

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CODO Y MUÑECA PARA EL BRAZO ROBOT "UTN"

Carlos Endara*; Cosme Mejía **

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

*caendarav@utn.edu.ec; **cdmejia@utn.edu.ec

Resumen

Este proyecto presenta el diseño y construcción de un antebrazo robot, conformado por articulaciones de codo y muñeca, además puede ser controlado a través de instrucciones generadas por computador, y será capaz de ensamblarse con el resto de componentes que conforman un brazo robótico.

La ejecución del proyecto inicia con la investigación bibliográfica sobre los diferentes tipos de robots, morfología y tipos de articulaciones usadas en los mismos, de donde se selecciona el tipo de robot a realizarse.

El antebrazo robot se desarrolló mediante cálculos matemáticos, se obtuvo la resistencia del diseño y se comprobó su fiabilidad mediante simulaciones por computador. Para la selección correcta de los actuadores del antebrazo se realizó un análisis cinemático y dinámico del robot mediante la ayuda de Matlab®, donde se obtuvieron los datos precisos para la selección de los actuadores.

Una vez validado el diseño del antebrazo robot se procede a elaborar los planos mecánicos del mismo, desarrollados bajo la norma INEN de dibujo mecánico. A continuación se realiza el mecanizado y ensamblaje de los elementos que conforman el antebrazo, y se elabora el sistema de control del robot.

La funcionalidad del diseño se comprueba mediante el ensamble completo del brazo robot, observando su correcto

funcionamiento y verificando que cumpla los requerimientos del proyecto.

Palabras Claves

Manipulador, antebrazo robot, brazo robot.

Abstract

This project presents the design and construction of a robot forearm, made up of elbow and wrist joints, in addition can be controlled through computer generated instructions, and will be able to be assembled with the rest of components that make up a robotic arm.

The execution of the project begins with the bibliographical research on the different types of robots, morphology and types of joints used in them, from which the type of robot to be selected is selected.

The robot forearm was developed by mathematical calculations, the design strength was obtained and its reliability was checked by computer simulations. For the correct selection of the forearm actuators, a kinematic and dynamic analysis of the robot was carried out with the help of Matlab®, where precise data were obtained for the selection of the actuators.

Once the design of the robot forearm has been validated, the mechanical planes of the robot are developed, developed under the INEN standard of mechanical drawing. Then the machining and assembly of the elements that make up the forearm is performed, and the robot control system is elaborated.

The functionality of the design is checked by the complete assembly of the robot arm, observing its correct operation and verifying that it meets the requirements of the project.

Keywords

Manipulator, robot forearm, robot arm.

I. INTRODUCCIÓN

La revolución industrial vino dada por la explotación de obreros a los cuales se les obligaba a trabajar en procesos en serie durante largas horas y con salarios muy bajos. Todos estos procesos dieron un giro de 360 grados cuando nació la Robótica y con ella la utilización de los Brazos Robóticos que controlen procesos en cadena durante horas y a velocidades mayores sin la necesidad de salarios o vacaciones.

El uso de sistemas robóticos en la industria, para cumplir funciones que requieren extrema precisión ha ido en ascenso en las últimas décadas. El desarrollo de estos sistemas se ha enfocado en mejorar ciertos aspectos como resistencia para trabajar en diferentes condiciones, precisión con la que se realizan movimientos, multifuncionalidad (manipulación, corte, perforación, etc.), adaptabilidad en diferentes entornos de trabajo y la independencia en su funcionamiento, es decir que tenga la capacidad de tomar decisiones respecto a su actuación (Alonzo, 2014).

La problemática que se pretende satisfacer, es la necesidad de generar diseños propios u originales de sistemas de Brazo Robótico, que puedan ser empleados en la enseñanza y en la investigación para la Carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte, realizando un estudio

detallado para entregar un prototipo funcional y de calidad.

Los alumnos a través de este Brazo Robótico con fines didácticos pueden aprender a desempeñar tareas como cálculos cinemáticos, programación y sistemas de control así como las relacionadas con las cadenas de producción y la logística empleada en dicho proceso.

II. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto empieza con la búsqueda y recopilación de información que se pueda encontrar de trabajos realizados en artículos científicos, revistas especializadas, avances tecnológicos, libros, tesis, entre otros.

Se realiza la investigación acerca de los robots manipuladores existentes en el mercado, sus usos, el tipo de morfología que los caracterizan, además de sus grados de libertad y características.

Se elaboran tablas de comparación de manipuladores y se escoge el de mejores prestaciones para incorporarlo en el proyecto.

Se realiza una selección del material a utilizarse en el antebrazo robot.

La selección de los materiales permite conocer de forma cercana el peso y tamaño que el antebrazo tendrá, como también permite obtener cálculos más precisos en el diseño del modelo.

Con la información recopilada de los diferentes tipos de manipuladores existentes y conociendo los materiales y componentes que se usan en el proyecto se procede a realizar el modelado CAD de las articulaciones de codo y muñeca así como el eslabón del antebrazo robot.

Posteriormente se procede a realizar el ensamblaje de las articulaciones y el eslabón, para luego realizar una simulación del modelo donde se comprueba que resiste las cargas a las que se encuentra sometido, asegurando la fiabilidad del diseño.

Una vez se verifica el diseño se procede a la adquisición de los materiales necesarios para la elaboración del proyecto.

Se eligen los actuadores que se incorporen dentro del proyecto y se procede a la elaboración de las placas electrónicas que sirven para controlar el movimiento de los mismos.

Una vez seleccionado los actuadores y fabricadas las placas de control, se procede a la programación de un controlador incorporado dentro de las placas electrónicas y en que se establece los rangos de movimiento con los que trabajan las articulaciones del antebrazo.

Posteriormente a la fabricación de todas las partes mecánicas y electrónicas del antebrazo robot se procede a realizar el ensamblaje de todo el mecanismo verificando su buen funcionamiento y correcta colocación.

Se realiza pruebas de funcionamiento para verificar que todos los componentes trabajen correctamente.

III. RESULTADOS

Diseño del Antebrazo robot.

El diseño del antebrazo es realizado de tal forma que este disponga de dos articulaciones rotacionales en sus extremos:
Articulación de muñeca.

Articulación de codo.

Se utiliza SolidWorks como software de diseño de las articulaciones para el brazo

robot "UTN", aprovechando las ventajas de simulación con las que dispone para evaluar la fiabilidad del diseño.[1]

El antebrazo robot está realizado en base a una configuración de brazo articulado, cada pieza fue diseñada en SolidWorks, se realiza el ensamblaje de todo el modelo y se realizan las modificaciones necesarias hasta obtener un modelo de la *Fig. 1*.

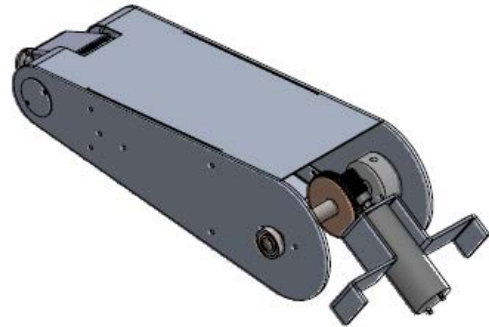


Fig. 1. Diseño del antebrazo robot

Una vez completado el ensamblaje del antebrazo robot en SolidWorks se realizan varias simulaciones para validar la resistencia del modelo CAD, obteniendo un factor de seguridad de 5.54, tal como se aprecia en la *Fig. 2*.

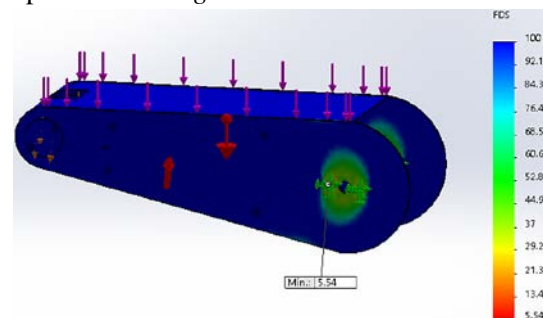


Fig. 2. Factor de seguridad.

Características técnicas.

Las principales características del antebrazo robot se muestran en la *Tabla 1*.

Tabla 1. Características técnicas del codo y muñeca para el brazo robot UTN

Articulación	Amplitud(°)	Rango de trabajo(°)	Transmisión
Codo	110°	0°-110°	Sinfin-corona
Muñeca en levantamiento	180°	-90°/90°	Banda dentada
Muñeca en giro.	360°	-180°/180°	Sin transmisión

Cinemática.

Una vez establecido el modelo del antebrazo robot se realiza un ensamble general de todos los componentes del brazo robot UTN como se aprecia en la *Fig. 3* y se ejecuta un análisis cinemático del manipulador.

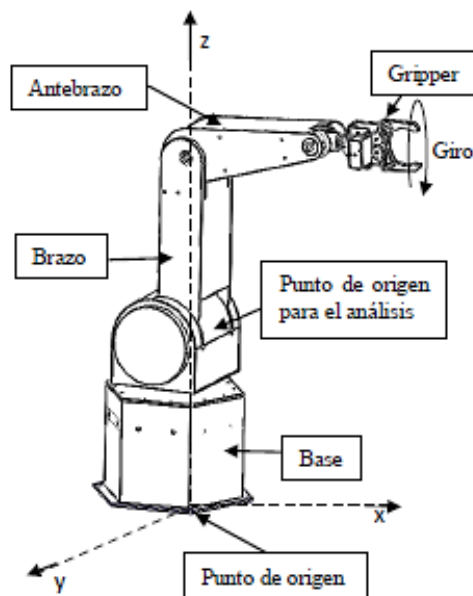


Fig. 3. Brazo robot UTN, con marco de referencias para el análisis cinemático.

Aplicando el método Denavit-Hartenberg se procede a la resolución del modelo cinemático del robot [2], observando el robot de la *Fig. 3*, se aprecia las articulaciones y el punto de origen para el análisis.

Se procede a llenar la Tabla 2 con los parámetros del robot, para realizar el análisis de la cinemática.

Tabla 2. Parámetros D-H para el robot UTN

i	θ	d	a	α
1	θ_1	d1	0	$\pi/2$
2	θ_2	0	11	0
3	θ_3	0	12	0
4	θ_4	0	13	0
5	θ_5	0	0	$\pi/2$

El estudio cinemático entrega los resultados de las trayectorias que es capaz de realizar el brazo robot UTN (*Fig. 4*), además permite conocer la posición final del robot.

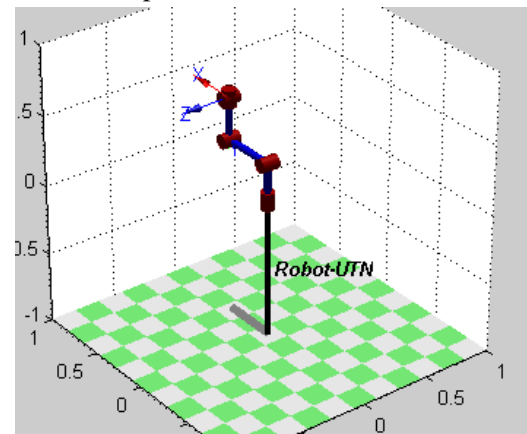


Fig. 4. Robot ejecutando trayectorias establecidas.

Dinámica.

Con la ayuda de Matlab y haciendo uso de los parámetros de la *Tabla 2*, se realiza un análisis dinámico del brazo robot UTN, permitiendo calcular de forma fácil y precisa el torque que deben tener los actuadores en cada articulación del robot.[3]

El análisis dinámico se efectúa siguiendo trayectorias como se aprecia en la *Figura 4*, y entrega el torque necesario para alcanzar la posición (*Fig. 5*) a lo largo de toda la trayectoria efectuada.[4]

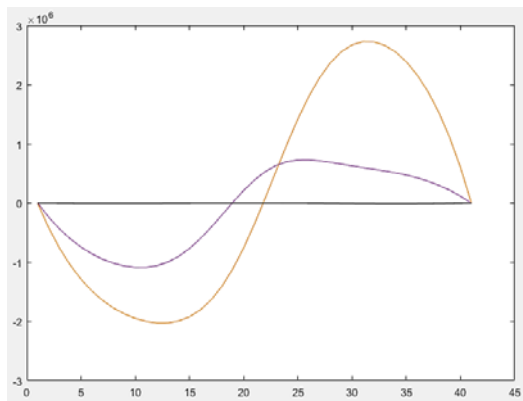


Fig. 5. Curvas de torques en la articulación de codo y muñeca para el brazo robot UTN.

El análisis dinámico entrega valores máximos de torque para cada articulación, siendo de 19 N.m para la articulación de codo, 6,5 N.m para la muñeca en levantamiento y de 1 N.m para la muñeca en giro.

Ensamblaje y Programación.

Se realiza el ensamblaje del codo y muñeca del antebrazo robot y se le da un acabado final, recubriendo toda su estructura con vinilos de color blanco y azul, como se observa en la Fig. 6.



Fig. 6. Antebrazo

Las figuras 7 y 8 muestran la programación utilizada en la articulación de codo y muñeca respectivamente.

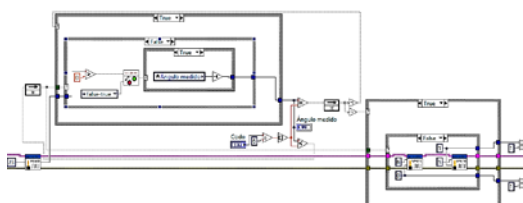


Figura 7. Programación para el codo

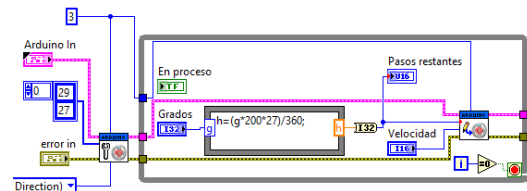


Figura 8. Programación de la muñeca.

Los bloques de programación procesan los datos ingresados en el programa a través de la interfaz gráfica que se observa en la Fig. 9



Figura 9. Interfaz gráfica.

Pruebas de funcionamiento.

Una vez implementados todos los componentes del codo y muñeca para el brazo robot UTN, se procede a realizar las pruebas de funcionamiento.

Se realizan pruebas de posicionamiento de cada articulación aplicando y sin aplicar carga, las Tablas 3, 4 y 5 muestran los datos obtenidos.

Tabla 3. Pruebas de funcionamiento en la articulación de codo.

Angulo ingresado (en grados)	Angulo obtenido (en grados)	
	Sin carga	Con carga (1Kg)
5	8	9
7	8	9
12	15	14
20	21	20
30	32	32
50	46	50
70	72	74
80	79	80
90	91	91
100	103	102
110	110	108

Tabla 4. Pruebas de funcionamiento en la articulación de muñeca en levantamiento.

Angulo ingresado (en grados)	Angulo obtenido (en grados)	
	Sin carga	Con carga (1Kg)
0	0	0
3	3	3
5	5	5
15	15	15
30	28	30
45	43	44
60	58	58
80	77	77
90	90	86

Tabla 5. Pruebas de funcionamiento en la articulación de muñeca en giro.

Angulo ingresado (en grados)	Angulo obtenido (en grados)	
	Sin carga	Con carga (1Kg)
0	0	0
3	3	2.8
5	5	5
10	10	9.6
20	20	19.5
30	30	30
50	50.2	48.7
80	80.2	78.6
110	108.9	106.8
140	138.3	137
160	159	158
180	178.5	179

De acuerdo a las tablas anteriores se obtiene que el error existente en el sistema no supera los 3 grados cuando las articulaciones trabajan sin carga, y de 4 grados cuando se aplica una carga de 1KG.

IV. CONCLUSIONES.

Mediante la investigación sobre los brazos robóticos se pudo seleccionar la

configuración articulada, como la mejor configuración morfológica para el brazo UTN, siendo los principales parámetros de funcionamiento del antebrazo robot los desplazamientos angulares, en la articulación de codo de 0° como mínimo y de 110° como máximo, en la muñeca en levantamiento un mínimo de -90° hasta un máximo de 90°, por último en la muñeca en giro un valor mínimo de 0° a un máximo de 300°.

Se escoge una plancha de aluminio ASTM A1200 de 3 mm de espesor para el diseño del antebrazo robot, por su relación peso resistencia y por ser fácil de conseguir en el mercado local.

Se obtiene un factor de seguridad de 5 en el diseño del antebrazo robot, lo que asegura la fiabilidad del diseño, y un esfuerzo máximo de 16,24 MPa, valor que no supera el esfuerzo admisible del material.

Los sistemas de transmisión empleados en cada articulación se los determina en base a los requerimientos de torque obtenidos mediante cálculos estáticos, también validados en MATLAB®, obteniendo un torque máximo de 19N.m para la articulación de codo, 6,8 N.m para la muñeca en levantamiento y de 1,3 N.m para la muñeca en giro.

El modelo matemático para el control del antebrazo robot se obtiene con la ecuación lineal $y = 9.85x - 8.31$, y se comprueba con la ayuda de MATLAB®, donde se obtiene una respuesta idéntica a la generada por la ecuación.

Se realizan análisis cinemáticos y dinámicos en el robot para asegurar su correcto funcionamiento, estos análisis permiten seleccionar los actuadores correctos para cada articulación, siendo un motor DC-550 para el codo y motores a pasos NEMA17 para la articulación de muñeca.

La construcción y ensamblaje de las articulaciones de codo y muñeca asegura un fácil acoplamiento con el resto de componentes del brazo robot UTN, así mismo es de rápido acceso para la manipulación de componentes internos, por ser totalmente desmontable.

La implementación del sistema de control en lazo cerrado para la articulación de codo y de lazo abierto para la muñeca, permite una conexión de 9600 baudios con el resto de componentes del brazo UTN.

Con las pruebas de funcionamiento realizadas se obtuvo que el sistema presenta un error del 80% en el codo cuando trabaja entre sus primeros 8° de funcionamiento, reduciéndose al 1,8% en 110°, la articulación de muñeca presenta un error máximo de 4,4% en levantamiento y de 6,7% en giro, en todos los casos trabajando con carga.

V. RECOMENDACIONES.

En trabajos futuros se recomienda continuar la línea de investigación enfocada en los diferentes tipos de materiales, buscando una reducción del peso del antebrazo robot, reduciendo el esfuerzo que realizan los actuadores, es recomendable usar un material compuesto de buenas características mecánicas y de bajo peso.

La velocidad de trabajo se puede reducir con el uso de actuadores de mayor velocidad, sistemas de transmisión diferentes y con mejoras en el sistema de control.

Se recomienda implementar sensores de posición en cada articulación del brazo para evitar posibles colisiones y censar en tiempo real la ubicación del robot.

VI. REFERENCIAS

[1] S. Gómez González, *SolidWorks®*. España: Marcombo, 2008.

- [2] F. Reyes Cortés, *Robótica: control de robots manipuladores*. México: Alfaomega Grupo Editor, 2011.
- [3] F. Reyes Cortés, *MATLAB aplicado a Robótica y Mecatrónica*. México: Alfaomega Grupo Editor, 2012.
- [4] S. Abdalá Castillo and R. Ñeco Caberta, "CARACTERIZACIÓN DE UN ROBOT MANIPULADOR ARTICULADO " Ingeniero Mecatrónico, CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO 2003.