidad del sistema. Los bloques están vinculados a través de condiciones como "Derive", "Satisfy", "Refine" y "Verify". Aquí se definen requerimientos esenciales como la estación de vidrios vacía donde se pondrá el vidrio de la impresora con el modelo impreso después de cada proceso de impresión, también se cuenta con la estación de vidrio ocupada que tiene vidrios con las medidas de 220 x 220 mm apilados para que sean tomados de esa estación y situados sobre la cama de la impresora 3D con la ayuda del sistema, cumpliendo con la función principal de crear un sistema continuo de impresión de piezas y además, prevenir la desnivelación de la cama de la impresora puesto que realizar este proceso de forma manual desnivela la cama. Así mismo el sistema removerá el vidrio que tiene como área máxima de 484 cm², con masa de 2kg y el movimiento se cumplirá mediante el uso de motores a pasos.

2.2 DISEÑO CONCEPTUAL

Teniendo en cuenta los requerimientos que se plantearon con base en el sistema para impresión continua de piezas en 3D tenemos el robot industrial y su clasificación según su estructura mecánica. El cartesiano que se presenta con una alternativa de movimiento en sus tres ejes, pero esto hace que requiera una gran cantidad de espacio, además de los continuos mantenimientos en los elementos deslizantes. Los robots articulados son muy versátiles para cubrir las necesidades de automatización de procesos el diseño de sus eslabones es una desventaja si el uso que se le dará es en espacios reducidos. Los robots paralelos se caracterizan por su trabajo repetitivo a altas velocidades, con uso frecuente en líneas de producción o en trabajos de mecanizado, por último, se tiene al robot SCARA; que, al ser un sistema compacto con amplio rango de trabajo, tiene gran facilidad de movimiento, aptos para tareas de montaje, además de ser precisos en los ciclos de trabajo y especialmente útiles para tareas repetitivas.

Considerando los robots industriales mencionados y los requerimientos en función del cumplimiento de los objetivos planteados, la elección del robot SCARA fue idónea ya que sus características, funcionalidad, tipo de trabajo y precisión se acoplan sistema para impresión continua de piezas en 3D.

En la Figura 10, indica las partes que posee el sistema, controlador, *driver* de motores, motores que conceden el movimiento del robot para la sujeción y posterior retiro del vidrio de la cama de la impresora 3D, además la representación de la bancada como un elemento de agregación de componentes, componente fundamental en el diseño y construcción del robot.

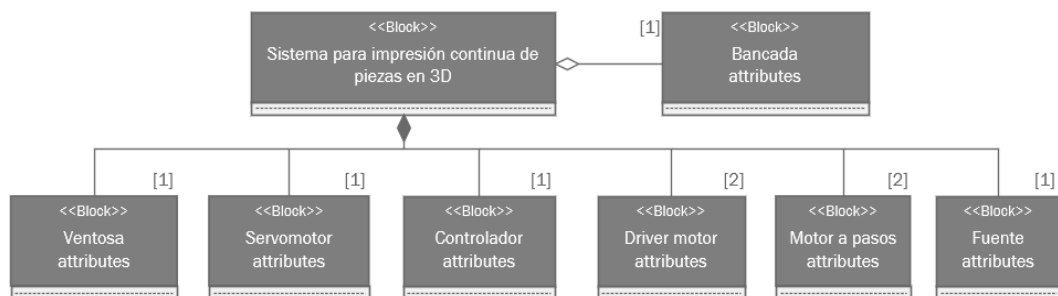


Figura 10. Estructura general del sistema

En la **Error! Reference source not found.**, indica el diagrama entre componentes del sistema, donde se muestra como está compuesto el sistema para impresión continua de piezas en 3D.

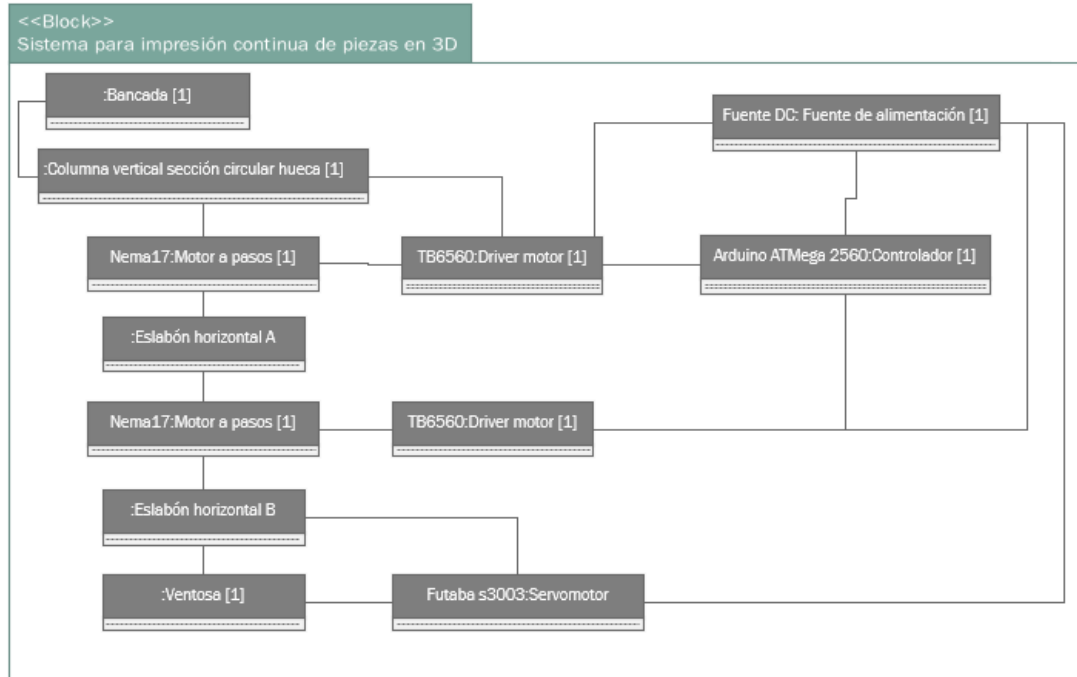


Figura 11. Relación entre componentes del sistema

2.3 DISEÑO ESPECÍFICO DEL SISTEMA

2.3.1 DISEÑO MECÁNICO

En la **Error! Reference source not found.**, se enumera los componentes del robot de tipo SCARA que forman parte el sistema para impresión continua de piezas en 3D y en la tabla se nombra cada uno de los componentes, diseño mecánico que fue realizado en una herramienta CAD.

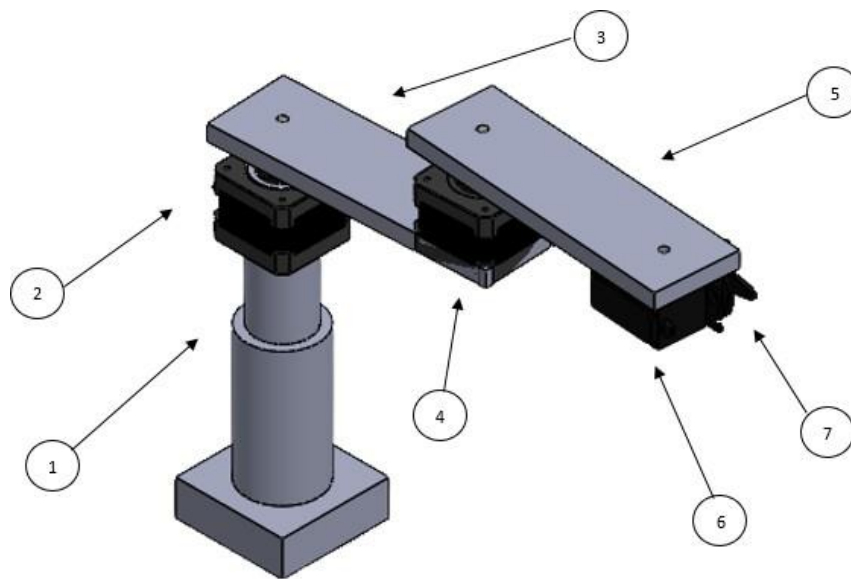


Figura 12. Sistema para impresión continua de piezas en 3D

En la Tabla 7, se muestran los componentes del Sistema para impresión continua de piezas en 3D.

Tabla 7. Componentes del Sistema para impresión continua de piezas en 3D

Ítem	Componente
1	Columna vertical de sección circular
2	Motor a pasos nema 17
3	Eslabón horizontal A
4	Motor a pasos nema 17
5	Eslabón horizontal B
6	Servomotor Futaba s3003
7	Ventosa

A continuación, se muestra el análisis para la selección del material, al igual que los cálculos de los elementos que conforman el sistema para impresión continua de piezas en 3D.

2.3.1.1 Análisis para selección de material

Los elementos que forman parte del sistema para impresión continua de piezas en 3D tenían que cumplir parámetros como: soportar el peso del vidrio, ser ligero, resistente a la corrosión y buen costo. Con base en el robot tipo SCARA, su uso frecuente en la industria para actividades *pick and place* y de acuerdo las investigaciones realizadas, mayormente el material de fabricación para estos robots es el aluminio. Esto se debe a que su composición permite su uso frecuente en aplicaciones industriales, es un metal sumamente liviano y resistente a la corrosión. Además, es un material de fácil mecanizado debido a su baja dureza, es bastante dúctil y gran resistencia al peso.

Propiedades físicas del aluminio

Para el análisis, se usó el aluminio de categoría 6XXX (6061, magnesio-silicio) y en la **Error! Reference source not found.** se menciona las características principales del aluminio 6061. El aluminio 6061 pertenece a la familia de aluminios que pueden ser forjadas para garantizar resistencia y eficiencia superando al acero.

Tabla 8. Características principales Aluminio 6061

Densidad [gr/cm ³]	2.7
Rango de fusión [°C]	575 - 650
Módulo de elasticidad [MPa]	69500
Coefficiente de Poisson	0.33
Coefficiente de dilatación [°C ⁻³ x 10 ⁶]	23.6
Calor específico (0 a 100 °C)	940

(Teknika4, 2021)

Con base en lo anterior, en la **Error! Reference source not found.** se recopila los parámetros que se tomaron en cuenta y que satisficieron los requerimientos mecánicos del Sistema para impresión continua de piezas en 3D.

Tabla 9. Parámetros de diseño

Parámetros	Observación
Carga	2 kg
Orientación	Dos ejes de rotación perpendiculares al plano horizontal y un recorrido vertical lineal.

Recorrido	Vertical: 100 [mm] Horizontal: 300 [mm]
Ciclo de trabajo	40 horas a la semana

Se estimó el movimiento del mecanismo con una carga nominal de 2kg, dos ejes de rotación perpendiculares al plano que permitieron el movimiento de puntos entre la cama de la impresora 3D y las estaciones y el movimiento vertical que fue necesario para la herramienta de sujeción del mecanismo según las diferentes alturas, los recorridos horizontales y vertical con el fin de que sea trasladado el objeto a los diferentes puntos y un ciclo estimado de trabajo de 40 horas semanales en relación al uso de las impresoras Anet A6 y A8.

Los cálculos de los elementos se lo realizaron con base al material escogido, aluminio 6061.

2.3.1.2 Ecuaciones mecánicas de equilibrio



Figura 13. Análisis estático eslabón BC

La masa del sistema que se estimó es de 2 kilogramo, para el análisis fue necesario trabajar con el peso que se obtiene del producto entre el peso y la fuerza gravitatoria.

$$W = 2kg * \frac{9.8m}{s^2} = 19.6 N \quad [1]$$

Con el peso que se obtuvo, se realizó el cálculo estático según las fuerzas que actúan en el eslabón obteniendo:

$$\begin{aligned} \Sigma Fy &= 0 & [2] \\ By - 19.6 &= 0 \\ By &= 19.6N \end{aligned}$$



Figura 14. Análisis estático eslabón AB

Con las fuerzas que actuaron en el eslabón BC se procedió a realizar la sumatoria de fuerzas en AB, teniendo en cuenta que al ser una solución por máquinas y bastidores las fuerzas fueron contrarias, mencionado eso, se obtuvo:

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0 & [3] \\ A_y - B_y &= 19.6N \\ A_y = B_y &= 19.6N\end{aligned}$$

2.3.1.3 Diseño de columna

Para el diseño de la columna se consideró una columna de sección circular hueca, empotrada-libre; la cual ayudó al movimiento vertical y soportó la carga total del sistema.

Teniendo en cuenta que es una columna empotrada-libre el valor de constante K es 0.8, su diámetro externo fue de 40mm y el interno de 30mm.

Para saber la conexión en los extremos fue necesario calcular la longitud efectiva

$$L_e = KL \quad [4]$$

Donde:

K: constante de extremos de la columna

L: Longitud real de la columna entre los soportes

Reemplazando en (4) se obtuvo:

$$\begin{aligned}L_e &= 0.8 * 150 \\ L_e &= 120mm\end{aligned} \quad [5]$$

El radio de la columna fue calculado a través de la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4} \quad [6]$$

Donde:

D: Diámetro mayor

d: Diámetro menor

Reemplazando en (6)

$$r = \frac{\sqrt{40^2 + 30^2}}{4}$$
$$r = 12.5mm \quad [7]$$

Después se calculó la relación de esbeltez con la fórmula:

$$RE = \frac{KL}{r} \quad [8]$$

De donde reemplazando valores se tuvo

$$RE = \frac{0.8 * 150}{12.5}$$
$$RE = 9.6 \quad [9]$$

Además, fue necesario realizar el cálculo de la constante de columna, para junto a la relación de esbeltez tener como conclusión si es columna larga o columna corta.

$$Cc = \frac{\sqrt{2\pi^2 E}}{Sy} \quad [10]$$

Donde:

E: Módulo de elasticidad

Sy: Resistencia a la fluencia

Reemplazando en (10) se obtiene:

$$Cc = \frac{\sqrt{2\pi^2 69.5x10^9Pa}}{276x10^6Pa}$$
$$Cc = 70.5 \quad [11]$$

Si la relación de esbeltez es mayor que la constante de columna se determina que es una columna larga, caso contrario es columna corta.

$$9.6 < 70.5 \text{ Columna corta}$$

Con base a la comparación se concluyó que era columna corta y se optó por calcular la carga crítica que está dispuesto a soportar el sistema.

$$Pcr = ASy \left[1 - \frac{Sy (KL/r)^2}{4\pi^2 E} \right] \quad [12]$$

Donde:

A: Área de la columna

E: Módulo de elasticidad

Sy: Resistencia a la fluencia

K: constante de extremos de la columna

L: Longitud real de la columna entre los soportes

r: Radio

Reemplazando en (12) se obtuvo:

$$P_{cr} = 549.8 \text{ mm}^2 \times 10^6 \text{ Pa} \left[1 - \frac{276 \times 10^6 \text{ Pa} * (9.6)^2}{4\pi^2 * 69.5 \times 10^9 \text{ Pa}} \right] = 151.7 \quad [13]$$

El valor que se obtuvo de la carga crítica es el valor con el que comienza a pandear la columna, posterior a ese cálculo se procedió a calcular la carga de diseño.

$$Pd = \frac{P_{cr}}{N} \quad [14]$$

Donde:

Pcr: Carga crítica

E: Módulo de elasticidad

Reemplazando en (14) dio como resultado:

$$Pd = \frac{151.7 \text{ kN}}{3} = 50.58 \text{ kN} \quad [15]$$

Por último, se calculó el esfuerzo crítico del sistema de impresión continua para piezas en 3D.

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} \quad [16]$$

Donde:

Pcr: Carga crítica

A: Área de la columna

Reemplazando en (16) se obtuvo:

$$\sigma_{cr} = \frac{151.7 \text{ kN}}{549.8 \text{ mm}^2} = 275 \quad [17]$$

El valor obtenido en la ecuación (17) representa el esfuerzo crítico del sistema, valores por encima del calculado en la carga axial, dan inicio a la inestabilidad por pandeo en el elemento.

2.3.1.4 Sistema de sujeción con pernos

En la sujeción del sistema para impresión continua de piezas en 3D, se usó el método elástico vectorial, útil para la selección de pernos. Teniendo en cuenta que el diseño del sistema tiene base de sección cuadrada, se realizó un arreglo de 4 pernos. Para el análisis fue necesario iniciar con el cálculo del diámetro del perno por medio de la siguiente expresión.

$$1.5d + 3d + 1.5d \leq a \quad [18]$$

Donde:

a: Lado de sección

d: Diámetro del perno

La expresión (18) se obtuvo mediante las longitudes de sección cuadrada como se muestra en Figura 15 en donde además se concluyó que el valor de a es igual al valor de b. Como la base del sistema es cuadrada se determinó un arreglo de cuatro pernos en cada esquina debidamente espaciados.

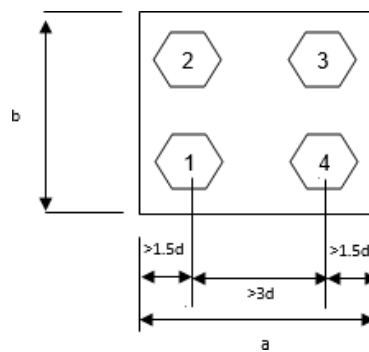


Figura 15. Arreglo de pernos en base de sección cuadrada

Con base en el valor de lado del cuadrado y resolviendo la expresión algebraica se obtuvo:

$$6d \leq 60mm$$

$$d \leq 10mm \quad [19]$$

Con el valor de (18) se seleccionó en la Tabla 10 en diámetro nominal para la selección de pernos a usar en la base del sistema para impresión continua de piezas en 3D.

Tabla 10. Características de pernos

Diámetro nominal d	Paso del hilo P	Longitud de la rosca b			Espesor de la arandela c
	Paso grueso	Perno ≤125	Perno 125-200	Perno ≥200	min.
M5	0.8	16	-	-	1
M6	1	18	-	-	1.1
M8	1.25	22	28	-	1.2
M10	1.5	26	32	45	1.5
M12	1.75	30	36	49	1.8
M14	2	34	40	53	2.1
M16	2	38	44 <td 57	2.4	
M20	2.5	46	52	65	3

(CONSUN, 2021)

Después de la selección del diámetro nominal, se realizó el cálculo de las fuerzas cortantes primarias que actúan sobre cada perno, estas fuerzas cortantes están relacionadas con la carga ejercida por la columna y se situó sobre el centroide del arreglo de pernos como se muestra en la Figura 16.

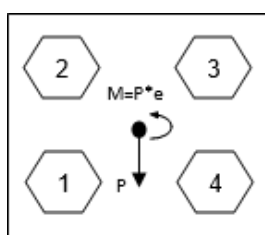


Figura 16. Carga de la columna en el centroide del arreglo de pernos

El momento presente de en la base genera fuerzas cortantes secundarias cuya magnitud y orientación dependen de la ubicación del perno respecto al centro geométrico y a la orientación del momento que lo genera con la descomposición de fuerza en el arreglo de pernos como se muestra en la Figura 17.

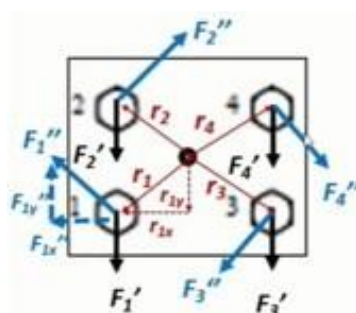


Figura 17. Descomposición de fuerzas que actúan en el arreglo de pernos

Para el cálculo de las fuerzas cortantes primarias sobre cada perno se realizó la división entre la carga total que está actuando en el centro geométrico y el número de pernos como se indica en la siguiente ecuación.

$$F'_1 = F'_2 = F'_3 = F'_4 = \frac{P}{N} \quad [20]$$

Donde:

P: Carga total

N: Número de pernos

Con base en el valor obtenido en (3) y el número de pernos reemplazando en (20) se obtuvo:

$$F'_1 = \frac{19.6N}{4} \quad [21]$$

$$F'_1 = 4.9 N$$

Para calcular las fuerzas cortantes secundarias de los pernos se lo realizó mediante de la siguiente fórmula.

$$F''_1 = F''_2 = F''_3 = F''_4 = \frac{P * e * r_1}{(r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2)} \quad [22]$$

El radio desde el centro de la carga total hasta la ubicación de los pernos, se calculó por medio del teorema de Pitágoras.

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = \sqrt{15^2 + 15^2} = 21.21mm \quad [23]$$

Donde:

P: Carga total

e: Longitud de la columna

r: Radio vectores

Reemplazando en (22) se obtuvo:

$$F''_1 = \frac{19.6N * 150mm * 21.21mm}{(21.21^2 + 21.21^2 + 21.21^2 + 21.21^2)} = 34.65N \quad [24]$$

2.3.2 DISEÑO ELECTRÓNICO

Para controlar los grados de libertad del mecanismo se usó motores paso a paso, el consumo máximo de cada uno es de 1.5A y un servomotor que aportó en la función del movimiento al efector final. A continuación, la selección de la fuente de voltaje que cumplía con los requerimientos relacionados al consumo de corriente de todos los dispositivos electrónicos usados en el mecanismo para Sistema de impresión continua de piezas en 3D.

2.3.2.1 Selección de motores

Para dimensionar los motores del sistema se consideró las principales características del elemento a mover, que se mencionan a continuación en la Tabla 11 .

Tabla 11. Característica del elemento

Características	Observación
Peso	2kg
Área	484cm ²

Para dimensionar el motor del eslabón BC fue necesario el cálculo del momento de inercia y el torque del motor para el movimiento del eslabón con base a las características físicas del sistema que se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Características físicas eslabón BC

Características	Designación de variables	Observación
Largo	A	140 mm
Alto	B	5 mm
Longitud de compensación	r	60 mm
Espesor	C	45 mm
Densidad del material	ρ	2700 kg/m ³
Velocidad de operación	V	600rpm
Tiempo de aceleración / desaceleración	t	3s
Factor de seguridad	FS	1.5

Inicialmente se procedió con el cálculo de la inercia de la carga del sistema por medio de la siguiente fórmula.

$$J_W = \frac{1}{12} (\rho (A \times 10^{-3}) (B \times 10^{-3}) (C \times 10^{-3})) ((A \times 10^{-3})^2 + (B \times 10^{-3})^2 + 12 \times (r \times 10^{-3})^2) \quad [25]$$

Reemplazando los valores de la ecuación (25) se obtuvo:

$$J_W = \frac{1}{12} (2700 (140 \times 10^{-3}) (5 \times 10^{-3}) (45 \times 10^{-3})) ((140 \times 10^{-3})^2 + (45 \times 10^{-3})^2 + 12 \times (60 \times 10^{-3})^2) \quad [26]$$

$$J_W = J_L = 4.617 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Con el valor de la ecuación 26, se procedió a calcular el par de aceleración del sistema por medio de la siguiente ecuación.

$$T_a = J_L \times \frac{V}{9.55 \times t} \quad [27]$$

Reemplazando en (20) se obtuvo:

$$T_a = 4.617 \times 10^{-4} \times \frac{600 \text{rpm}}{9.55 \times 3\text{s}} = 9.669 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m} \quad [28]$$

Por último, se calculó el torque requerido que necesitó el motor para el movimiento de sus eslabones a través de la siguiente ecuación.

$$T = T_a \times FS \quad [29]$$

Reemplazando en (22) se obtuvo lo siguiente:

$$T = 9.669 \times 10^{-3} \times 1.5 = 14.503 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m} \quad [30]$$

Para dimensionar el motor del eslabón AB se necesitó realizar el cálculo de longitud total entre los eslabones AB y BC como un solo cuerpo ya que el valor del torque resultante necesita ser mayor para el movimiento adecuado de los eslabones entre puntos. Con base a lo anterior Tabla 13 se muestra el cambio en las longitudes.

Tabla 13. Características físicas eslabón AB

Características	Designación de variables	Observación
Largo	A	280 mm
Alto	B	5 mm
Longitud de compensación	r	200 mm
Espesor	C	45 mm
Densidad del material	ρ	2700 kg/m ³
Velocidad de operación	V	600rpm
Tiempo de aceleración / desaceleración	t	3s
Factor de seguridad	FS	1.5

Calculando la inercia de la carga del sistema por medio de la siguiente fórmula.

$$J_W = \frac{1}{12} (\rho (A \times 10^{-3}) (B \times 10^{-3}) (C \times 10^{-3})) ((A \times 10^{-3})^2 + (B \times 10^{-3})^2 + 12 \times (r \times 10^{-3})^2) \quad [31]$$

Reemplazando los valores de la Tabla 13 en (31) se obtuvo:

$$J_W = \frac{1}{12} (2700 (280 \times 10^{-3}) (5 \times 10^{-3}) (45 \times 10^{-3})) ((280 \times 10^{-3})^2 + (45 \times 10^{-3})^2 + 12 \times (200 \times 10^{-3})^2) \quad [32]$$

$$J_W = J_L = 5.95 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Con el valor de la ecuación 32, se procedió a calcular el par de aceleración del sistema por medio de la siguiente ecuación.

$$T_a = J_L \times \frac{V}{9.55 \times t} \quad [33]$$

Reemplazando en (33) se obtuvo:

$$T_a = 5.95 \times 10^{-3} \times \frac{600 \text{rpm}}{9.55 \times 3 \text{s}} = 0.124 \text{ N} \cdot \text{m} \quad [34]$$

Por último, se calculó el torque requerido que necesitó el motor para el movimiento de sus eslabones a través de la siguiente ecuación.

$$T = T_a \times FS \quad [35]$$

Reemplazando en (35) se obtuvo lo siguiente:

$$T = 0.124 \times 1.5 = 0.1803 \text{ N} \cdot \text{m} \quad [36]$$

Como se pudo observar el factor de seguridad del mecanismo para los dos eslabones, fue bastante conservador por lo tanto se aseguró de que este no falle a la fatiga.

Frente a las características del vidrio de la impresora 3D, características físicas del sistema, sus eslabones y los cálculos, se seleccionó un motor que cumplía con los requerimientos del sistema. A continuación, en la Tabla 14 se menciona las características del motor.

Tabla 14. Características del motor

MOTOR NEMA 17	
Características	Observación
Peso	0.35kg
Pasos por vuelta	200 (1.8°/paso)
Torque	0.3138 N·m
Diámetro de eje	5mm
Longitud de eje	20mm

(GeekFactory, 2021)

El motor nema 17 ideal en el uso de las impresoras 3D y máquinas CNC gracias a su precisión de giro y fácil control. Motor bipolar con cada bobinado de 1.7A capaz de desarrollar un torque de 4kg/cm ideal para el movimiento del vidrio de la impresora. Así mismo, se seleccionó un servomotor Futaba s3003, usado para la herramienta que cumple con la función sujeción del vidrio de la cama de la impresora 3D a través de una ventosa.

2.3.2.2 Selección de driver para motores

Según la selección del motor fue necesario un *driver* que cumpla con el funcionamiento para las características de cada motor mencionado anteriormente por lo cual para el cumplimiento óptimo de funcionamiento se seleccionó el driver TB6560, cuyas especificaciones son:

- Corriente nominal de 3A, pico 3.5A
- Voltaje de funcionamiento entre 10V y 35V
- Control simultaneo de dos motores

2.3.2.3 Selección de tarjeta de control

Para la selección de la tarjeta de control, se tomó en cuenta el número de pines necesarios en la manipulación de los actuadores presentes en el sistema. A continuación en la Tabla 15, se muestra los elementos y el número de pines de control.

Tabla 15. Pines de control de los elementos del sistema

Elemento	Pines de control
Motor a pasos eslabón A	4
Motor a pasos eslabón B	4
Servomotor	1
Botón encendido	1
Luces indicadoras (2)	2

Los pines de control necesarios del sistema fueron doce. Principalmente los motores a paso tienen un voltaje de funcionamiento de 12V DC con consumo máximo de 1.5A y frecuencia de operación de 500KHz; por otro lado, el servomotor posee un voltaje de funcionamiento de 6V, una corriente de operación de 8mA y una frecuencia de operación de 50Hz.

En la Tabla 16 se muestra los parámetros principales entre las tarjetas de control Nano, Uno y Mega.

Tabla 16. Parámetros de tarjeta de control

	Arduino Nano	Arduino Uno	Arduino Mega
Voltaje de operación	5V	5V	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7 – 12V	7 – 12V	7 – 12V
Pines digitales	12	14	54
Pines digitales con PWM	6	6	15
Pines analógicos	8	6	16
Memoria de procesador	32	32	256

(Gudino, 2017)

Con base en número de pines, características de los actuadores y parámetros principales de las tarjetas de control, se seleccionó el microcontrolador ATmega 2560, puesto que sus parámetros se ajustaron a los requerimientos del sistema, la cual se muestra a continuación en la Figura 18.



Figura 18. Tarjeta de control Arduino ATmega 2560 (ARDUINO, 2021)

2.3.2.4 Selección de fuente de poder

Considerando que cada motor a pasos tiene un consumo de 1.7A, se usaron dos para el desplazamiento rotacional de los eslabones, además un servo motor con un consumo de 550 mA, el primero necesario para la ventosa como herramienta de sujeción o también llamada efector final. Teniendo en consideración el uso de los actuadores, fue necesaria una fuente de poder de 5A. Las especificaciones técnicas de la fuente de poder seleccionada para el uso de actuadores, controlador y *driver* se muestran en el Anexo 1.

2.4 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Luego de realizar el diseño de las piezas y su ensamble, se tuvo en cuenta los requerimientos descritos en la metodología y se consiguió la integración del sistema para impresión continua de piezas en 3D como se puede observar en la Figura 19.

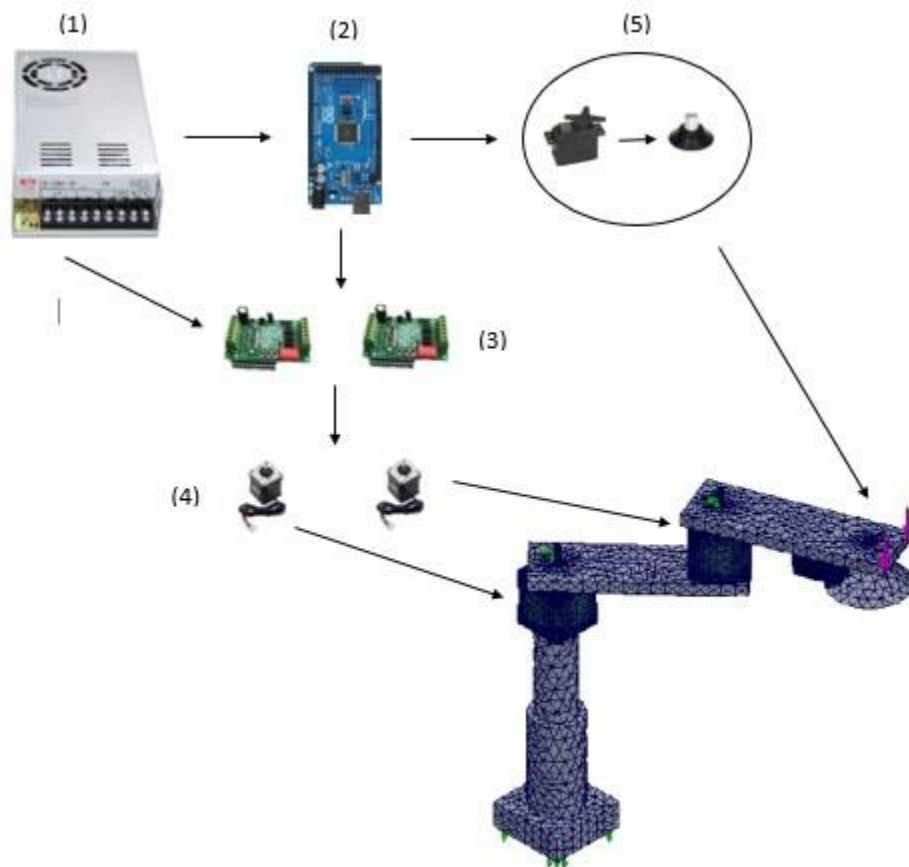


Figura 19. Integración de sistema para impresión continua de piezas en 3D.

El Sistema para impresión continua de piezas en 3D se compone de una fuente de poder (1), microcontrolador ATmega 2560 (2), *drivers* TB6560 (3) que a su vez, estaban conectados a los motores a paso nema17 (4), los mismos que sirven de aporte al movimiento de los eslabones, además como efector final, que estuvo compuesta por un servomotor y una ventosa (5), actuadores conectados al mecanismo tipo SCARA, cumpliendo así la función de movimiento entre puntos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RUTA DEL SISTEMA

El Sistema para impresión continua de piezas en 3D consta de giros rotacionales en sus dos eslabones programados para completar las trayectorias definidas que sitúa y quita el vidrio, entre el punto de bandeja de vidrios vacía, donde será ubicado el vidrio posterior a la impresión de un modelo; la bandeja de vidrio llena de donde tomará el nuevo vidrio para situarlo en la cama de la impresora y el tercer punto que es donde estará la impresora 3D. Con base en lo descrito anteriormente, continuación en la Figura 20 se muestra la ruta que cumple el sistema entre los puntos de trabajo.

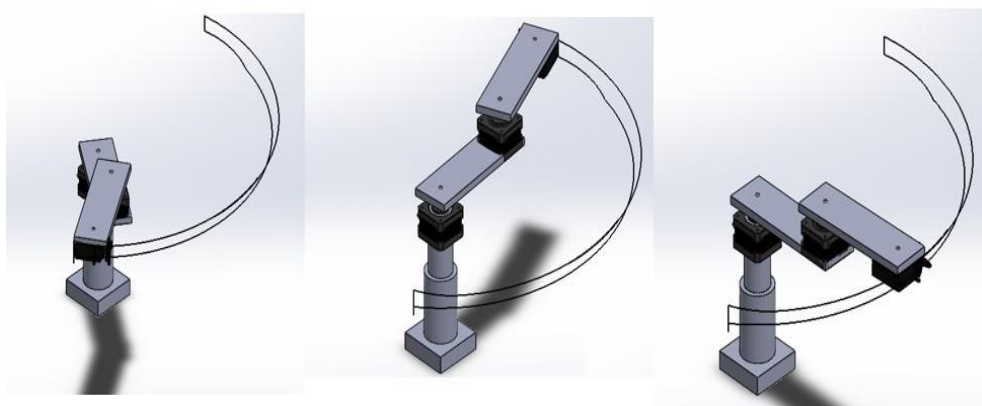


Figura 20. Ruta del sistema entre puntos de trabajo

La ruta del sistema entre los puntos de trabajo se obtuvo mediante las tareas asignadas del análisis basado en eventos como se muestra en la Figura 21.

Tareas		Desencadenadores			Acciones						Hora	
Nombre	Descripción	Desencadenador	Condición	Hora/Retraso	Operación	Acción	Valor	Duración	Perfil	Inicio	Fin	
✓ Tarea1	impact1	⌚ Tiempo		0s	🔧 act1	📄 Cambiar	-60deg	5s	📈	0s	5s	
✓ Tarea2	impact2	✓ Tarea1	Inicio de	<Ninguna>	🔧 act2	📄 Cambiar	-60deg	5s	📈	0s	5s	
✓ Tarea8	impact2	✓ Tarea2	Fin de t	<Ninguna>	🔧 act2	📄 Cambiar	-20deg	1.5s	📈	5.01s	6.51s	
✓ Tarea9	lineardown	✓ Tarea8	Fin de t	<Ninguna>	🔧 LinearMotor	📄 Cambiar	30mm	3s	📈	6.51s	9.51s	
✓ Tarea10	linearup	✓ Tarea9	Fin de t	2s retraso	🔧 LinearMotor	📄 Cambiar	-10mm	1s	📈	11.51s	12.51s	
✓ Tarea11	boact1	✓ Tarea10	Fin de t	<Ninguna>	🔧 act1	📄 Cambiar	130de	8s	📈	12.52s	20.52s	
✓ Tarea12	boact2	✓ Tarea10	Fin de t	<Ninguna>	🔧 act2	📄 Cambiar	130de	8s	📈	12.52s	20.52s	
✓ Tarea13	boact22	✓ Tarea12	Fin de t	0.5s retraso	🔧 act2	📄 Cambiar	40deg	2s	📈	21.02s	23.02s	
✓ Tarea14	down	✓ Tarea13	Fin de t	<Ninguna>	🔧 LinearMotor	📄 Cambiar	-20mm	2s	📈	23.03s	25.03s	
✓ Tarea15	fin	✓ Tarea14	Fin de t	<Ninguna>	🔧 act1	📄 Cambiar	-95deg	8s	📈	25.03s	33.03s	
✓ Tarea18	finact2	✓ Tarea15	Inicio de	<Ninguna>	🔧 act2	📄 Cambiar	-110de	8s	📈	25.03s	33.03s	

Figura 21. Tareas movimiento del sistema

En la Tabla 17 se detalla en orden la función de cada tarea que realiza el sistema.

Tabla 17. Función del sistema

Tarea	Función
1	Movimiento horario de 60° del actuador 1 durante 5 segundos
2	Movimiento horario de 60° del actuador 2 durante 5 segundos
3	Movimiento horario de 20° adicionales del actuador 2 durante 1.5 segundos
4	Movimiento del actuador lineal de 30mm hacia abajo en 3 segundos para la toma del vidrio de la impresora 3D.
5	La tarea 5 inicia con un retraso de 2 segundos que demora la toma del vidrio con la ventosa, posterior a ello, el actuador lineal sube 10mm en 1 segundo.
6	Movimiento antihorario de 130° del actuador 1 durante 8 segundos.
7	Movimiento antihorario de 130° del actuador 2 durante 8 segundos para completar el mismo movimiento hasta la bandeja de vidrio ocupada.
8	La tarea 8 inicia con un retraso de 0.5 segundos para completar un movimiento antihorario de 40° en un tiempo de 2 segundos.
9	El actuador lineal baja 20mm para dejar el vidrio en tomado desde la cama de la impresora 3D en la bandeja ocupada, en un tiempo de 2 segundos.
10	Movimiento horario de 95° grados hacia la bandeja de vidrio donde tomará uno nuevo para situarlo en la impresora.
11	Posterior a la tarea 10 que es para la función de tomar un nuevo vidrio y situarlo la impresora, se da además con el movimiento del actuador 2, con un movimiento de 110° en sentido horario hacia la bandeja de vidrios limpios.

3.2 RESULTADOS DEL SISTEMA

Al ejecutar la simulación se obtuvo las gráficas del momento y aceleración angular que están regidas por el movimiento entre puntos del sistema para impresión continua de piezas en 3D.

En la Figura 22 se pudo observar que en el rango de tiempo de 21.3 hasta 22.45 segundos, existe un momento angular de mayor valor el cual se dió mientras el sistema cumplía la función de situar el vidrio con el modelo impreso en la bandeja llena.

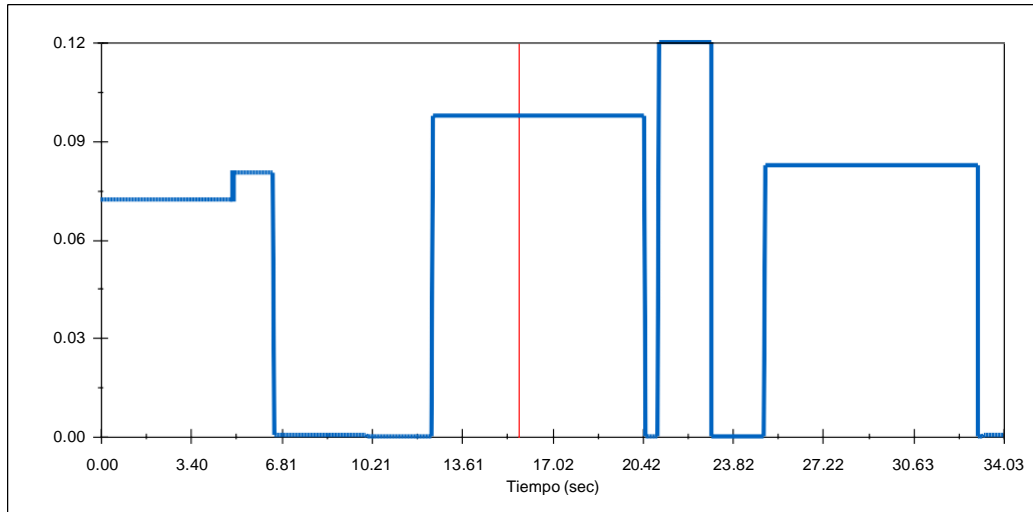


Figura 22. Gráfica del momento angular del sistema

Como se muestra en la Figura 23, a través del análisis de movimiento basado en eventos se puede observar el registro de la aceleración de los motores del sistema durante el tiempo que cumple la función de movimiento entre los puntos establecidos.

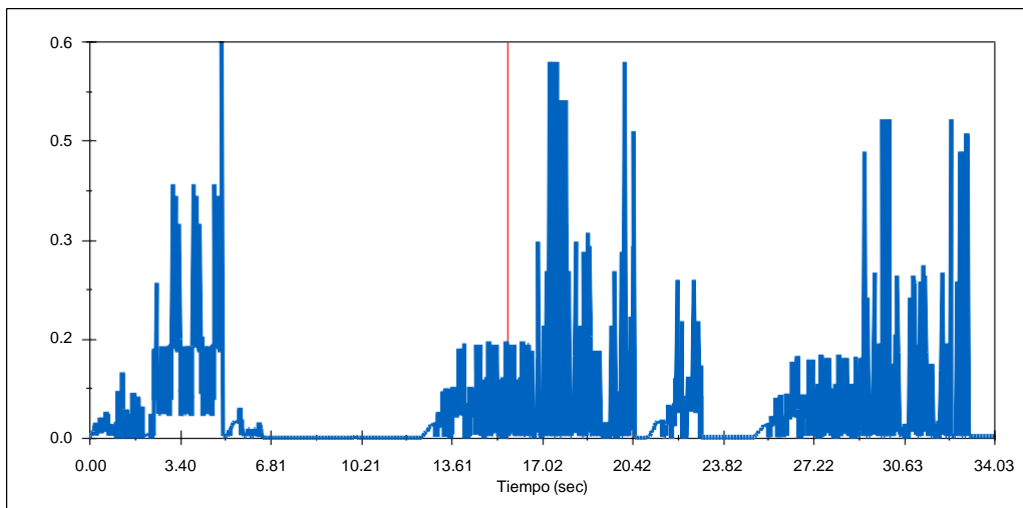


Figura 23. Gráfica aceleración angular del sistema

3.3 POSICIÓN FINAL DEL SISTEMA

Por medio del método de Denavit-Hartenberg se definió de los parámetros del sistema para impresión continua de piezas en 3D en la posición después de haber finalizado la función de remoción del vidrio de la cama de la impresora 3D como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. Parámetros D-H del sistema

Articulación	Θ_i	d_i	a_i	α
1	1	0	0	280mm
2	0	-1	-0	0
3	0	0	-1	150mm
4	0	0	0	1

3.4 COSTO DE FABRICACIÓN DEL SISTEMA

A continuación, en la Tabla 19 se detalla el costo de fabricación del Sistema para impresión continua de piezas en 3D.

Tabla 19. Costo de fabricación del sistema

Cantidad	Elemento	Valor unitario	Valor
1	Microcontrolador ATMEGA 2560	16,30	16,30
1	Fuente de alimentación VANTO 24V	60,00	60,00
2	Motor a pasos nema17	14,75	29,50
2	Driver TB6560	25,98	25,98
2	Acople motor a pasos	3,99	7,98
1	Servomotor Futaba s3003	9,99	9,99
1	Botón de Arranque	4,00	4,00
1	Botón de Paro de emergencia	4,00	4,00
1	Ventosa	9,99	9,99
2	Luz de estado	0,99	1,98
1	Material para el sistema	140,00	140,00
1	Mano de obra	160,00	160,00
	Total		469,72

El costo de fabricación del Sistema de impresión continua para piezas en 3D es de 469.72 USD.

3.5 TIEMPO DE VIDA ÚTIL

Se consideró la durabilidad en años de cada material usado para determinar el tiempo de vida útil del sistema para impresión continua de piezas en 3D, especificando los años de los materiales como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Tiempo de vida útil de los materiales

Elementos	Tiempo (años)
Cables para conexiones	10
Elementos electrónicos	5
Piezas de aluminio 6061 para eslabones	50

Conforme al tiempo de vida útil en años de los materiales usados se eligió el de los elementos electrónicos porque ser el más próximo en años a ser reemplazado.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema que permite la impresión continua de piezas en 3D, capaz de remover el vidrio de la cama de impresión de forma automatizada, posterior a cada impresión.
- Se definió el desarrollo conceptual del proceso de diseño a través de diagramas en lenguaje SysML y herramienta CAD con el fin de presentar soluciones a la desnivelación de la cama de la impresora, obteniendo como resultado un sistema basado en un brazo robótico SCARA capaz de trasladar el vidrio de la cama de impresión hasta la estación.
- Se diseñó un sistema basado en un brazo robótico SCARA de técnica *pick and place*, con el objetivo de remover el vidrio de 2kg de masa, de la cama de impresión; mediante dos motores a paso con torque máximo de 0.28 Nm con el fin de promover el movimiento adecuado en sus eslabones entre la cama de impresión y la estación, posee una ventosa de 60mm de diámetro como herramienta de sujeción para la remoción del vidrio y un sistema de sujeción de pernos en la base de sección cuadrada del sistema. Al ser un arreglo de cuatro pernos reduce el esfuerzo cortante que para este caso es fue 34.65N.
- Se validó la codificación del sistema a través del método de Denavit-Hartenberg para la posición final del brazo robótico SCARA, para una posición mínima de 80 grados en sentido horario hacia donde está situada la impresora y una posición máxima en sentido antihorario de 130 grados donde se encuentra la estación de vidrios vacía.
- En los resultados obtenidos de la implementación del sistema en la herramienta de simulación para el análisis de movimiento basado en eventos, se observó que mientras el sistema cumple con la función de dejar el vidrio en la bandeja ocupada, la gráfica de momento angular presenta un pico y esto es debido al traslado de la carga máxima desde la cama de la impresora.

RECOMENDACIONES

- Implementar un sensor tipo BLTouch al sistema para validar la nivelación de la cama de la impresora 3D.
- Implementar un sistema de ahorro de energía mientras el sistema se encuentra encendido sin realizar la función de remoción del vidrio.
- Implementar un sistema que permita detectar cuando finaliza la impresión del modelo y notifique al usuario a través de una *apk* para el posterior funcionamiento del sistema para impresión continua de piezas en 3D.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, V. (2018). *Automatización y Robótica*.
- Álvarez, L., & Betún, E. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de control electrónico a través de un micro controlador con señales mioeléctricas para el mejoramiento de la movilidad de un prototipo de prótesis de antebrazo humano izquierdo*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Amórtegui, V., Manrique, J., Rodas, O., & Vásquez, A. (2020). *Diseño de un grip para una ventosa cuyo uso sea alternable entre un robot colaborativo UR3 y un operario*. Pontificia Universidad Javeriana.
- ARDUINO. (2021). *Arduino Mega 2560 Rev3*. <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3?selectedStore=us>
- Área Tecnología. (2021). *Área Tecnología. TIPOS DE MECANISMOS*. <https://www.areatecnologia.com/MECANISMOS Y TIPOS.htm>
- Astudillo, A. (2020). *Diseño y construcción de robot SCARA multipropósito*. Universidad de Chile.
- Bordignon, F., Iglesias, A., & Hahn, Á. (2018). *Diseño e impresión de objetos 3D: Una guía de apoyo a escuelas* (1a ed.). UNIPE: Editorial Universitaria.
- Bucco, M. (2016). *La impresión 3D y su aplicación en los servicios médicos (prótesis, fármacos, órganos)*. Universidad de San Andrés.
- CONSUN. (2021). *Catálogo Pernos*. 23.
- Contreras, L. (2020). *3D Natives. Las 15 Impresoras 3D Más Baratas Del Mercado*. <https://www.3dnatives.com/es/top-10-impresoras-low-cost-27072016/>
- EDS Robotics. (2020). *Pick and place y su impacto en la industria*. <https://www.edsrobotics.com/blog/pick-and-place-que-es/>
- García, A. (2020). *Diseño y desarrollo de una celda de paletizado con un robot cartesiano controlado con KEBA*. Universidad Politécnica de Valencia.
- GeekFactory. (2021). *Motor a pasos NEMA 17*. <https://www.geekfactory.mx/tienda/robotica/motores-actuadores-servos-y-accesorios/motor-a-pasos-nema-17-17hs4401/>
- Gómez, D., Jiménez, J., & Sierra, S. (2017). *ROBOT LIMPIADOR DE SUPERFICIES VERTICALES*. Universidad Piloto de Colombia.
- Guachamboza, E., & Llamuca, F. (2017). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ESTACIÓN DE PALETIZADO PARA BALDOSAS CON EL ROBOT INDUSTRIAL KAWASAKI RS003N PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Gudino, M. (2017, December 22). Arrow Electronics. *Arduino Uno vs. Mega vs. Micro*. <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/arduino->

uno-vs-mega-vs-micro

- Martinez, P. (2019). *Simulación cinemática y dinámica del robot hexápodo escalador Romerín*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Molina-Rojas, R. (2019). *Diseño y fabricación de una impresora 3D y adaptación a una impresora 3D de chocolate*. Universidad de Jaén.
- Ortiz, A. (2019). LAS IMPRESORAS 3D COMO HERRAMIENTAS CIENTÍFICAS. *Encuentros Multidisciplinarios, Vol. 61*.
- Peralta, M., Maravi, D., Iparraguirre, M., & Prado, S. (2019). *Diseño e implementación eficiente de la primera impresora 3D multifuncional desarrollada en la UPAO*. 3, 10.
- Revista de Robots. (2020). *Ventosas de vacío para aplicaciones industriales*. <https://revistaderobots.com/sistemas-de-vacio/ventosas-de-vacio-para-aplicaciones-industriales/>
- Rico-Rivero, S. (2021). *Automatización del proceso de montaje y test de una lámpara led mediante robot industrial*.
- Riobó, J., Espelosin, J., Montaña, L., Mené, J., Diez, D., & Lalana, J. (2018). Nuevos sistemas robóticos de inspección e intervención en rehabilitación de fachadas. *Anales de Edificación, Vol.4, 6*.
- Rodríguez, X. (2018). *PROYECTO DE DISEÑO DE PIEZAS MODELADAS CON UNA IMPRESORA 3D PARA LA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE LA ASIGNATURA DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y TEORÍA DE ESTRUCTURAS*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Sánchez, J. (2019). *Impresoras 3D la nueva era tecnológica*.
- Serrano, D. (2020). *Ingeniería 3DDigital*. Ventajas y Desventajas de La Impresión 3D. <https://ingenieria3ddigital.es/servicio-de-impresion-3d/ventajas-y-desventajas-de-la-impresion-3d/>
- Teknika4. (2021). *ALUMINIO 6061*. <https://www.teknika4.com/es/aluminio-6061>
- Tipán-Suárez, A., Jima-Matailo, J., Beltran-Chamba, C., & Vinuesa-Sánchez, R. (2020). Diseño Mecatrónico para la fabricación de una impresora 3D. *Dominio de Las Ciencias, Vol. 6*.
- Velásquez, J. A. (2019). Procesos de Manufactura con tecnología 3D. *CTSCafe, Vol. 3*.
- Villa, H., & Regal, P. (2017). "TÉCNICAS DE VACÍO. TÉCNICAS DE VACÍO ÍNDICE Introducción ¿Qué es vacío? Formas de vacío Clasificación del vacío". <https://slideplayer.es/slide/1116805/>

ANEXOS

ANEXO 1. ESPECIFICACIONES DE FUENTE DE ALIMENTACION



Model	S-300-5	S-300-12	S-300-24	S-300-48
Specification				
DC output	5V 50A	12V 25A	24V 12.5A	48V 6A
Wave and noise	100mVp-p	120mVp-p	120mVp-p	150mVp-p
Inlet stability	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
Load stability	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
Efficiency	76%	83%	85%	86%
Adjustable range for DC voltage	±10%	±10%	±10%	±10%
AC input voltage range	85~132VAC/170~264VAC Selected by switch 47~63Hz,240~370VDC			
AC input voltage range	Cold-start current 18A/115V 36A/230V			
OverLoad protection	105%~135% hiccup mode,auto-recovery			
OverLoad protection				
Setup, rise, hold up time	200ms 50ms 20ms			
Withstand voltage	I/P-O/P:1.5KvAC I/P-FG:1.5KvAC O/P-FG:0.5Kv 1minute			
Isolation resistance	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:500VDC/100MΩ			
Working temperature	-10°C~+50°C			
Safety standards	Design refer to GB4943,UL60950,EN60950			
EMC standards	Design refer to GB9254,EN55022 classB			
Weight	1 kg			

(VANTO Products, 2021)