



## RED NEURONAL ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE ROBOT DE SUPERVISIÓN INDUSTRIAL APLICADO EN LABORATORIO FARMACÉUTICO.

(ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR THE CONTROL OF INDUSTRIAL SUPERVISION ROBOT APPLIED IN PHARMACEUTICAL LABORATORY.)

Simón Bravo  
[simon130598@hotmail.com](mailto:simon130598@hotmail.com)  
SM PHARMA C.A.

### RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo el diseño de una red neuronal artificial para el control de robot de supervisión industrial en laboratorio farmacéutico, el cual está sustentado en autores como Aggarwal (2018), Berzal (2018), Krisel, D. (2007), Saeed, B. et al. (2020), entre otros. La metodología fue de tipo descriptiva proyectiva con un diseño no experimental. La población estuvo conformada por un Robot Móvil el cual presenta las variables necesarias para implementar dicha técnica de control, de la cual se tomó una muestra de distancia de su entorno obtenida mediante los sensores ultrasónicos que dicho prototipo posee. Se empleó como instrumento de recolección de datos matrices de análisis. En los resultados se observa se obtuvo el controlador utilizando redes neuronales artificiales necesario para el correcto movimiento del robot de supervisión industrial. Concluyendo que dicha estrategia de control puede ser aplicado con cualquier modelo utilizando un controlador el cual conste de con la capacidad de procesamiento necesario para la aplicación del programa y del modelado de la red neuronal artificial para el control del movimiento automático del Robot Móvil.

**Palabras Claves:** Inteligencia Artificial, Redes Neuronales Artificiales, Robótica.

### ABSTRACT

The present work had as objective the design of an artificial neural network for the control of industrial supervision robot in pharmaceutical laboratory, which is supported by authors such as Aggarwal (2018), Berzal (2018), Krisel, D. (2007), Saeed, B. et al. (2020), among others. The methodology was descriptive projective with a non-experimental design. The population consisted of a Mobile Robot which presents the necessary variables to



implement this control technique, from which a sample of distance was taken from its environment obtained by means of the ultrasonic sensors that this prototype has. Analysis matrixes were used as a data collection instrument. The results show that the controller was obtained using artificial neural networks necessary for the correct movement of the industrial supervision robot. Concluding that this control strategy can be applied with any model using a controller which has the necessary processing capacity for the application of the program and the modeling of the artificial neural network for the control of the automatic movement of the mobile robot.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Artificial Neural Networks, Robotics

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el uso de robots móviles en las grandes industrias y plantas ha ido aumentando con el pasar de los años y cada vez que se desarrolla una nueva tecnología que aplicar se diseñan nuevos equipos que se adapten mejor a cada una de las necesidades de las industrias. Aun cuando en el presente las maquinarias y los robots est n tomando mayor importancia en los procesos productivos de las industrias, sigue existiendo una gran cantidad de variables que se pueden controlar de forma remota con un amplio número de aplicaciones en los cuales se puede utilizar en cualquier tipo de robot autónomo. De la misma forma, estos dispositivos autónomos deben asegurar que el proceso de tableado y filtrado de pastillas trabajen de manera óptima y sin entorpecer cualquier tipo de actividad dentro del laboratorio farmacéutico.

Debido a los avances tecnológicos que se están desarrollando mundialmente, se detecta la necesidad de implementar una supervisión automática de áreas de alto riesgo en la industria de manera remota, ya que las diferentes intervenciones humanas en procesos de producción aumentan la posibilidad de una perdida de lote debido a ingreso de partículas a las diferentes áreas que modifican las muestras procesadas. Al disminuir la intervención humana en las áreas se cuida la esterilidad del cuarto de procesamiento de tableado, se mantiene una supervisión remota de las variables ambientales del área sin disponer de personal humano para dicha actividad y provee dicha información de forma remota a una central.

Por las fallas de control en el desplazamiento de ciertos robots de supervisión, no se permiten este tipo de máquinas hasta que sus movimientos sean precisos y sin fallas, ya que pueden intervenir en el proceso que se est  realizando. Para ello se busca tener un controlador que rija cada uno de los movimientos que realice el robot móvil, recopilando información del entorno que rodea el mismo y realice una acción de control óptima para su correcto desplazamiento en las áreas de producción, esto



para la medición de diferentes variables ambientales que son de suma importancia para la validación de la calidad del producto, específicamente temperatura, humedad relativa y detección de gases en las áreas de producción donde se incorpore, actuando de forma óptima con la posibilidad de obtener un control dual sobre el equipo.

En este orden de ideas, una red neuronal artificial se utiliza para hacer un análisis y un comportamiento de diferentes variables que se puedan presentar en un proceso, que tenga la capacidad de aprendizaje el cual estudia los diferentes patrones de comportamiento de estas variables con respecto al tiempo, todo esto para luego emitir una salida de control acorde con los parámetros que se desea para cada una de las variables ingresadas. Este tipo de control predictivo, al ser aplicado a un robot móvil que posea un controlador el cual ejecute todo el procesamiento de datos para una acción predictiva aplicado a los componentes que rigen el comportamiento del mismo, representa un avance que puede ser investigado y aplicado para un sinnúmero de aplicaciones.

Actualmente en varios países se están desarrollando robots los cuales se están aplicando en ciertos ámbitos industriales para la elaboración de diferentes tareas, buscando con ello el control de la planta industrial. De no estudiar a fondo esta variable el futuro de la supervisión de los procesos quedaría estancado, el propósito de los investigadores es poder automatizar cada vez más cada una de las áreas que se encuentren dentro de plantas o fabricas industriales. El estudio y la implementación de las Redes Neuronales Artificiales (RNA) que se pueden aplicar sobre ciertos equipos que requieren un control y predicción del comportamiento de las variables en una industria es parte del futuro de la ingeniería.

De la misma forma, en el país no se ha implementado a fondo la robótica en el área de supervisión de procesos, los cuales ya están siendo aplicados a nivel mundial en diferentes sectores y áreas de producción, específicamente la combinación tanto de la rama de los robots móviles como los controles predictivos modernos que se pueden aplicar en diferentes sectores de la industria. Se busca fomentar la implementación de equipos de supervisión para las diferentes tareas que se puedan presentar en la industria venezolana.

De la misma forma, según lo estipulado por Grumbach, E. (2021) las industrias farmacéuticas sufren la falta de actualizaciones tecnológicas o soluciones innovadoras debido al alto costo de los nuevos equipos, lo cual representa en gran parte el atraso tecnológico de la última década. Esto ha producido un gran déficit en el área del desarrollo tecnológico e innovación que debe ser renovado y actualizado con la finalidad de poder ir avanzando y resolviendo las diferentes problemáticas de las industrias farmacéuticas. Específicamente, los diferentes laboratorios farmacéuticos ubicados en



nuestra región sufren déficits de recopilación de datos en lo que corresponde a las diferentes variables de temperatura, humedad, moléculas tóxicas, los cuales pueden ser diagnosticados mediante un robot móvil que transmita la información a una central de forma periódica.

Con la presente investigación se busca presentar alternativas de controles inteligentes como las redes neuronales artificiales para complementar el área de control de procesos aplicado a la rama de los robots móviles. La combinación de ambas tecnologías que estén acopladas a un mismo sistema representa un avance significativo en comparación con los tipos de controles que han sido aplicados hasta el día de hoy. De seguir la situación actual en la cual los procesos industriales en ambientes de alto riesgo no son estrictamente vigilados por sensores de instrumentación que estén en contacto directo con las maquinarias donde se esté laborando y con los operadores del área, representa un riesgo químico, físico y biológico, así como un riesgo de contaminación sobre la materia prima con la que se esté trabajando, lo cual equivale a pérdidas monetarias y de personal.

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### Red Neuronal Artificial

De acuerdo a lo aportado por Aggarwal, C (2018) las redes neuronales artificiales son técnicas populares de aprendizaje automático que simulan el mecanismo de aprendizaje en organismos biológicos. El sistema nervioso humano contiene células, que se conocen como neuronas. Las neuronas están conectadas entre sí mediante el uso de axones y dendritas, y las regiones de conexión entre axones y dendritas se denominan sinapsis. La fuerza de las conexiones sinápticas a menudo cambia en respuesta a estímulos externos. Este cambio es cómo se produce el aprendizaje en los organismos vivos.

### Robot de Supervisión

De la misma forma, Saeed, B. et al. (2020) define la palabra robot como un manipulador el cual es controlado por una computadora o dispositivo inteligente, el cual rige cada uno de sus movimientos y acciones mediante un controlador que es supervisado por la misma computadora mediante una programación definida. Para el autor, un robot está diseñado para ser capaz de realizar tareas o movimientos basado en una programación establecida, la cual debe ser fácilmente reprogramable para ser considerado como un robot.

### Backpropagation

En la línea de investigación de las Redes Neuronales Artificiales Multicapa, el autor Krisel. D. (2007) describe la retropropagación (Backpropagation) como un procedimiento de descenso de gradiente (que incluye todas las fortalezas y debilidades del descenso de gradiente) con la



función de error  $Err(W)$  recibiendo todos los  $n$  pesos como argumentos y asignándolos al error de salida, es decir, siendo  $n$  –dimensiona. En  $Err(W)$  se busca un punto de error pequeño o incluso un punto de error mínimo mediante el descenso de gradiente. Por lo tanto, en analogía con la regla delta, la propagación hacia atrás entrena los pesos de la red neuronal. Y es exactamente la regla delta o su variable  $i$  para una neurona  $i$  la que se expande de una capa de peso entrenable a varias por retropropagación.

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

De acuerdo a lo planteado por el autor Hurtado, J. (2010) cada investigación tiene características y procesos propios los cuales deben ser separados en diferentes tipos para su análisis y ejecución. El autor resalta que el tipo de la investigación señala el grado de profundidad y el tipo de resultado que se va a obtener de dicho procedimiento, estando en concordancia directa con el objetivo general de la investigación. Por lo tanto, la presente investigación es de tipo Descriptiva Proyectiva ya que la misma propone una Red Neuronal Artificial para el Control de Robot de Supervisión Industrial Aplicado en Laboratorios Farmacéuticos, el cual constituye una alternativa de solución a un problema previamente descrito.

Para la unidad de análisis se escogieron los casos donde se aplicaron los instrumentos de medición, como lo son aplicación de sensores ultrasónicos, integrados para las entradas y salidas, sensor giroscópico para determinar la orientación, la utilización del Arduino como controlador del sistema, módulos NodeMCU para la comunicación mediante TCP/IP para una supervisión en tiempo real de las variables. Las técnicas de recolección de datos fueron la observación indirecta, revisión documental, siendo esto almacenado con los siguientes instrumentos: tablas con listado de datos, cuadros y capturas de imágenes.

La investigación se desarrolló de cinco (5) fases: Describir el funcionamiento de la estructura del Robot de Supervisión Industrial para Laboratorios Farmacéuticos, Seleccionar los parámetros operativos de la Red Neuronal Artificial para el Robot de Supervisión Industrial, Seleccionar el tipo de Red Neuronal más apropiada para el funcionamiento del Robot de Supervisión Industrial, Desarrollar la arquitectura de la Red Neuronal para el Robot de Supervisión Industrial y Validar mediante simulaciones el comportamiento de la Red Neuronal a través de diversas pruebas utilizando parámetros anteriores como referencia para estudiar la respuesta del controlador.

### **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.**

Para el propósito de la investigación se requiere primeramente describir el comportamiento de desplazamiento del Robot de Supervisión Industrial, se



encontró que las investigaciones relacionadas con robots para el reconocimiento de objetos en su entorno son muy variadas, ya que se toman en cuenta las diferentes formas de visión computarizada para poder detectar la información de un entorno, ya sea mediante sensores de proximidad, cámaras, giroscopios, entre otros. Se elaboró una búsqueda para encontrar el método de reconocimiento de objetos y mapeo de espacios cerrados, el cual se adaptaba mejor a los objetivos planteados en esta investigación.

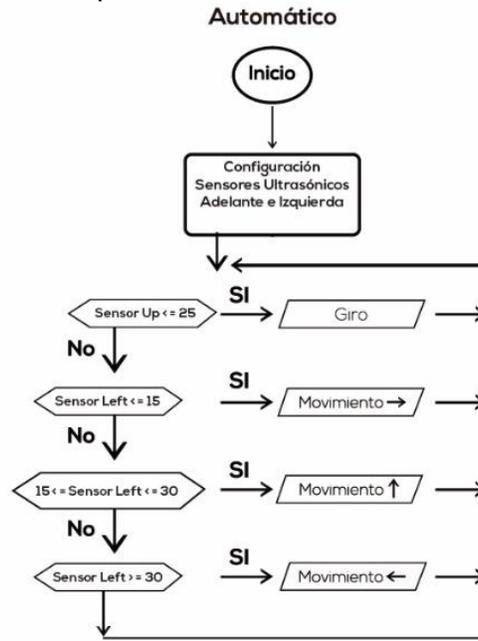
La mayoría de la información encontrada indica que para tener un reconocimiento amplio y preciso de un área cerrada era necesario una cámara la cual procesara la imagen de tal forma que se obtuviera la información del entorno y del robot como tal. El problema que se encontró en esto es que es necesario un microcontrolador que sea capaz de procesar la imagen en tiempo real de forma remota, y además de eso que la cámara utilizada aumenta los costos de una manera exagerada sobrepasando los 5.160 Bs.

Sin embargo, existen otros tipos de sensores los cuales proveen información del entorno en que se encuentra un robot sin necesitar tanto procesamiento, y gracias a esto se puede hacer un análisis del entorno sin tener que recurrir a sensores de mayor calibre. La tecnología que utilizan los robots para su movimiento y para el análisis del entorno es muy amplia, por lo tanto, se pudo observar un gran número de investigadores que se han tomado el trabajo de diseñar y proponer distintas formas para cumplir con el movimiento del robot y el reconocimiento de su entorno.

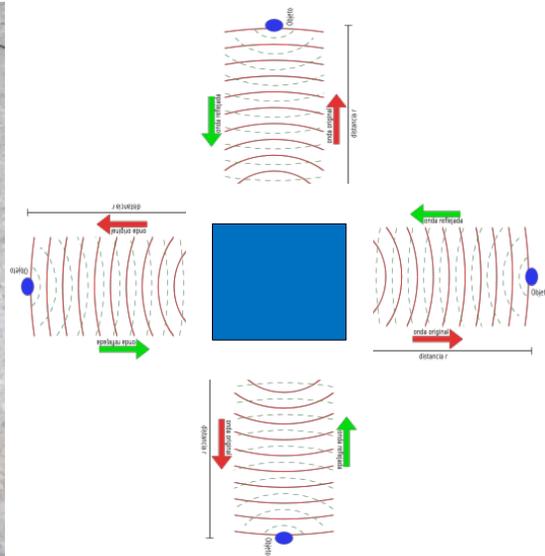
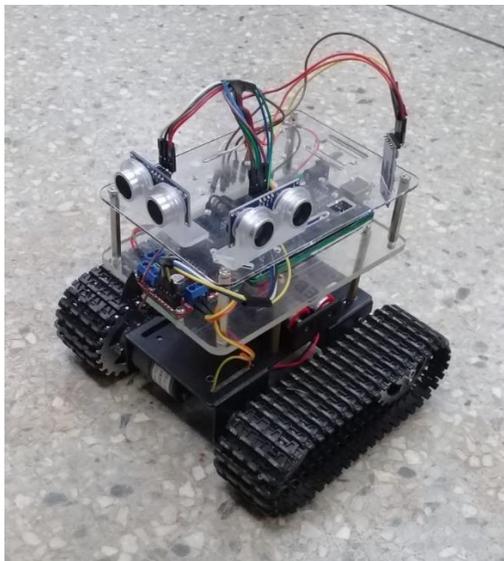
Entre ellas las que nos otorgan datos los cuales se pueden introducir en una red Neuronal Artificial son aquellos en los cuales nos otorgue un valor o dato de distancia con respecto a un punto fijo, y entre los sensores que cumplen con este requisito se encuentran los sensores ultrasónicos y los sensores LiDAR, los cuales son de mayor costo, pero otorgan una imagen en 360 grados de las distancias a las que se encuentran los objetos del entorno. Luego de esto, se procede a establecer los parámetros operativos de la Red Neuronal Artificial, teniendo como entradas los valores obtenidos de dichos sensores descritos previamente, los cuales representan cada una de las neuronas de entrada en la red neural. Luego de definir el número de entradas, se introducen las salidas de dicho sistema las cuales fueron obtenidas por un prototipo a escala del robot de supervisión industrial.

Como se puede observar en la Figura 1, se presenta en el primer modelo un total de dos entradas, las cuales son representados por los parámetros de distancia “Sensor Up” y “Sensor Left”, los cuales se encuentran ubicados en el frente y en un costado de dicho prototipo del Robot de Supervisión Industrial, configuración la cual puede ser observada en la Figura 2. De la misma forma, se puede observar que se presentan un total de tres (03) salidas del sistema, las cuales representan el movimiento

hacia adelante, izquierda o derecha de dicho robot, estas representan señales que son enviadas al driver del motor y son ejecutadas de acuerdo con la señal de control adquirida.



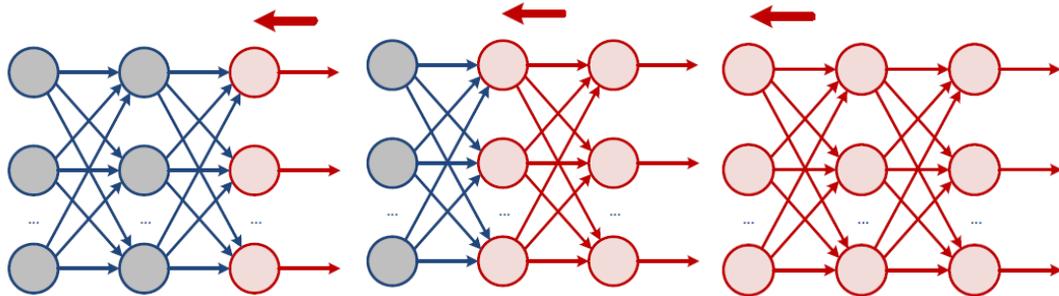
**Figura 1. Organigrama General del Funcionamiento del Prototipo Inicial.**  
Fuente: Bravo (2021)



**Figura 2. Configuración de Sensores de Prototipo Inicial.**  
**Fuente: Bravo (2021)**

Luego de determinar cuales representan los parámetros operativos de la Red Neuronal se representan dichos parámetros en el programa en el cual se realizará el entrenamiento a la Red Neuronal Artificial. Para esta investigación se modelo el controlador desde el lenguaje de programación Python a través de la librería de TensorFlow, el cual permite mediante diferentes librerías poder simular el comportamiento del mismo y determinar que parámetros internos de la red neural son los más óptimos para obtener las respuestas adecuadas a nuestro prototipo.

El autor Krisel, D. (2007) describe la retropropagación (Backpropagation) como un procedimiento de descenso de gradiente (que incluye todas las fortalezas y debilidades del descenso de gradiente) con la función de error  $Err(W)$  recibiendo todos los  $n$  pesos como argumentos y asignándolos al error de salida, es decir, siendo  $n$  –dimensional, esto se puede observar en la figura 3. En  $Err(W)$  se busca un punto de error pequeño o incluso un punto de error mínimo mediante el descenso de gradiente. Por lo tanto, en analogía con la regla delta, la propagación hacia atrás entrena los pesos de la red neuronal. Y es exactamente la regla delta o su variable  $i$  para una neurona  $i$  la que se expande de una capa de peso entrenable a varias por retropropagación.

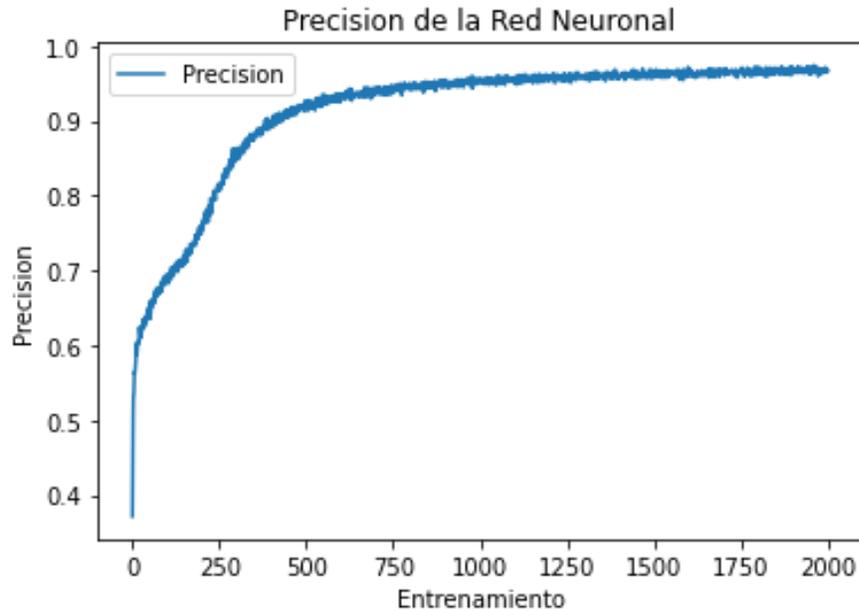


**Figura 3. Comportamiento de una Red Neuronal Artificial Backpropagation.**

**Fuente: Berzal, F. (2018)**

De las fases iniciales tomando la cuenta el tipo de red neural utilizada y los parámetros iniciales con los que se están trabajando, se pudieron obtener gráficos de comportamiento de la red neural aplicada utilizando el lenguaje de programación Python mediante la librería TensorFlow, los cuales pueden ser apreciados en la Figura 4. Estos resultados serán evaluados y se

procederá a entrenar la red neural en diferentes configuraciones para poder obtener el resultado más óptimo para el proceso.



**Figura 4. Resultados de una Red Neuronal Artificial Backpropagation.**

**Fuente: Bravo (2021)**

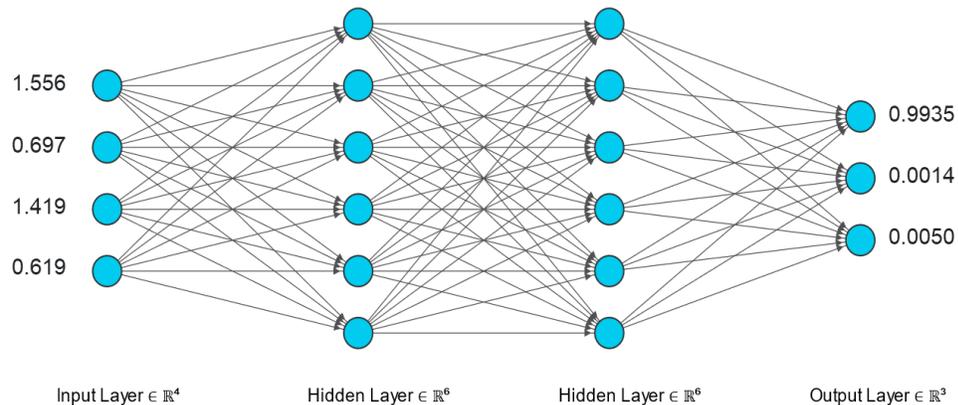
Para la validación del diseño de la Red Neuronal Artificial planteada, se procede a escoger una muestra aleatoria de parámetros de distancia los cuales ingresar al controlador, planteado en la Tabla 1, en el cual se observa cada uno de los valores de distancia que presenta el robot supervisor en un instante de tiempo, así como su clasificación de forma manual por el operador el cual indica que para esa posición tomada por los sensores de distancia, el robot de supervisión debe realizar un movimiento hacia adelante.

**Tabla 1. Datos de Validación Ingresados a la Red Neuronal Artificial.**

Sensor Adelante	Sensor Izquierda	Sensor Derecha	Sensor Detrás	Motores Adelante	Motores Izquierda	Motores Derecha
1.556	0.697	1.419	0.619	1	0	0

Fuente: Bravo (2019)

De dicha forma, se puede observar el comportamiento que posee el presente modelo de la red neuronal artificial con respecto a las entradas que simulan los sensores de distancia de un robot supervisor. Dicha prueba de validación será planteada en la Figura 5, en la cual se ingresan dichas entradas a la red neuronal para observar el comportamiento del controlador planteado y observar la predicción de movimiento que la misma realiza. En la misma figura se observa la predicción que realiza la red neuronal en la capa de salida, lo cual se representa en valores entre  $[0,1]$ , de los que valores cercanos a cero indican un bit apagado y valores cercanos a uno indican activación de la salida.



**Figura 5. Validacion de la Red Neuronal Artificial en Python**  
**Fuente: Bravo (2019)**

Como se puede observar en la figura anterior, para los valores de entrada establecidos de validación, los ajustes internos de los pesos sinápticos al ser propagados hacia adelante indican la activación que se observa en la capa de salida. En la misma se puede observar que dos neuronas de la capa de salida presentan valores muy cercanos a cero, los cuales representan salidas que no serán activadas por el controlador; de la misma forma, se observa una neurona con un valor cercano a uno (0.9935), el cual indica el movimiento hacia adelante del prototipo, lo cual indica que dicha salida será activada para esos datos de entrada ingresados.

En la Tabla 2 se observa la comparación entre los valores ingresados para la validación del modelo con la señal de salida que se desea en dicho momento con la predicción de salida exportada de la red neuronal artificial. De la misma se puede concluir que la Red Neuronal Artificial mediante los diferentes entrenamientos que se realizó para el correcto ajuste de los parámetros operativos exporta una salida la cual va acorde a la salida

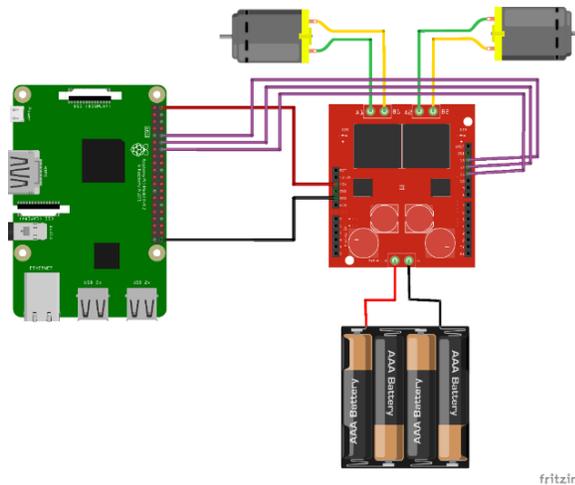
deseada por el diseñador, lo cual certifica la operación del controlador sobre las variables de salida del Robot de Supervisión Industrial.

**Tabla 2. Comparación de Validación Ingresados a la Red Neuronal Artificial.**

Datos	Sensor Adelante	Sensor Izquierda	Sensor Derecha	Sensor Detrás	Motores Adelante	Motores Izquierda	Motores Derecha
Datos de Validación	1.556	0.697	1.419	0.619	1	0	0
Datos exportados de Red Neuronal	1.556	0.697	1.419	0.619	0.9935	0.0014	0.0050

Fuente: Bravo (2019)

Dicha salida del controlador moderno mediante una Red Neuronal Artificial se refleja sobre el Robot de Supervisión Artificial con la activación de una interfaz de salida, la cual se comunica directamente con los motores del prototipo mediante una tarjeta electrónica (Driver Puente H) el cual regula cada uno de las activaciones y sentido de giro de los motores de acuerdo a la señal que dicha tarjeta recibe del controlador. En la Figura 6 se puede observar las conexiones eléctricas entre el controlador seleccionado para el prototipo y los motores que se encuentran en el mismo, con la finalidad de ilustrar la comunicación entre el controlador y los actuadores del equipo, lo cual ejerce la señal de control sobre el movimiento del robot supervisor.



**Figura 6. Conexiones entre Controlador y Motores del Robot de Supervisión Industrial.**  
Fuente: Bravo (2019)



## CONCLUSIONES

Esta investigación presenta el diseño de una Red Neuronal Artificial, con el propósito de reducir el error en el desplazamiento de un robot móvil a áreas de alto riesgo donde se encuentren variables que deben ser medidas por un supervisor. Debido a ello se desarrolló una metodología con objetivos específicos con la finalidad de conseguir un resultado óptimo.

Primero se establecen los componentes necesarios para el correcto funcionamiento de un robot de supervisión industrial, así como explicar detalladamente que función ejerce cada una de ellas. De la misma forma, se evaluaron que periféricos son necesarios para la medición de las variables que son de alto riesgo y que deben ser medidas en los sitios de producción de una industria farmacéutica. Como resultante de ello se utilizan sensores ultrasónicos para la medición de la distancia entre el robot de supervisión y el ambiente que lo rodea, así como diferentes sensores de temperatura, humedad, entre otros para la medición constante de las áreas del laboratorio farmacéutico que recorre el prototipo.

De la misma forma, se establecieron los requerimientos necesarios para el funcionamiento de la Red Neuronal, donde se tuvo en cuenta los parámetros que serían tomados en cuenta para las entradas de la Red Neuronal y sus diferentes pesos sin pticos en el controlador. En la presente investigación se utilizó una Red Neuronal de tipo Backpropagation ya que, al conocer el comportamiento lineal de dichos sensores mediante diferentes pruebas, se establecen valores de entradas y salidas óptimas al controlador para poder así, mediante diferentes iteraciones de pesos sin pticos, lograr un control predictivo de dichas variables y obtener un comportamiento más rápido y sin errores en sus movimientos.

Posteriormente, se explica el desarrollo de dicha Red Neuronal, establecer las diferentes capas a utilizar y poder iterar con los valores de entradas y salidas establecidas previamente. Con cada iteración se simula el comportamiento del controlador a los valores previamente al sistema para estudiar si su comportamiento es óptimo para el operador o si es necesario una respuesta más rápida o precisa, volver a iterar cambiando los valores relacionales entre las entradas.

De la misma forma se evalúa el desarrollo de la Red Neuronal en dos plataformas de simulación (MATLAB y Python) para elaborar comparaciones entre las herramientas de diseño en cada uno de ellos, observar los resultados generados por las mismas y seleccionar el ambiente de simulación más óptimo para el desarrollo de la investigación. Luego de realizar la comparación en el diseño de ambas plataformas se observa que el modelo matemático planteado en Python presenta un mayor número de



configuraciones, funciones de activación y optimizadores que hacen posible un modelado más preciso para la investigación planteada.

Por último, validar mediante simulaciones el comportamiento de la Red Neuronal a través de diversas pruebas utilizando parámetros anteriores como referencia para estudiar la respuesta del controlador ingresando valores de entrada al controlador previamente establecido y observando un comportamiento idóneo con respecto a las matrices de prueba que se establecieron. Se probaron diferentes entonaciones del controlador para realizar comparaciones y conclusiones observadas en las diferentes graficas de precisión de controlador y del margen de error del mismo planteados en el desarrollo del artículo.

Se desarrolló un controlador moderno utilizando Redes Neuronales Artificiales para el control de cada uno de los desplazamientos del prototipo en áreas estériles y de extrema restricción, el cual se encarga de la supervisión de variables ambientales de forma remota. Así mismo, se recomienda la implementación de un mayor número de sensores de proximidad para ser a nadidos en la red neuronal para obtener una mayor precisión sobre el modelo planteado. De la misma forma, de acuerdo con la aplicación que necesite implementar es posible la implementación de diferentes sensores y actuadores que permitan realizar otras funciones sin modificar la red neuronal planteada para el movimiento.

### Referencias Bibliográficas

- Aggarwal, C (2018). Neural Networks and Deep Learning. Springer International Publishing. ISBN 978-3-030-06856-1. First Edition.
- Berzal, F. (2018). Redes Neuronales & Deep Learning (Spanish Edition). Editorial Independently Published. ISBN-10 : 1731265387.
- Grumbach, E. (2021). Emerging Technologies Required for Pharma 4.0. Disponible en <https://www.technologynetworks.com/drug-discovery/articles/emerging-technologies-required-for-pharma-40-346220>
- Hurtado, J. (2010). Metodolog a de la Investigación Hol stica Gu a para la compresión hol stica de la ciencia. Quir n Editores, S.A. Cuarta Edici n.
- Krisel, D. (2007). A Brief Introduction to Neural Networks. Disponible en [http://www.dkriesel.com/en/science/neural\\_networks](http://www.dkriesel.com/en/science/neural_networks).



UNIVERSIDAD  
Rafael Beloso Chacín



Revista Electrónica de  
Estudios Telemáticos

TÉLÉMATIQUE

Saeed, B. et al. (2020). Introduction to Robotics: Analysis, Control, Applications. Wiley, 3era edición. ISBN-13: 978-1119527626.