

Robot móvil desinfectante para prevenir el Covid-19

Alvaro Garay
Escuela de Ingeniería
Mecatronica
Universidad Ricardo Palma
Lima, Perú
alvaro.garay@urp.edu.pe

Steven Rojas
Escuela de Ingeniería
Mecatronica
Universidad Ricardo Palma
Lima, Perú
alber.rojasy@urp.edu.pe

Abstract– Since 2020, there has been a critical health situation in the entire population of Peru due to the appearance of the COVID-19 Virus. People who have to work or leave home put their families at risk, because they can infect or transmit the virus; Likewise, isolation cannot occur for such a long time, since it affects many sectors within them the education sector. Therefore, this research, carried out under the supervision of the School of Mechatronic Engineering of the Ricardo Palma University, aims to design a robot that measures the temperature and identifies the correct use of the mask to finally provide a disinfectant gel to the user. , in order to prevent possible contagions between users. The robot has a mechanical design consisting of 4 wheels and a 3-degree-of-freedom robotic arm; The movement system is controlled by 2 DC Motors and their respective controller is powered by 1 24V battery. This study presents a Mechatronic Conceptual Design with SolidWorks 2020 software for the development of 3D mechanical systems, Fritzing for the technical diagrams of the electrical and electronic circuits, MATLAB R2021b for the mask recognition, Copelia for the kinematic movement tests of the arm. robotic. In conclusion, prevention is undoubtedly the best option to avoid possible contagion of covid-19 and by using our robot we want to achieve this end.

Keywords: Control, hardware, programming, Robot, software, motor, Sanitizing Gel.

I. INTRODUCTION

COVID-19 es una enfermedad que ha ido aumentando sus casos exponencialmente en muchos países. Actualmente, en el Perú el número de contagios es elevado, con lo que demuestra no estar controlado, como se visualiza en la Fig 1,



Fig 1. Grafico de casos de Covid-19 en Perú [1].

Ante el retorno de clases en su forma presencial una de las maneras para prevenir el COVID-19 en los centros

educativos es que los estudiantes porten correctamente la mascarilla sumada a una desinfección de manos al ingresar y salir de las instituciones. Actualmente, estas medidas son tomadas por un personal a cargo, el cual realiza esta labor de manera manual viéndose expuesto al COVID-19.

En la actualidad hay diferentes prototipos de robots que se encargan de la limpieza en los lugares que lo requieran: manipuladores, híbridos, etc. Actualmente, en el sector de la desinfección una de las principales razones por la que estos robots están siendo utilizado para la limpieza es porque pueden realizar varias tareas. Asimismo, el costo de construcción de estos robots ha permitido a diferentes microempresas desarrollar prototipos similares a estos robots de limpieza, por ello teniendo como objetivo principal la prevención del Covid-19, desarrollamos un prototipo de robot desinfectante para ser ubicado en las entradas de los centros educativos.

El diseño propuesto tiene un brazo robótico de 3 grados de libertad el cual tiene una cámara y sensores en el extremo con la finalidad de verificar la temperatura y que el usuario esté portando una mascarilla. también tiene un sistema de almacenamiento para el gel desinfectante el cual mediante una bomba neumática desplazará el gel hacia el extremo del robot el cual será entregado previamente habiendo reconocido que el usuario lleve una mascarilla. El material utilizado en las bases y componentes del robot es de aluminio, esto con el fin de aligerar el peso y permitir que el robot se mueva con mayor libertad, minimizando la pérdida de fuerza. La figura 2 muestra diseño final del robot.



Fig.2. Diseño del robot desinfectante.

II. MATERIALES Y METODOS

A. Diseño mecatrónico

El robot propuesto está acoplado a un chasis de material de aluminio, teniendo este una arquitectura similar a la de un carro con la finalidad de que este se pueda desplazar únicamente en circunstancias necesarias tales como un posible mantenimiento o cambiar a otro punto específico, donde se realizará el trabajo.

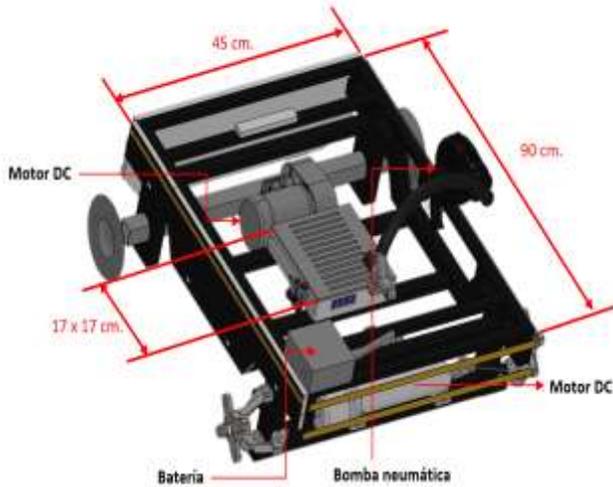


Fig.3. Componentes y dimensionado del chasis.

La energía es suministrada por una batería de 12V / 5A. El movimiento de las ruedas es impulsado por 2 Motorreductores 12V / 25W, bomba neumática de 12V. El circuito principal está ubicado en el centro y tiene 2 niveles de control mediante 2 placas Arduino, uno para controlar el movimiento de las ruedas y servomotores, y otro para la bomba neumática, cámara y sensores (siendo estos dos últimos ubicados en el extremo del robot).

Circuito de placa para la alimentación de motores.

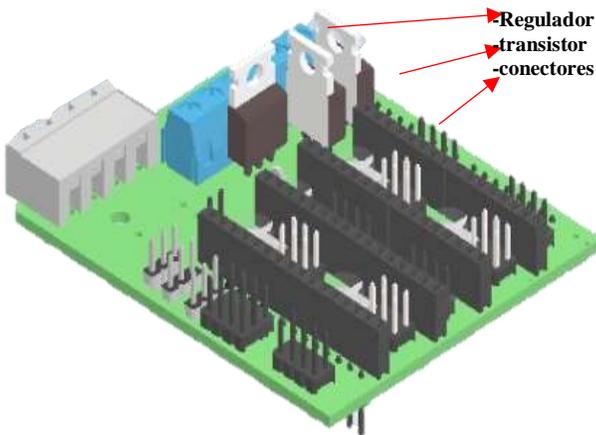


Fig.4. placa para alimentación de motores.



Fig .5. Deposito de polietileno de alta densidad con capacidad para 5Kg.

El brazo del robot es del material aluminio y consta de 3 servomotores Dynamixel XC430-240-T, los cuales utilizan señales PWM y un sistema de engranes rectos, que brindan una mayor precisión y eficiencia de los movimientos y como se muestra en la Fig.5 donde se detalla la ubicación de cada uno de los servomotores.

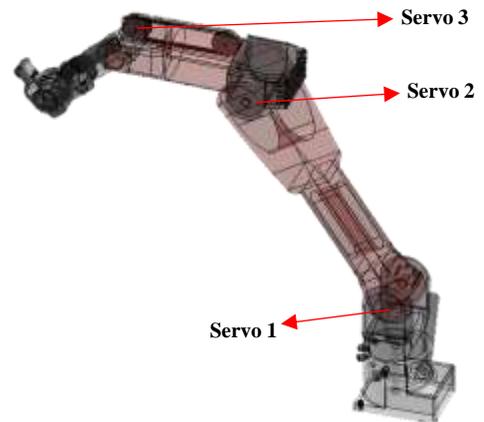


Fig.6. Ubicación de servomotores.

Dimensionado del brazo del robot considerando para cada eslabón la proporcionalidad entre ellos y las medidas consideradas para el chasis.

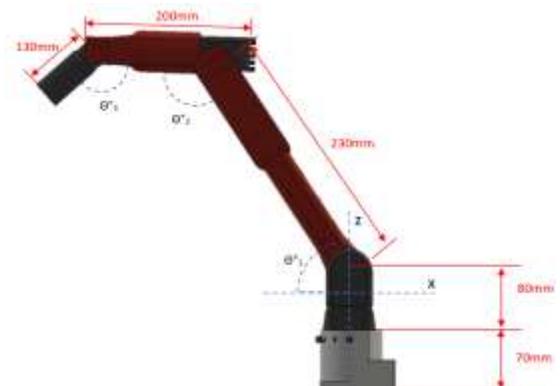


Fig.7. Brazo y dimensionado.

B. Métodos

El robot sigue una secuencia lógica para la actividad propuesta, la cual para este proyecto está dada por las siguientes etapas reconocimiento de mascarilla y medida de temperatura a través de una cámara y un sensor infrarrojo ubicados en el extremo del robot y la posterior entrega de un gel desinfectante al usuario. Para lograr el objetivo propuesto se ha realizado un diseño mecánico, eléctrico-electrónico y de control.



Fig .8.Cámara Arducam PTZ 4K de 13MP.

Mediante el uso del sensor sensor ultrasonido HC-SR04, el cual va a estar colocado en el extremo del robot podremos reconocer a los distintos usuarios y mediante un el sensor infrarrojo MLX90614 realizar la toma de temperatura de cada usuario. En la siguiente figura mediante el uso de la plataforma de simulación fritzing se muestran las conexiones respectivas para el sensor ultrasonido HC-SR04 y el sensor de infrarrojo MLX90614.

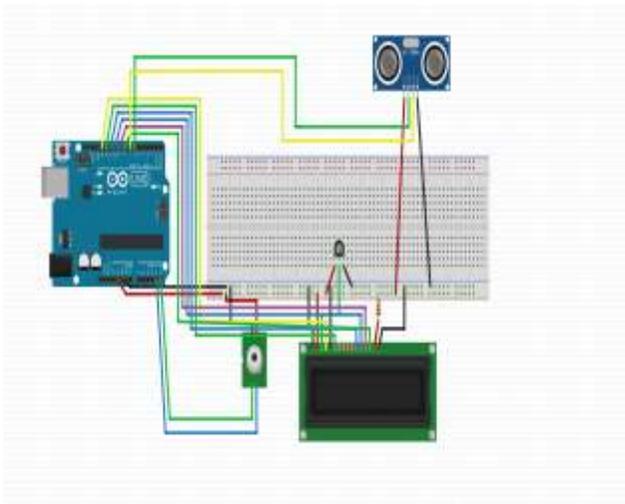


Fig.9. Circuito simulado usando Arduino y los sensores de ultrasonido HC-SR04 e infrarrojo MLX90614.

III. ANÁLISIS CINEMÁTICO Y SIMULACIÓN

La descripción matemática del robot está representada por un modelo cinemático que se muestra en la Figura 10. Esta formulación se basa en el supuesto de que el robot se mueve sobre una superficie plana.

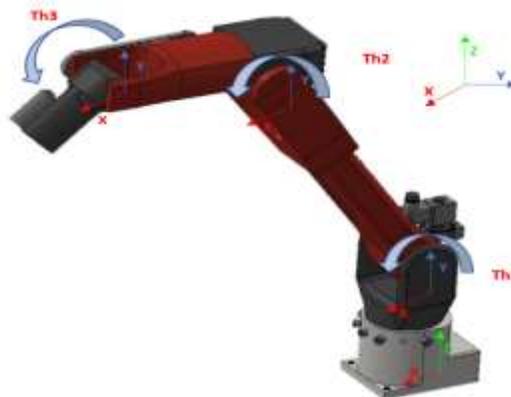


Fig.10. Brazo, Grados y sistemas de referencia.

Cinemática Directa

Para el robot en estudio, los parámetros de Denavit-Hartenberg se muestran en la tabla.

Tabla. Parámetros Denavit-Hartenberg del manipulador propuesto

Articulación	θ	d	a	α
1	θ_1	230	0	90
2	θ_2	0	200	0
3	θ_3	0	130	0

Fig.11. Denavit-Hartenberg parameters.

Una vez obtenidos los parámetros de Denavit- Hartenberg se calculan las matrices de transformación homogénea para cada uno de los sistemas coordenados.

$$\begin{aligned}
 {}^0 A_1 &= \begin{bmatrix} C\theta_1 & 0 & S\theta_1 & 0 \\ S\theta_1 & 0 & -C\theta_1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 230 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 {}^1 A_2 &= \begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & 200 * C\theta_2 \\ S\theta_2 & C\theta_2 & 0 & 200 * S\theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 {}^2 A_3 &= \begin{bmatrix} C\theta_3 & -S\theta_3 & 0 & 130 * C\theta_3 \\ S\theta_3 & C\theta_3 & 0 & 130 * S\theta_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Matriz T, que relacione tanto la posición y orientación del extremo del robot con respecto a un sistema coordenadas de referencia fija.

$$T = {}^0A_3 = {}^0A_1 {}^1A_2 {}^2A_3 \quad (2)$$

De la matriz T extraemos los términos que corresponden al posicionamiento del extremo del robot propuesto.

$$X = 130C\theta_1 C\theta_2 C\theta_3 - 130C\theta_1 S\theta_2 S\theta_3 + 200C\theta_1 C\theta_2 \quad (3)$$

$$Y = 130S\theta_1 C\theta_2 C\theta_3 - 130S\theta_1 S\theta_2 S\theta_3 + 200S\theta_1 C\theta_2 \quad (4)$$

$$Z = 130S\theta_2 C\theta_3 + 130C\theta_2 S\theta_3 + 230 + 200S\theta_2 \quad (5)$$

Cinemática Inversa

Contrariamente al caso de la cinemática directa, en la cinemática inversa se buscan los valores que deben tomar las articulaciones, para que el robot se posicione y oriente en una determinada localización espacial. Para dicho desarrollo primero se definen las matrices inversas de las matrices de transformación homogénea de cada enlace.

$$\begin{aligned}
 {}^1A_0 &= \begin{bmatrix} C\theta_1 & S\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -230 \\ S\theta_1 & -C\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 {}^2A_1 &= \begin{bmatrix} C\theta_2 & S\theta_2 & 0 & -200 \\ -S\theta_2 & C\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 {}^3A_2 &= \begin{bmatrix} C\theta_3 & S\theta_3 & 0 & -130 \\ -S\theta_3 & C\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned} \quad (6)$$

Una vez obtenidas las matrices de transformación inversa, y partiendo de la ecuación (2), se manipulan de manera que las variables articulares queden en función de la posición espacial.

$$({}^0A_1)^{-1} * T = {}^1A_2 * {}^2A_3 \quad (7)$$

De la ecuación (7) se obtienen un sistema de ecuaciones, del cual, haciendo uso de igualdades trigonométricas se obtienen los valores de las variables articulares:

$$\theta_1 = \arctg\left(\frac{Py}{Px}\right)$$

$$\begin{aligned}
 \theta_{2a} &= \left(2 * \arctan\left(\frac{b + \sqrt{b^2 - c^2 + a^2}}{a + c}\right) \right) \\
 \theta_{2b} &= \arctan\left(\frac{b * \cos \theta_2 - a * \sin \theta_2}{a * \cos \theta_2 + b * \sin \theta_2 - 200}\right)
 \end{aligned} \quad (8)$$

Donde:

$$a = \cos \theta_1 * Px + \sin \theta_1 * Py$$

$$b = Pz - 230$$

$$c = \frac{23100 + a^2 + b^2}{400} \quad (9)$$

Simulación y resultados

Para las pruebas de detección de personas y monitoreo de la temperatura corporal, se usó el controlador Arduino UNO para controlar los sensores para la adquisición de datos. Los sensores para utilizar son: el sensor ultrasonido HC-SR04 y el sensor de temperatura MLX90614.

Luego de compilar, se sube el código dentro de la memoria del Arduino UNO para poder adquirir los datos como se aprecia en la fig.12.



Fig.12. Resultados de la simulación en Arduino

MATLAB (USO DE LA MASCARILLA)

Para las pruebas de reconocimiento de mascarilla, se realizó la simulación en MATLAB R2021B sobre el uso de la mascarilla mediante la cámara web implementada en el robot. Primero preparamos el dataset de entrenamiento, separamos las imágenes en carpetas las cuales se comportan como etiquetas, podemos tomar como ejemplo colocar una carpeta en la cual estarán las 2 carpetas como se puede ver en la Fig .13.



Fig.13. Imágenes de entrenamiento.

Luego de preparar el dataset de entrenamiento, se procedió a un proceso de entrenamiento, la cual duro 1 minuto con 58 segundos en 6 épocas con 576 iteraciones.

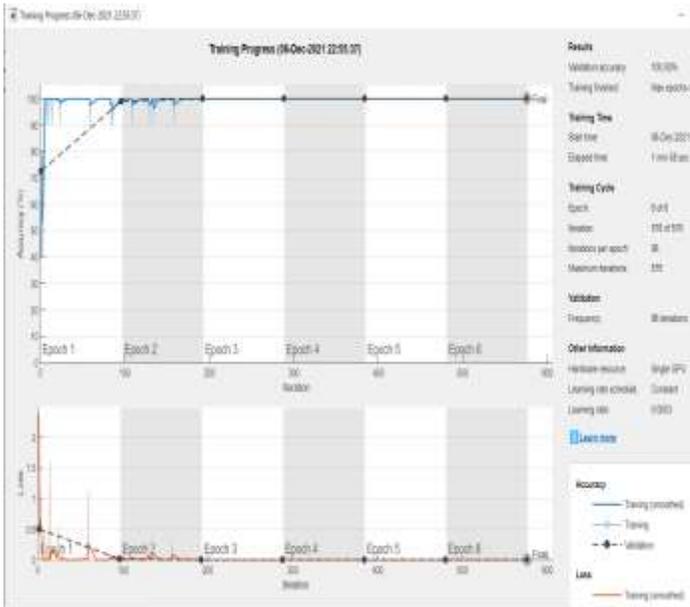


Fig.14. Entrenamiento de la red neuronal.

Después del entrenamiento nos dará el siguiente resultado:

Resultados

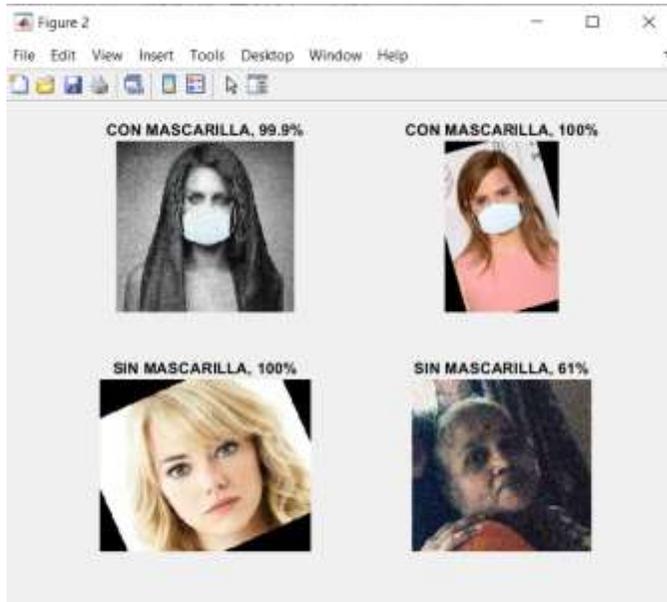


Fig.15. Testeo de la Red Neuronal.

Con el uso de la cámara web se realizó la prueba en el campo real, la cual nos indica que el programa si ha resultado útil para este proyecto debido a que queremos a que el robot identifique el uso de la mascarilla. En las siguientes figuras se aprecia los resultados finales de la simulación:



Figura 16: Testeo de la red neuronal en una prueba real sin mascarilla



Figura 17: Testeo de la red neuronal en una prueba real con mascarilla

MATLAB (ROBOT)

Para la simulación en Matlab sobre el robot del proyecto, se realizó una simulación la cual nos muestra el proceso del robot al momento de rociar alcohol en nuestras manos.

Primero preparamos el código, gracias al uso de los parámetros de Denavit-Hartenberg, se pudo realizar el análisis el movimiento del robot como en la fig.18.

```

% Denavit-Hartenberg parameters for a 3-DOF robot arm
% Link 1: Base to Shoulder
% Link 2: Shoulder to Elbow
% Link 3: Elbow to Wrist

% DH parameters
a = [0; 0.4; 0.4]; % Link lengths (m)
alpha = [0; 0; 0]; % Link twist angles (rad)
d = [0.1; 0; 0]; % Link offsets (m)
theta = [0; 0; 0]; % Joint angles (rad)

% Denavit-Hartenberg matrix
DH = [1 0 0 0; 0 1 0 0; 0 0 1 0; 0 0 0 1];
for i = 1:3
    DH = DH * [cos(theta(i)) -sin(theta(i)) 0 a(i);
               sin(theta(i)) cos(theta(i)) 0 a(i);
               0 0 0 1;
               0 0 0 0];
end
DH

% DH matrix result
ans =
    1.0000    0.0000    0.0000    0.0000
    0.0000    1.0000    0.0000    0.0000
    0.0000    0.0000    1.0000    0.0000
    0.0000    0.0000    0.0000    1.0000
  
```

Fig.18. Parámetros simulados del robot de 3 GDL.

Luego nos muestra la siguiente imagen, la cual el robot esta en una posición inicial.

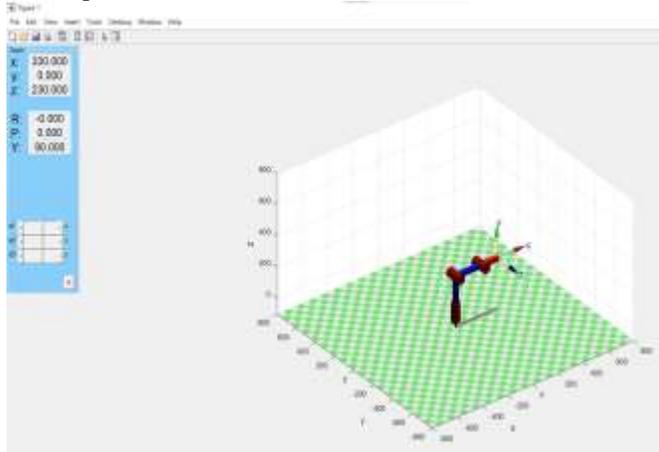


Fig.19. Robot en estado inicial

Para la entrega del alcohol, se realizó los siguientes movimientos, primero el sensor ultrasonido HC-SR04 detecta que hay una persona llegando a la puerta principal de la institución educativa, la cual la pieza del robot se mueve hacia arriba, llegando a la frente de la persona detectando la temperatura corporal y el uso de la mascarilla correcta.

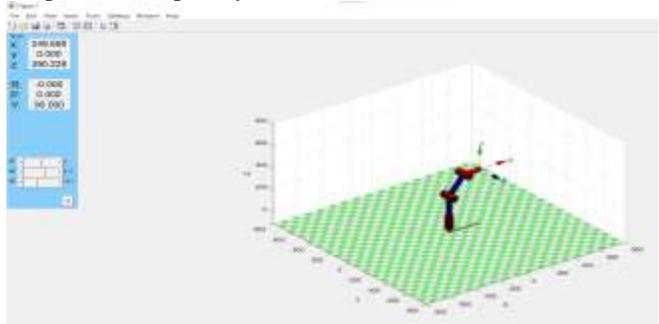


Fig.20. Robot preparado para adquirir los datos de la temperatura corporal.

Si el robot detecta que la temperatura corporal es mayor a 36°C y menor que 37.5°C, la pieza del robot cambia de posición, llegando a mirar la mano de la persona.

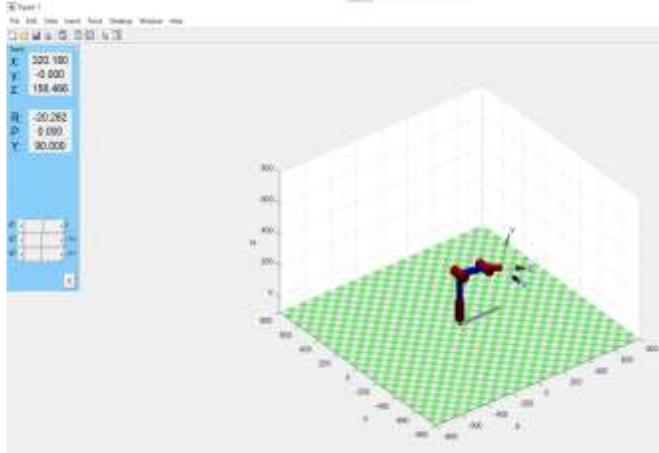


Fig.21. Robot preparado para rociar alcohol en la palma de la mano de la persona.

Al finalizar el proceso, el robot retorna a su estado inicial, para que cuando pase otra persona realice nuevamente los mismos movimientos.

IV. CONCLUSIONES

Se concluye que el robot cuenta con un sistema simple que le permite interactuar con las personas ubicado en las entradas de las instituciones para ejercer los objetivos planteados los cuales son reconocer la temperatura corporal y verificar el uso de mascarilla en los usuarios para posteriormente proporcionarles un gel desinfecte, cuenta con un brazo de 3 grados de libertad y una base de chasis con 4 ruedas para desplazarse únicamente ante un posible mantenimiento o cambio de punto de trabajo, además tiene 2 niveles de control mecatrónico mediante 2 placas Arduino, todos ellos alimentados por una batería de 12v-5000mAH. Se pudo completar la mecánica, eléctrica/ diseño electrónico y simulación de análisis cinemático del brazo robótico.

Gracias al software Matlab R2021B se hizo posible el reconocimiento del uso de la mascarilla de la persona usando la inteligencia artificial entrenando así la red neuronal usando un dataset de muchas imágenes que están incluidas en la carpeta de DAT, también con el uso del controlador Arduino UNO se pudo reconocer a la persona cuando está entrando en la puerta principal de la institución educativa usando el sensor ultrasonido HC-SR04 y el monitoreo de la temperatura corporal usando el sensor de temperatura sin contacto MLX90614.

REFERENCIAS

- [1] Nethery J.F. and Spong M.W., "Robotica: A Mathematica Package for Robot Analysis", IEEE Robotics & Automation Magazine, vol. 1, N° 1. págs. 13-20, Marzo 1994
- [2] Robin 1.3 Copyright © 1995 MTS Mathematisch Technische Software-Entwicklung GmbH Berlin (DEMO propiedad de la U.S.B.).
- [3] Mashefka D. W, Orin D. E., XAnimate: An Educational Tool for Robot Graphical Simulation", IEEE Robotics & Automation Magazine, vol. 3, N° 2, págs. 6-14, Junio 1996
- [4] Granados M., A. L Perspectiva Tridimensional Mediante Proyecciones Axonométricas y Cónicas". Avances Recientes en Bioingeniería: Investigación y Tecnología Aplicada, Ed. V. Barrios, G. Montilla y M. Cerrolaza, Sociedad Venezolana de Métodos Numéricos (SVMNI), Caracas. 1997. págs. IT1-IT6
- [5] Müller-Karger, C., Granados, A, "Hyperbolic Trajectories for Pick and Place Operations to Elude Obstacles" XVII Congreso Ibero Latino-Americano de Métodos Computacionales en Ingeniería (XVIII CILAMCE), Brasilia, 29-31 Octubre de 1997.
- [6] Wolovich, W., "Robotics: Basic Analysis and Design", CBS College Publishing, New York, USA, 1987.
- [7] [1] B. Xu et al., "Epidemiological data from the COVID-19 outbreak, real-time case information," Sci. Data, vol. 7, no. 1, p. 106, 2020.
- [8] [2] C. V. Munayco et al., "Early transmission dynamics of COVID-19 in a southern hemisphere setting: Lima-Peru: February 29th–March 30th, 2020", Infect. Dis.
- [9] Model., vol. 5, pp. 338–345, 2020.
- [10] [3] T. P. Velavan and C. G. Meyer, "The COVID-19 epidemic," Trop. Med. Int.