

## SISTEMA INTELIGENTE PARA LA MEJORA CONTINUA DE INSPECCIÓN VISUAL DE DAÑO EN AUTOPARTES EN LA INDUSTRIA

### INTELLIGENT SYSTEM FOR THE CONTINUOUS IMPROVEMENT OF VISUAL INSPECTION OF DAMAGE IN AUTO PARTS IN THE INDUSTRY

Janeth Yessenia Reyes Chávez<sup>1</sup>, Humberto García Castellanos<sup>2</sup>,  
Carlos Alberto Ochoa Ortiz<sup>3</sup>, David Díaz Murillo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico Nacional de México, Ciudad Juárez Chihuahua México. janeth.reyes.chavez@hotmail.com , 656 3066312, Francisco Villa 32688.

<sup>2</sup>Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico Nacional de México, Ciudad Juárez Chihuahua México. humber.gc@itcj.edu.mx , 6562000812, Pakistán 32697.

<sup>3</sup>Doctorado en Tecnología Avanzada IPN, Doctorado en Tecnología, UACJ: alberto.ochoa@uacj.mx , 6561910662; Mariano Riva palacio #24, Colonia Del Lago 62470 en Cuernavaca, Morelos; México.

<sup>4</sup>Dibujo técnico. Colegio de Bachilleres plantel 7, Ciudad Juárez Chihuahua México. A1189377@alumnos.uacj.mx, 6566433946, José Mateos Torres 32584.

**Resumen** -- El siguiente artículo describe parte de la investigación que se está llevando a cabo dentro del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Juárez sobre el sensor de visión Keyence a través de la inspección visual de una etiqueta con código QR, donde se analiza la importancia de la tecnología dentro de la industria automotriz. El sensor Keyence tiene la capacidad de comparar imágenes en tiempo real en base a una imagen maestra e identifica los errores en un porcentaje de aceptación según sea cada imagen comparada. Con ello se está recabando información para determinar qué factores son importantes para una comparación de imágenes utilizando un sensor de visión. Se realizan pruebas de comparación de imágenes a través de un código QR en las cuales reducimos los factores y determinamos a través de la investigación cómo es posible obtener una imagen que sea aceptada por el sensor de visión. Actualmente se sigue trabajando en la investigación para poder enlistar los distintos factores que se atraviesan en la comparación de imágenes y podrían afectar en el resultado aun cuando utilizamos la inteligencia artificial. Si definimos los factores que afectan en la comparación de imágenes podremos obtener una imagen de mayor calidad y que sea aceptada por el sensor de visión aun porcentaje de excelencia y con ello sustentar que las herramientas utilizadas actualmente se desarrollan en base a investigaciones como la que se presenta en este artículo.

**Palabras Clave** -- Sistema inteligente, sensor de visión, inspección visual, inteligencia artificial, industria 4.0, redes neuronales.

**Abstract** -- The following article describes part of the research that is being carried out within the Instituto Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Juárez on the Keyence vision sensor through the visual inspection of a label with a QR code, where the importance of the technology within the automotive industry. The Keyence sensor has the ability to compare images in real time based on a master image and identifies errors in an acceptance percentage based on each image compared. This is

gathering information to determine which factors are important for a comparison of images using a vision sensor. QR image comparison tests are underway in which we narrow down the factors and determine through research how it is possible to obtain an image that is accepted by the vision sensor. Research is currently being carried out to be able to list the different factors that are involved in the comparison of images and could affect the result even when we use artificial intelligence. If we define the factors that affect the comparison of images, we will be able to obtain a higher quality image that is accepted by the vision sensor, even a percentage of excellence, and thereby sustain that the tools currently used are developed based on research such as the one presented in this article.

**Keywords** -- Intelligent system, vision sensor, visual inspection, artificial intelligence, industry 4.0, neural networks.

## INTRODUCCIÓN

La industria automotriz ha ido evolucionando con el paso del tiempo gracias a las exigencias del ser humano en cuanto a la comodidad y el lujo. Por lo tanto; la calidad de vida está cada vez al alcance de más personas.

Dentro de la exigencia de la demanda en cuanto a exactitud del diseño del producto nos encontramos aún con problemas al querer cubrir dicho requerimiento del cliente; como por ejemplo que una dimensión sea exacta o no salga de la tolerancia especificada; así como el color de la pintura de algún producto, la posición de piezas en un objeto, la comparación de cantidad de caracteres visibles en una etiqueta, entre otras especificaciones [1]. Por ello la industria automotriz se basa en sistemas de inspección visual automatizada que ayudan a comparar con cierta base de datos introducida en el

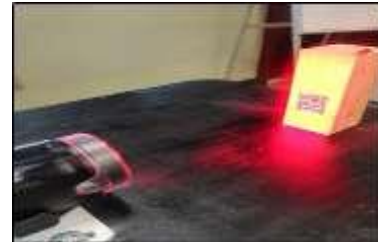
sistema contra el producto fabricado y ayuda a detectar ciertas inconsistencias en los mismos [2]. La mayoría de las empresas del área automotriz emplean dicho sistema de inspección sólo para requerimientos críticos del producto; detectando defectos para detenerlos a tiempo y no logren llegar a los clientes. Con ello logran minimizar los recursos que se tienen al alcance y pueden sostener a la empresa con un elevado nivel de calidad ante los clientes a través de un sistema de inspección visual automatizada que logre alcanzar el 100% de detección de defectos dentro del proceso de fabricación.

A lo largo del tiempo los seres humanos hemos buscado la forma de facilitar el trabajo y con ello hemos obtenido sistemas inteligentes que se asemejan a la de un ser humano y con ello nos lleva a poder desarrollar por ejemplo actividades imposibles para la capacidad del ser humano. La inspección visual; por ejemplo, es un punto importante para la industria automotriz, donde los defectos podrían salirse de la compañía y llegarían hasta el cliente. Siendo un castigo para la compañía encontrar una solución sin inversión de herramientas tecnológicas, como lo son los sensores de visión. Los sensores de visión han ayudado a grandes compañías a reemplazar seres humanos donde es precisa la inspección y rechaza las piezas que no están fabricadas de acuerdo a la especificación.

Actualmente debemos apostarle a la tecnología ya que nos ahorra tiempo, dinero y somos más atractivos hacia nuevos clientes asegurando la calidad de los productos.

En la siguiente investigación aplicaremos el sistema de inspección visual Keyence, donde pretendemos analizar e investigar determinando los posibles factores que afectan a la comparación de imágenes en un sensor y como los podemos reducir para tener una imagen realmente igual a la que está cargada en nuestra base de datos. Dentro del Instituto Tecnológico Nacional de Cd. Juárez se montará un flujo de inspección de una etiqueta generada a través de código QR. Durante el flujo se implementaran puntos de inspección que ayuden a detectar los defectos de posición incorrecta, nitidez del producto, diferencia del tamaño y posible daño en el producto; siendo que se pueda segregar gracias a la implementación de redes neuronales pretendiendo la mayor exactitud al inspeccionar cada pieza.

Con ello se pretende que las industrias apliquen e inviertan en la tecnología desarrollada hoy en día para facilitar el trabajo e incrementar la productividad y con ello aplicando la mejora continua dentro de sus procesos.



**Figura 1.** Inspección con sensor visual Keyence.

## DESARROLLO

### Descripción del problema

Las empresas manufactureras enfrentan problemas de detección de defectos que son difíciles de percibir por el ojo humano como por ejemplo diferenciar el correcto acabado de una pintura sobre una pieza, la posición de piezas en un objeto, la comparación de cantidad de caracteres visibles en una etiqueta, entre otras propuesta. Se describen claramente los resultados. Debe de especificar: participantes, diseño, instrumento (s) utilizado (s) y el procedimiento.

Especificaciones [1]. Con ello la industria manufacturera ha recurrido a buscar sistemas inteligentes dentro de las estaciones de inspección visual donde se reemplaza la mano de obra por un sistema computarizado. Pero aún se requieren mejoras dentro de estos mismos sistemas de inspección visual ya que se desea lograr disminuir los defectos que aún no logran desarrollar este software [3].

Es por ello que se pretende utilizar una inteligencia artificial dentro de un sistema de inspección visual y cuente con el correcto criterio para aceptar y rechazar piezas.

En el Instituto Tecnológico de Cd. Juárez se busca desarrollar una estación de simulación con un sistema de inspección visual Keyence para la

detección de defectos a través de una etiqueta general con el código QR que contendrá el nombre de esta investigación, siendo que el mismo sistema de inteligencia artificial tendrá como base los posibles defectos de posición incorrecta, falta de nitidez en el producto, posible daño en la etiqueta y tamaño incorrecto.



**Figura 2.** Inspección de una pieza con vernier digital.

#### Preguntas de investigación

- ¿El sistema de inspección con inteligencia artificial puede detectar con mayor facilidad defectos en los productos?
- ¿Se podrá disminuir la cantidad de piezas buenas que son detectadas como falsos defectos a través de un sistema de inspección con inteligencia artificial?

#### Hipótesis de investigación

- Hipótesis 1: El sistema de inspección con inteligencia artificial puede detectar los defectos de las piezas.
- Hipótesis 2: Se disminuye la cantidad de productos buenos que son detectados como falsos defectos dentro del sistema de inspección con inteligencia artificial.



**Figura 3.** Formulación de hipótesis.

#### Objetivos de la investigación

##### Objetivo general

El objetivo general del proyecto de investigación es sustentar la información sobre los sensores con

inteligencia artificial a través de la creación de una simulación de una estación de inspección visual y poder cumplir con los criterios solicitados donde el sistema tomará la decisión correcta desde una base de datos y eliminar el criterio humano a fin de poder detectar falsos defectos al momento de inspeccionar las piezas a través del sistema de sensor Keyence en la simulación de productos con códigos QR.

#### Objetivos específicos

- Incrementar la productividad aplicando la inteligencia artificial con el sistema de sensor visual Keyence en la simulación de inspección visual reemplazando el criterio de un ser humano.
- Aplicar la mejora continua dentro de un sistema de inspección visual para la reducción de falsos rechazos en el mismo.

#### Justificación de investigación

El proyecto de investigación busca sistematizar una base de datos dentro de la inteligencia artificial capaz de simular un criterio más amplio que del ser humano y que logre reducir la detección de falsos defectos en la simulación de inspección visual de las etiquetas correctas generadas con el código QR. Siendo que se disminuirán los defectos en la estación de inspección visual con el sistema Keyence y la inteligencia artificial.

Dentro de la industria automotriz este simulador de inteligencia artificial y sistema de inspección visual Keyence dará un gran paso a la mejora continua dentro del proceso de inspección. Ayudando a reducir los tiempos de inspección, mejorando el criterio de aceptación o rechazo e incrementando las piezas inspeccionadas.

#### Delimitación

El siguiente proyecto de investigación se llevará a cabo dentro del laboratorio de Posgrado del Instituto Tecnológico Nacional de Cd. Juárez; donde se pretende realizar una simulación de una estación de inspección visual donde se verificará etiquetas generadas con el sistema QR, las cuales deberán de cumplir con ciertas características específicas que serán introducidos en la red del sensor y se hará la comparación con dicho sistema de inspección visual Keyence simulando ser el criterio amplificado para aceptar o rechazar las etiquetas QR generadas.

#### Industria 4.0

La industria 4.0 se refiere a que “la ciencia debe

fabricar maquinas que hagan cosas que requerirían inteligencia si las hiciera un humano”. También es conocida como el internet de las cosas (Internet of Things, IoT), la fábrica inteligente o el internet industrial. Donde podemos transformar un proceso de forma digital, siendo parte de la historia de la revolución industrial en la actualidad [4].



**Figura 4.** *Industria 4.0 IoT el internet de las cosas.*

## Inteligencia artificial (IA)

La inteligencia artificial (IA) es ya un concepto que se atribuye gracias a la industria 4.0 donde se forza al humano a crear maquinaria capaz de realizar actividades que son complicadas para él mismo o en sí que son riesgosas. La inteligencia artificial no podría evolucionar si no es gracias también al tema de las redes neurales, donde es una solución al reemplazo de los seres humanos. Tratando de automatizar todo proceso que se lleve a cabo y sea en un tiempo óptimo [5].



**Figura 5.** *La IA como reemplazo en actividades humanos.*

Es tanto el interés de los investigadores el querer dar a conocer que la inteligencia artificial pueda tomar por decirlo así “vida propia” ya que se basa en un auto aprendizaje de lo que uno como ser humano programa a la máquina y la alimenta de información. Por lo cual debemos cuidar como es que entrenamos a dichas maquinas; ya que pueden ser los principales inicios a que puedan deducir y tomar decisiones por ellas mismas [6]. Sin embargo no podemos acreditar que estas mismas maquinas tomen conciencia por si solas;

ya que son un objeto y no un humano.



**Figura 6.** La IA como parte del desarrollo de armas militares.

## Redes neuronales

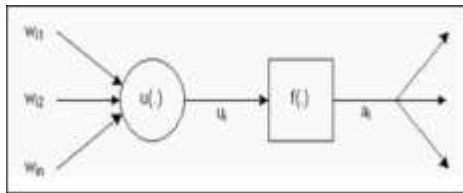
Las redes neuronales se comprenden como un modelo matemático compuesto por diversos números que pretenden crear redes interconectadas con una organización jerárquica de las cuales se pretende interactuar con objetos del mundo real del mismo modo como si fuese un sistema nervioso biológico [7].



**Figura 7.** Las redes neuronales interconectadas un algoritmo en base a números.

Dentro de las ventajas que ofrece la creación de un sistema de redes neuronales es que son capaces de aprender de la experiencia, abstraer características esenciales a partir de entradas (inputs) y salidas (outputs) donde se presenta información a utilizar como un aprendizaje adaptativo que consiste en aprender tareas en base a entrenamiento o experiencia inicial, también es posible que se auto organicen dentro de la información que recibe, aún si se cuenta con daños en las redes neuronales una parte de su capacidad de aprendizaje logra retener información a través del hardware.





**Figura 8.** Diseño de entradas ( $w_i$ ) y salidas ( $a_i$ ) a respuesta en una red neuronal artificial comparada al del ser humano.

### Inspección visual artificial

La inspección visual artificial es la combinación de un software y hardware que se guían a través de un sistema operativo para la captación y procesamiento de imágenes. También es conocido como visión de máquina o visión computacional donde extrae información del mundo real presentado y la compara a través de imágenes utilizando como herramienta una computadora especializada [8].



**Figura 9.** Ejemplo de un sistema de inspección visual artificial de modo automático.

Gracias a la intervención de la inspección visual artificial podemos decir que garantizamos la entrega de productos con calidad. Ya que las máquinas hoy en día tienen autoconciencia a través de algoritmos y retención de imágenes y con ello es útil tener un aprendizaje continuo de la máquina y puedan tomar decisiones en base a lo que se requiere de acuerdo para lo que se programó de una forma más efectiva [9].



**Figura 10.** Ejemplo de programación de un sistema de inspección visual.

Es por ello que se debe impulsar al uso de la tecnología dentro de las empresas y por ende en los sistemas educativos para que las personas conozcan

de esta maravillosa herramienta que puede facilitar tareas ya sea dentro de la producción en masa o como una herramienta didáctica para que los alumnos conozcan el algoritmo como por ejemplo el que maneja Keyence [10].



**Figura 11.** Sensor de visión IV Keyence.

### Sensor de visión serie IV/IV-H (Keyence)

El sensor de visión serie IV/IV-H de la marca Keyence es un sensor que a través de imágenes maestras compara en tiempo real la detección de alguna diferencia contra los productos inspeccionados [11].



**Figura 12.** Sensor de visión serie IV/IV-H (Keyence).

El sensor de visión serie IV será el sensor de visión principal para el desarrollo de esta investigación, de igual forma se adquiere el software serie IV (IV-Navigator IV-H1) directo de la página oficial de Keyence [12].



**Figura 13.** Software serie IV (IV-Navigator IV-H1).

Todo el material impreso, incluyendo el texto, las ilustraciones, y los gráficos, se deben mantener dentro

de un área de impresión de 17,5 cm ancho por 23 cm alto. No escriba, nada fuera del área de impresión.

### Materiales

Para realizar la investigación en un principio se utilizó una figura de legos en forma de camión, sin embargo se nos presentó que el sensor tiene un rango de visión demasiado pequeño en comparación del tamaño del camión de legos, por ello se procedió tomar medidas de las distancias donde mejoraría la visión del mismo contra la imagen maestra, sin embargo no se obtuvo éxito, debido a que este sensor utilizado dentro de la Institución es para inspeccionar objetos pequeños y a detalle como por ejemplo etiquetas.



**Figura 14.** Sensor de visión comparando el camión de legos.

Con ello se procedió a realizar un cambio en el producto de investigación, sin embargo no se limita a solo inspeccionar etiquetas; siendo que se utilizaron 11 piezas de barras de madera de 2x2x4 pulgadas cada uno. Se le colocó a cada uno de ella un código de barras en el cual contenía información acerca del título de esta misma investigación. Siendo que 10 de los mismos tapamos una parte del código de barras lo cuales los definimos como piezas defectuosas “No pasa”, en camino una pieza era la maestra es definida como buena “Pasa”. Así como nuestro sensor de visión serie IV/IV-H (Keyence) y una pantalla plasma de 40”.

Con ello se tomaron medidas en la distancia del sensor contra la base de las barras de madera para crear la imagen maestra y cargarla al sistema. Marcando el área de la base para tener una mejor precisión.



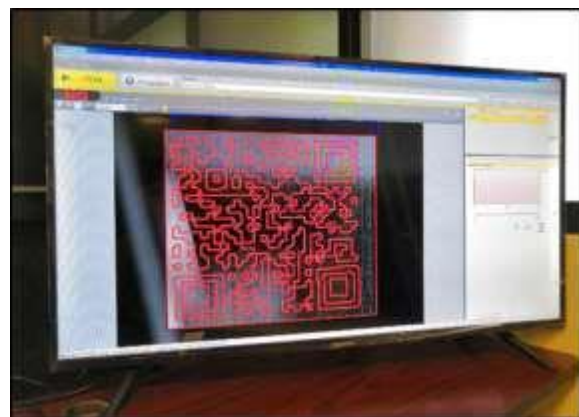
**Figura 15.** Piezas fabricadas con madera y con código QR.



**Figura 16.** QR maestro.



**Figura 17.** Sensor de visión serie IV/IV-H (Keyence).



**Figura 18.** Pantalla de inspección.

## Métodos

Se procede a abrir el programa y ejecutarlo. Una vez iniciado el mismo colocamos una de nuestras piezas en la posición fijada en la mesa de inspección de forma central.



**Figura 19.** Pieza centrada en la mesa inspección.

Una vez centrada la pieza a inspeccionar nos vamos a nuestro software “IV-Navigator”. Se inspecciona pieza por pieza para comparar el código QR maestro contra las demás piezas, lo cual tendremos el resultado en el software de “Pasa” o “No pasa”.



**Figura 20.** Inspección de pieza por pieza a través del sensor de visión serie IV/IV-H.

Nuestro laboratorio cuenta con una pantalla plasma de 40 pulgadas en la cual se puede ver a detalle la inspección con el cual sabremos en nivel de porcentaje de coincidencia en caracteres que tiene cada código QR con la pieza maestra que subimos en la base de datos.



**Figura 21.** Inspección de pieza maestra detectada como buena “OK”.

Sin embargo, al querer obtener resultados con la inspección del código QR, se nos presentó que no estaban centradas y por ende procedimos reducir nuestra variabilidad colocando escuadras a nivel de la posición del sensor de inspección y que lograra una nitidez del objetivo.



**Figura 22.** Reducción de variabilidad de inspección.

Una vez realizado este cambio se procedió nuevamente a realizar nuevas inspecciones en las piezas, las cuales quedaban de forma centrada y logrando obtener los resultados deseados de cada criterio por inspección de QR.



**Figura 23.** Proceso de inspección de la imagen después de la reducción de variabilidad.

## DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con la anterior investigación podemos dar un avance más a la tecnología que nos rodea y con ello podemos desarrollar varias herramientas que nos ayudan a las tareas diarias y dentro de la industria para poder facilitar el trabajo y entregar lo medible sin errores, así como un posible cambio dentro de la industria automotriz a poder apegarse a la tecnología que nos exige cada vez mayores conocimientos de aplicación.

De acuerdo con Aponte A., podemos deducir que los

sensores de visión son una gran herramienta que nos ayuda a facilitar las tareas difíciles de detectar por el ojo humano [8].

Existen demasiadas aplicaciones dentro de estas tecnologías; pero son muy poco reconocidas, ya que es una tecnología compleja de manejar para transformar el lenguaje de la máquina y lograr realizarlo como si estuviese realizando la tarea un ser humano [13].

Por lo cual estamos de desacuerdo con los dos autores anteriores, sin embargo existen demasiadas compañías que se dedican a fabricar y desarrollar nuevas tecnologías para satisfacer las necesidades de los clientes, como por ejemplo Keyence.

Keyence desarrolla sistemas y productos en base a la necesidad de sus clientes con una atención personalizada y puede unir los lenguajes que sean comunes entre los sistemas, en este caso en el sistema de visión.

A pesar de ser líder en el mercado de la tecnología, también es considerado el creador de lenguajes que entiende la máquina en base a la necesidad del cliente y con ello podemos reducir aun mayormente la posibilidad de errores al momento de comparar imágenes en tiempo real [10].

Uno de los logros dentro de Keyence es mejorar la trazabilidad a través de la lectura de diferentes códigos como por ejemplo para identificar los números de parte en cada pieza y así poder aumentar el control de las piezas dañadas. Por lo que para la industria automotriz tiene gran impacto dentro del área de calidad ya que llevan un registro de forma estadística donde facilita la obtención de datos de cada pieza producida y es enviada al cliente [14].

Con el paso del tiempo Keyence ha desarrollado sistemas de inspección visual 2D, 3D y cámaras de alta velocidad, estos sistemas le agregan un valor al producto inspeccionado; ya que cuentan con diferentes características cada uno de ellos, como lo son las luces que los integran, la calidad de la imagen en megapíxeles donde estas mismas varían de acuerdo al modelo. Realizan comparaciones de acuerdo al software y el auto-aprendizaje que se desarrolla en cada inspección y logran retener información para poder detectar productos no conformes [15].

Es por ello que debemos ahondar en el tema de investigación y poder determinar que otros factores son los que afectan el sistema de inspección visual y con ello ayudar a más industrias a erradicarlos o en su base poder manejar la situación y tenerla bajo control sobre mejoras en el proceso. Como lo son las especificaciones del sensor, especificaciones del producto a revisar, distancia de instalación del sistema de visión, calidad de la imagen del sistema de visión, conexión a un sistema de red con imagen continua, entre otros factores que se aún se seguirán investigando y por ende se busca apoyar a eliminar los mismos.

## CONCLUSIONES

Actualmente seguimos trabajando en la investigación, desarrollo y recopilación de evidencia para poder responder nuestras preguntas e hipótesis de investigación. Así como el interactuar con inteligencia artificial dentro del Instituto Tecnológico Nacional de Cd. Juárez y sustentar que cada día la tecnología nos exige mayor conocimiento.

Para futuras investigaciones dentro de la Institución o ajena a la misma, debemos de considerar los factores que estamos tomando en cuenta en esta investigación para poder mejorar las tecnologías venideras y basarnos en cómo desarrollar procesos de alta calidad que detecten hasta la más mínima diferencia en la comparación de imágenes a través de los sensores de visión.

Se recomienda utilizar la misma investigación para futuros proyectos que especifiquen la utilización de sensores de visión y eliminar los factores que encontremos en dicha investigación; ya que es posible que afecten en la detección y comparación de imágenes.

Las compañías creadoras de tecnología también deberán de considerar esta investigación, ya que pueden detectar un error en sus sistemas y podrán mejorarlo en la siguiente versión de sus productos, creando conciencia de que el error no está en el desarrollo, si no al no probarlo correctamente y ver más allá de la necesidad del cliente.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi tutor el Dr. Humberto García Castellanos que siempre estuvo apoyándome para poder desarrollar el proyecto y ser mi mentor. Al Dr.



Carlos Alberto Ochoa Ortiz y su estudiante David Díaz Murillo por su gran apoyo en la programación del software para mi investigación y su aportación. Al Maestro Rafael Aguirre por su completo apoyo al otorgarnos y facilitarnos el sensor de inspección visual Keyence dentro del laboratorio de Posgrado. Así como a Milpa Alta que hizo posible la publicación de la investigación para poder compartirla públicamente en el mundo del conocimiento.

A cada uno de ellos les agradezco infinitamente y sabrán que cuentan conmigo; siempre les estaré agradecida por todo lo que hicieron.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Jaramillo Ortiz, A., Jiménez, R., & Ramos, O. L. (2014). Inspección de calidad para un sistema de producción industrial basado en el procesamiento de imágenes. *Tecnura*, 18(41), 76-90.
- [2] Cognex. (2022). QUÉ ES LA VISIÓN ARTIFICIAL. Retrieved from <https://www.cognex.com/es-mx/what-is/machine-vision/what-is-machine-vision>
- [3] Galán, H., & Martínez, A. (1998). Inteligencia artificial. Redes neuronales y aplicaciones. Carlos III Madrid.
- [4] Calatayud, A., & Katz, R. (2019). Cadena de suministro 4.0: Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina (Vol. 744): Inter-American Development Bank.
- [5] Kuric, I., Klarák, J., Bulej, V., Sága, M., Kandra, M., Hajdučík, A., & Tucki, K. (2022). Approach to Automated Visual Inspection of Objects Based on Artificial Intelligence. *Applied Sciences*, 12(2), 864.
- [6] Rabiza, M. (2022). Point and Network Notions of Artificial Intelligence Agency. Paper presented at the Proceedings.
- [7] Bowen, A. M., Telemática, I., & Asensio, H. G. Inteligencia artificial. Redes neuronales y aplicaciones. [8] Aponte, A. (2012). Aplicación de técnicas de visión artificial para la inspección visual de recubrimiento de cable. (Maestría en Ingeniería: Ingeniería de Sistemas). Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ingenierías Santiago de Cali, Santiago de Cali. Retrieved from [https://www.hbenitez.org/Students\\_files/monografia.pdf](https://www.hbenitez.org/Students_files/monografia.pdf)
- [9] Benbarrad, T., Salhaoui, M., Kenitar, S. B., & Arioua, M. (2021). Intelligent machine vision model for defective product inspection based on machine learning. *Journal of Sensor and Actuator Networks*,

10(1), 7.

- [10] Keyence. (2021a). Sistema de medición dimensional de imágenes Serie IM-8000. In.
- [11] Keyence. (2021b). Serie VR-6000 Perfilómetro Óptico 3D. In.
- [12] Keyence. (2022). IV-Navigator (IV-H1) Software. In.
- [13] Selmaier, A., Kunz, D., Kisskalt, D., Benaziz, M., Fürst, J., & Franke, J. (2022). Artificial Intelligence-Based Assistance System for Visual Inspection of X-ray Scatter Grids. *Sensors*, 22(3), 811.
- [14] Keyence. (2017). Soluciones de Trazabilidad para las Industrias Automotriz y de Autopartes. In.
- [15] Keyence. (2019). Sistema de visión multidimensional Serie CV-X/XG-X. In.

## ROL DE CONTRIBUCIÓN

| ROL DE CONTRIBUCIÓN            | AUTOR (ES)                   |
|--------------------------------|------------------------------|
| Conceptualización-Principal    | Humberto García Castellanos  |
| Conceptualización-Apoya        | Janeth Yessenia Reyes Chávez |
| Conceptualización-Apoya        | Carlos Alberto Ochoa Ortiz   |
| Conceptualización-Apoya        | David Díaz Murillo           |
| Curación de datos              | Janeth Yessenia Reyes Chávez |
| Metodología                    | Humberto García Castellanos  |
| Administración del proyecto    | Humberto García Castellanos  |
| Recursos - Principal           | Humberto García Castellanos  |
| Recursos - Apoya               | Carlos Alberto Ochoa Ortiz   |
| Software                       | David Díaz Murillo           |
| Supervisión                    | Janeth Yessenia Reyes Chávez |
| Validación                     | Humberto García Castellanos  |
| Visualización                  | Janeth Yessenia Reyes Chávez |
| Redacción - Borrador original  | Janeth Yessenia Reyes Chávez |
| Redacción - Revisión y edición | Janeth Yessenia Reyes Chávez |

