

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Sistemas Computacionales

“MODELO BASADO EN REDES NEURONALES  
CONVOLUCIONALES PARA CLASIFICAR ARTESANÍA EN LA  
EMPRESA ARTELIX”

Tesis para optar el título profesional de:  
Ingeniero de Sistemas Computacionales

**Autores:**

Pedro Jesus Jurado Moreno  
Pedro Manuel Antonio Jurado Moreno

**Asesor:**

Mg. Enrique Arturo Morales Quispe  
<https://orcid.org/0000-0002-3494-4005>

Lima - Perú

**2023**

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Gerardo Sarmiento Quistán</b>	<b>40492478</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>César Augusto Reyes Gutiérrez</b>	<b>19260641</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Enrique Arturo Morales Quispe</b>	<b>40823457</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### Tesis pregrado UPN

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>www.repositorio.usac.edu.gt</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>cdn.www.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>es.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>www.grafiati.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.utp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>polodelconocimiento.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## DEDICATORIA

A Dios y al Señor de los Milagros, quienes han sido nuestra fortaleza y guía en nuestra vida personal y profesional.

A nuestros amados padres, Jaime Jurado y Carmen Moreno quienes han sido un pilar fundamental en cada paso de nuestra travesía académica. Su aliento ha sido el motor que nos ha impulsado a culminar este trabajo de tesis.

A nuestros queridos abuelos Javier, Benigna, Elias y Gricelda quienes aunque no estén físicamente presentes, su amor, sabiduría y valores continúan siendo una fuente de inspiración para nosotros, sus nietos Jesús y Manuel. Siempre vivirán en nuestros corazones, siendo un faro que ilumina nuestro camino.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y al Señor de los Milagros, por concedernos salud, fuerzas y sabiduría durante esta etapa de nuestra vida.

A mis padres por su apoyo, comprensión y motivación constante fueron el motor que impulsó cada paso en la culminación de esta tesis.

Agradezco de manera especial a la memoria de mis queridos abuelos, quienes nos inculcaron con buenos valores y nos enseñaron a perseverar a pesar de los obstáculos en nuestro camino. Esta tesis es un tributo a su legado, honrando su invaluable contribución a nuestro desarrollo académico y personal. Su influencia perdurable es la guía que nos impulsa a seguir adelante con determinación y gratitud.

Finalmente, a nuestro asesor Enrique Morales por su compromiso, conocimiento y apoyo fueron esenciales en el desarrollo de esta investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>JURADO EVALUADOR</b> .....	<b>2</b>
<b>INFORME DE SIMILITUD</b> .....	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>12</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	14
ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	18
ANTECEDENTES NACIONALES.....	21
JUSTIFICACIÓN .....	22
<i>Justificación social</i> .....	22
<i>Justificación teórica</i> .....	23
<i>Justificación metodológica</i> .....	23
<i>Justificación práctica</i> .....	23
MARCO TEÓRICO .....	24
<i>Inteligencia artificial</i> .....	24
<i>Aprendizaje automático</i> .....	26
<i>Aprendizaje automático supervisado</i> .....	27
<i>Redes neuronales</i> .....	30
<i>Redes neuronales profundas</i> .....	33
<i>Redes neuronales convolucionales</i> .....	34
<i>Arquitecturas de redes convolucionales</i> .....	36
<i>Transferencia de aprendizaje (Transfer Learning)</i> .....	38
<i>Algoritmos</i> .....	39
<i>Clasificación de imágenes</i> .....	39
<i>Métricas</i> .....	40
<i>Conjunto de datos (dataset)</i> .....	42
<i>Artesanía</i> .....	45
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	50
<i>Problema General</i> .....	50
<i>Problemas específicos</i> .....	50
OBJETIVO .....	50
<i>Objetivo general</i> .....	50
<i>Objetivos específicos</i> .....	50
HIPÓTESIS .....	51
<i>Hipótesis general</i> .....	51
<i>Hipótesis específicas</i> .....	51
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b> .....	<b>52</b>
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	52
<i>Diseño</i> .....	52
TIPO .....	53

ENFOQUE .....	53
POBLACIÓN .....	54
MUESTRA .....	54
MATERIALES, INSTRUMENTOS Y MÉTODOS .....	56
<i>Técnicas</i> .....	56
<i>Instrumentos</i> .....	56
<i>Validación del instrumento</i> .....	58
<i>Métodos</i> .....	58
PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	59
ANÁLISIS DE DATOS .....	59
ASPECTOS ÉTICOS .....	61
CRONOGRAMA .....	61
RECURSOS .....	62
PROCEDIMIENTO DEL MODELO DE TRANSFERENCIA DE APRENDIZAJE .....	62
<i>Fase de extracción de características</i> .....	64
<i>Fase de entrenamiento o aprendizaje</i> .....	65
<i>Fase de ejecución o pruebas</i> .....	69
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS .....</b>	<b>72</b>
ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL INDICADOR EFICIENCIA .....	72
<i>Análisis descriptivo del indicador eficiencia en anillos</i> .....	75
<i>Análisis descriptivo del indicador eficiencia en aretes</i> .....	78
<i>Análisis descriptivo del indicador eficiencia en collares</i> .....	81
<i>Análisis descriptivo del indicador eficiencia en pulseras</i> .....	84
ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL INDICADOR TIEMPO .....	87
<i>Análisis descriptivo del indicador tiempo en anillos</i> .....	90
<i>Análisis descriptivo del indicador tiempo en aretes</i> .....	93
<i>Análisis descriptivo del indicador tiempo en collares</i> .....	96
<i>Análisis descriptivo del indicador tiempo en pulseras</i> .....	99
PRUEBA DE NORMALIDAD DEL INDICADOR EFICIENCIA .....	102
PRUEBA DE NORMALIDAD DEL INDICADOR TIEMPO.....	103
ANÁLISIS INFERENCIAL DEL INDICADOR EFICIENCIA .....	104
ANÁLISIS INFERENCIAL DEL INDICADOR TIEMPO .....	105
MODELO DE TRANSFERENCIA DE APRENDIZAJE .....	107
<i>Indicador: Porcentaje de eficacia</i> .....	109
<i>Indicador: Porcentaje de precisión</i> .....	112
<i>Indicador: Porcentaje de sensibilidad (RECALL)</i> .....	114
<i>Indicador: Porcentaje de especificidad</i> .....	116
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>118</b>
DISCUSIÓN .....	118
CONCLUSIONES .....	120
LIMITACIONES .....	121
RECOMENDACIONES.....	122
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>129</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Ventajas y desventajas de aprendizaje automático</i>	26
<b>Tabla 2</b>	<i>Comparación de arquitecturas de redes neuronales convolucionales</i>	37
<b>Tabla 3</b>	<i>Modelo de matriz de confusión</i>	40
<b>Tabla 4</b>	<i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	56
<b>Tabla 5</b>	<i>Indicadores y procesamiento de análisis de datos</i>	57
<b>Tabla 6</b>	<i>Validación de juicios de expertos</i>	58
<b>Tabla 7</b>	<i>Procedimiento de recolección de datos</i>	59
<b>Tabla 8</b>		60
<b>Tabla 9</b>	<i>Plan de cronograma</i>	61
<b>Tabla 10</b>	<i>Recursos de software</i>	62
<b>Tabla 11</b>	<i>El número de muestras al evaluar en el pre test y post test</i>	72
<b>Tabla 12</b>	<i>Resultados del pre test del indicador de eficiencia</i>	73
<b>Tabla 13</b>	<i>Resultados del post test del indicador de eficiencia</i>	74
<b>Tabla 14</b>	<i>Resultados estadísticos del pre y post test del indicador eficiencia en la categoría anillos</i>	75
<b>Tabla 15</b>	<i>Resultados del pre test del indicador eficiencia en la categoría de anillos</i>	76
<b>Tabla 16</b>	<i>Resultados del post test del indicador eficiencia en la categoría anillos</i>	77
<b>Tabla 17</b>	<i>Resultados estadísticos del pre y post test del indicador eficiencia en la categoría aretes</i>	78
<b>Tabla 18</b>	<i>Resultados del pre test del indicador eficiencia en la categoría aretes</i>	79
<b>Tabla 19</b>	<i>Resultados del pro test del indicador eficiencia en la categoría aretes</i>	80
<b>Tabla 20</b>	<i>Resultados estadísticos del pre y post test del indicador eficiencia en la categoría collares</i>	81
<b>Tabla 21</b>	<i>Resultados del pre test del indicador eficiencia en la categoría collares</i>	81
<b>Tabla 22</b>	<i>Resultados del post test del indicador eficiencia en la categoría collares</i>	83
<b>Tabla 23</b>	<i>Resultados estadísticos del pre y post test del indicador eficiencia en la categoría pulseras</i>	84
<b>Tabla 24</b>	<i>Resultados del pre test del indicador eficiencia en la categoría pulseras</i>	85
<b>Tabla 25</b>	<i>Resultados del post test del indicador eficiencia en la categoría pulseras</i>	86
<b>Tabla 26</b>	<i>Resultados del indicador tiempo</i>	87
<b>Tabla 27</b>	<i>Resultados del pre test del indicador tiempo</i>	88
<b>Tabla 28</b>	<i>Resultados del post test del indicador tiempo</i>	89
<b>Tabla 29</b>	<i>Resultados en el indicador tiempo para la clasificación de anillos</i>	90
<b>Tabla 30</b>	<i>Resultados del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de anillos</i>	91
<b>Tabla 31</b>	<i>Resultados del post test en el indicador tiempo y la clasificación de anillos</i>	92
<b>Tabla 32</b>	<i>Resultados en el indicador tiempo para la clasificación de aretes</i>	93
<b>Tabla 33</b>	<i>Resultados del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de aretes</i>	94
<b>Tabla 34</b>	<i>Resultados del post test en el indicador tiempo y la clasificación de aretes</i>	95
<b>Tabla 35</b>	<i>Resultados en el indicador tiempo y la clasificación de collares</i>	96
<b>Tabla 36</b>	<i>Resultados del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de collares</i>	97
<b>Tabla 37</b>	<i>Resultados del post test en el indicador tiempo y la clasificación de collares</i>	98
<b>Tabla 38</b>	<i>Resultados en el indicador tiempo y la clasificación de pulseras</i>	99
<b>Tabla 39</b>	<i>Resultados del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de pulseras</i>	100
<b>Tabla 40</b>	<i>Resultados del post test en el indicador tiempo y la clasificación de pulseras</i>	101
<b>Tabla 41</b>	<i>Prueba de normalidad del indicador de eficiencia</i>	102
<b>Tabla 42</b>	<i>Resultados estadísticos descriptivos del indicador eficiencia</i>	103
<b>Tabla 43</b>	<i>Pruebas de normalidad del indicador tiempo</i>	103
<b>Tabla 44</b>	<i>Resultados estadísticos descriptivos del indicador tiempo</i>	104
<b>Tabla 45</b>	<i>Prueba de rangos con signo Wilcoxon en el indicador eficiencia</i>	104
<b>Tabla 46</b>	<i>Resultados estadísticos de prueba en el indicador eficiencia</i>	105
<b>Tabla 47</b>	<i>Prueba de rangos con signo Wilcoxon en el indicador tiempo</i>	106
<b>Tabla 48</b>	<i>Resultados estadísticos de prueba en el indicador tiempo</i>	106
<b>Tabla 49</b>	<i>Matriz de confusión para clasificación múltiple</i>	107
<b>Tabla 50</b>	<i>Resultados de la matriz de confusión basado en el modelo de transferencia de aprendizaje para anillos</i>	110
<b>Tabla 51</b>	<i>Resultados de la matriz de confusión basado en el modelo de transferencia de aprendizaje para aretes</i>	110

<b>Tabla 52</b> Resultados de la matriz de confusión basado en el modelo de transferencia de aprendizaje para collares.....	111
<b>Tabla 53</b> Resultados de la matriz de confusión basado en modelo de transferencia de aprendizaje para pulseras.....	111
<b>Tabla 54</b> Resultado de análisis de precisión para cada clase del modelo de transferencia de aprendizaje .....	112
<b>Tabla 55</b> Resultado de análisis de sensibilidad para cada clase del modelo de transferencia de aprendizaje .....	114
<b>Tabla 56</b> Resultado de análisis de especificidad para cada clase del modelo de transferencia de aprendizaje.....	116
<b>Tabla 57</b> Modelo de red neuronal convolucional.....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	<i>Ramas de la inteligencia artificial.....</i>	25
<b>Figura 2</b>	<i>El aprendizaje automático supervisado.....</i>	28
<b>Figura 3</b>	<i>El aprendizaje automático no supervisado.....</i>	29
<b>Figura 4</b>	<i>Esquema básico de una red neuronal.....</i>	30
<b>Figura 5</b>	<i>Capas de una red neuronal.....</i>	31
<b>Figura 6</b>	<i>Redes neuronales profundas.....</i>	33
<b>Figura 7</b>	<i>Como aprende una red neuronal convolucional.....</i>	35
<b>Figura 8</b>	<i>Modelo de transferencia de aprendizaje.....</i>	38
<b>Figura 9</b>	<i>Clasificación de un dataset.....</i>	42
<b>Figura 10</b>	<i>Estructura de conjuntos de datos de una red neuronal convolucional.....</i>	43
<b>Figura 11</b>	<i>Conjunto de entrenamiento.....</i>	44
<b>Figura 12</b>	<i>Conjunto de validación.....</i>	44
<b>Figura 13</b>	<i>Conjunto de prueba.....</i>	45
<b>Figura 14</b>	<i>Clasificación de artesanía.....</i>	46
<b>Figura 15</b>	<i>Metodología del trabajo para la clasificación de imágenes de artesanía.....</i>	63
<b>Figura 16</b>	<i>Creación del modelo de transferencia de aprendizaje.....</i>	65
<b>Figura 17</b>	<i>Ruta de los conjuntos de datos del modelo de transferencia de aprendizaje.....</i>	65
<b>Figura 18</b>	<i>Directorio de clases de entrada para el entrenamiento de la red neuronal de transferencia de aprendizaje.....</i>	66
<b>Figura 19</b>	<i>Aumento de datos al modelo de transferencia de aprendizaje.....</i>	66
<b>Figura 20</b>	<i>Aplicando las rondas de entrenamiento al modelo neuronal de transferencia de aprendizaje.....</i>	67
<b>Figura 21</b>	<i>Error y exactitud al modelo neuronal de transferencia de aprendizaje.....</i>	68
<b>Figura 22</b>	<i>Gráfico del resultado del entrenamiento y validación del modelo de transferencia de aprendizaje.....</i>	68
<b>Figura 23</b>	<i>Aumento de datos al conjunto de pruebas del modelo de transferencia de aprendizaje.....</i>	69
<b>Figura 24</b>	<i>Predicciones del modelo de transferencia de aprendizaje.....</i>	70
<b>Figura 25</b>	<i>Evaluaciones del modelo basado en transferencia de aprendizaje.....</i>	71
<b>Figura 26</b>	<i>Arquitectura adaptada del modelo de transferencia de aprendizaje.....</i>	71
<b>Figura 27</b>	<i>Gráfico del pre test del indicador de eficiencia.....</i>	73
<b>Figura 28</b>	<i>Gráfico del post test del indicador de eficiencia.....</i>	75
<b>Figura 29</b>	<i>Gráfico del pre test del indicador eficiencia en la categoría anillos.....</i>	76
<b>Figura 30</b>	<i>Gráfico del post test del indicador eficiencia en la categoría anillos.....</i>	78
<b>Figura 31</b>	<i>Gráfico del pre test del indicador eficiencia en la categoría aretes.....</i>	79
<b>Figura 32</b>	<i>Gráfico del post test del indicador eficiencia en la categoría aretes.....</i>	80
<b>Figura 33</b>	<i>Gráfico del pre test del indicador eficiencia en la categoría collares.....</i>	82
<b>Figura 34</b>	<i>Gráfico del post test del indicador eficiencia en la categoría collares.....</i>	84
<b>Figura 35</b>	<i>Gráfico del pre test del indicador eficiencia en la categoría pulseras.....</i>	85
<b>Figura 36</b>	<i>Gráfico del pro test del indicador eficiencia en la categoría pulseras.....</i>	87
<b>Figura 37</b>	<i>Gráfico del pre test del indicador tiempo.....</i>	88
<b>Figura 38</b>	<i>Gráfico del post test del indicador tiempo.....</i>	90
<b>Figura 39</b>	<i>Gráfico del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de anillos.....</i>	91
<b>Figura 40</b>	<i>Gráfico del post test en el indicador tiempo y la clasificación de anillos.....</i>	93
<b>Figura 41</b>	<i>Gráfico del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de aretes.....</i>	94
<b>Figura 42</b>	<i>Gráfico del post test en el indicador tiempo y la clasificación de aretes.....</i>	96
<b>Figura 43</b>	<i>Gráfico del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de collares.....</i>	97
<b>Figura 44</b>	<i>Gráfico del post test en el indicador tiempo y la clasificación de collares.....</i>	99
<b>Figura 45</b>	<i>Gráfico del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de pulseras.....</i>	100
<b>Figura 46</b>	<i>Gráfico del post test en el indicador tiempo y la clasificación de pulseras.....</i>	102
<b>Figura 47</b>	<i>Matriz de confusión basado en el modelo de transferencia de aprendizaje.....</i>	108
<b>Figura 48</b>	<i>Resultados de las métricas de confusión basado en el modelo de transferencia de aprendizaje.....</i>	109
<b>Figura 49</b>	<i>Resultados de la eficacia del modelo basado en transferencia de aprendizaje.....</i>	109
<b>Figura 50</b>	<i>Resultados de precisión para cada clase en el modelo de transferencia de aprendizaje.....</i>	113

<b>Figura 51</b>	<i>Resultados de sensibilidad para cada clase en el modelo de transferencia de aprendizaje ..</i>	115
<b>Figura 52</b>	<i>Resultados de especificidad para cada clase en el modelo de transferencia de aprendizaje</i>	117
<b>Figura 53</b>	<i>Tiempo en clasificar con el modelo de transferencia aprendizaje en cada categoría.....</i>	166
<b>Figura 54</b>	<i>Modelos de anillos .....</i>	167
<b>Figura 55</b>	<i>Modelos de aretes .....</i>	168
<b>Figura 56</b>	<i>Modelos de pulseras.....</i>	169
<b>Figura 57</b>	<i>Modelos de collares .....</i>	170
<b>Figura 58</b>	<i>Proceso de compra de insumos .....</i>	172
<b>Figura 59</b>	<i>Proceso de clasificación de bisutería .....</i>	173
<b>Figura 60</b>	<i>Clasificación de bisutería.....</i>	174
<b>Figura 61</b>	<i>Clasificación anillos.....</i>	175
<b>Figura 62</b>	<i>Clasificación de aretes.....</i>	176
<b>Figura 63</b>	<i>Clasificación collares .....</i>	177
<b>Figura 64</b>	<i>Clasificación pulseras .....</i>	178
<b>Figura 65</b>	<i>Estructuras de las carpetas del aplicativo .....</i>	179
<b>Figura 66</b>	<i>Interfaz gráfica .....</i>	180
<b>Figura 67</b>	<i>Lógica de programación .....</i>	180

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación ( 1 )</b> .....	41
<b>Ecuación ( 2 )</b> .....	41
<b>Ecuación ( 3 )</b> .....	41
<b>Ecuación ( 4 )</b> .....	41
<b>Ecuación ( 5 )</b> .....	42
<b>Ecuación ( 6 )</b> .....	55

## RESUMEN

El sector de artesanía proporciona un sustento económico a un gran número de personas y contribuye a las exportaciones e ingresos de divisas del Perú. Este sector está compuesto por pequeñas y medianas empresas según Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. Por otro lado, se caracterizan por realizar sus procesos de manera manual, y en algunos casos carecen de maquinarias o el uso de tecnología. En este contexto, la automatización de tareas mediante la clasificación de imágenes ha sido aplicada en diversos sectores industriales y comerciales. Se desarrolla un modelo de red neuronal convolucional basado en transferencia de aprendizaje con el objetivo de que el modelo realice una clasificación automática de los productos de bisutería. Para esta tarea, se realizó la extracción de características que permita identificar cada categoría de imagen como: su color, forma, diseños y textura. El conjunto de datos estuvo compuesto de 2000 imágenes y una muestra de 323 imágenes. Durante el pre test, la eficiencia se tuvo un 77.85% en la clasificación de productos de bisutería y con un tiempo de 1350 segundos, mientras en el post test al emplear el modelo de red neuronal convolucional la eficiencia aumento al 97.09% y el tiempo se redujo a 9.9 segundos. Además, el resultado del modelo de transferencia de aprendizaje, se logró una eficacia promedio del 91% en la clasificación de categorías de bisutería. En resumen, se destaca el potencial de las RNC y las adaptaciones de arquitecturas que ayudan en los procesos de clasificación de diversos sectores.

**Palabras clave:** inteligencia artificial, modelo de red neuronal, clasificación de imágenes, aprendizaje profundo, redes neuronales convolucionales.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### Realidad problemática

La UNESCO (2022) destaca el papel crucial que desempeña la industria artesanal en la lucha contra la pobreza en numerosos países, al mismo tiempo que contribuye a la preservación y promoción de las tradiciones culturales y estéticas. La artesanía representa una parte importante del patrimonio cultural distintivo de muchas naciones.

Sabarís (2022) en su publicación titulada “Protegiendo la artesanía de Europa”, el parlamento europeo y el consejo expresan su preocupación por el declive que ha experimentado el sector artesanal durante más de una década. Existe una escasez de mano de obra y los productos artesanales son fabricados por pequeñas y medianas empresas. Estas regiones, dependen en gran medida del sector turístico en términos económicos. Los artesanos muestran una falta de inversión en sus propios productos. Esto también lleva a que las microempresas del sector artesanal pierdan valiosas oportunidades en el mercado y es crucial que los artesanos europeos tengan la capacidad de salvaguardar sus productos artesanales y preservar sus conocimientos tradicionales.

Guallazaca & Hernandez (2020) señalan una desventaja que enfrentan las pequeñas y medianas empresas en Ecuador en comparación con las empresas multinacionales en la capacidad de producción. La mayoría de sus procesos se caracterizan por ser manuales, carecen de maquinaria y la tecnología empleada es nula, lo que resulta en una cadena de producción lenta que no puede satisfacer la demanda de sus clientes. El principal problema son los altos costos elevados de inversión en maquinarias, hardware y software. Una posible solución es la identificación de imágenes en tiempo real, que permite desarrollar algoritmos de clasificación basados en métodos de K vecinos, para categorizar los productos y su calidad. Sin embargo, el desafío consiste en integrar estas tareas con técnicas de inteligencia artificial. En este contexto, la falta de automatización en las pymes es limitada, lo que conduce a problemas relacionados

con la calidad de productos y tiempos de producción, esta situación hace que resulte difícil para estas empresas exportar sus productos.

Meza et al. (2017) mencionan que las actividades comerciales en Colombia se ven obstaculizada debido por falta de tecnología y respaldo del gobierno para promover el desarrollo de las empresas. Uno de los desafíos es en el ámbito de la artesanía, donde las pequeñas y medianas empresas dedicadas a este rubro deben enfocarse en la innovación, mejorar la calidad de sus productos y optimizar la eficiencia operativa con recursos mínimos tales como la mano de obra y maquinarias disponibles.

Heras (2017) menciona que los procesos de clasificación de forma manual conllevan un riesgo significativo cometer errores humanos, dado que las decisiones tomadas por los operadores pueden verse influenciadas por factores psicológicos, como el cansancio o los patrones de comportamiento establecidos. En Ecuador, se subraya la importancia de la clasificación de imágenes en la automatización de tareas dentro de una empresa, llevando a cabo el desarrollo de algoritmos basados en inteligencia artificial, centrados en las categorías de imágenes de objetos, que permite en analizar casos similares para automatizar procesos de clasificación y reconocimiento en diversos sectores como la industria, la ciencia y la seguridad. Por otro lado, Aguilar & Campoverde (2020) enfatizan que la clasificación mediante la inteligencia artificial ha desempeñado un papel importante en la optimización de procesos industriales, llevando a cabo la validación de los tiempos de respuesta y la precisión en las predicciones de los modelos de red neuronales convolucionales. Estos modelos no solo determinar la eficiencia en las tareas de clasificación, sino que también sirven como punto de partida para el desarrollo de sistemas autónomos que emplean la visión artificial con el fin específico de clasificar.

Cuestas Camacho et al. (2022) manifiestan que la inteligencia artificial requiere una supervisión constante para mejorar continuamente, y puede ser utilizada para gestionar información sobre la cultura e incluso facilitar en los procesos creativos. Además, que es posible

analizar los rastros digitales dejados por las comunidades, como los colores de sus objetos, las formas de sus dibujos o diseños, entre otros aspectos. Un ejemplo de caso de estudio es la cultura Chachi - Ecuador, donde las mujeres de bajos recursos en áreas rurales se dedican a la elaboración de artesanía como fuente de ingreso para su economía y existe la posibilidad de que la información sobre su artesanía, como los patrones de dibujo, diseños, colores y entre otros se pierda con el tiempo. El uso de la inteligencia artificial ha despertado el interés de los investigadores en los campos de la artesanía debido a su capacidad para diversos procesos.

Sharma et al. (2018) mencionan que la clasificación de imágenes mediante el uso de las redes neuronales ha despertado interés en diversas áreas, lo que ha llevado al desarrollo de enfoques relacionados con la detección y clasificación de objetos del mundo real. Como resultado, los investigadores tienen un desafío importante al identificar la red más adecuada para su propósito específico. En ese contexto, la extracción de características desempeña un papel fundamental en el desarrollo de algoritmos, ya que la información del objeto se utiliza para distinguir entre diferentes categorías de objetos y desarrollar aplicaciones para diversos propósitos.

Tianmei et al. (2017) señalan que la clasificación de imágenes, se aplica en ámbitos como la investigación científica, la seguridad, la medicina, el reconocimiento facial y en otros campos. Por otro lado Tena et al. (2022) mencionan que el reconocimiento, clasificación y recuperación de imágenes ayuda de manera útil en la preservación digital y fuente de conocimiento en los campos de la artesanía, el comercio y la educación.

Según Belhi et al. (2021) , los objetos culturales han sido portadores de valiosa información cultural e histórica, a medida que la tecnología avanza la información digital aumenta. En consecuencia, se ha recurrido al uso de tecnologías como la inteligencia artificial para llevar a cabo tareas de reconocimiento, extracción de características y clasificación de estos objetos, con el objetivo de mejorar la gestión de datos en una organización y salvaguardar.

Según Ferreira & Giraldi (2017) la evaluación de calidad de productos es realizada por personas y es propensa a errores humanos. Por lo tanto, utilizar algoritmos de aprendizaje automático permite identificar patrones para clasificar y calificar productos de manera precisa. Asimismo, la automatización de estos procedimientos conlleva a una gestión eficiente en el almacén y una mejor identificación de los tipos de productos.

Seoa & Shinb (2019) manifiestan que el uso del aprendizaje profundo se puede aplicar en varias áreas comerciales para lograr un mejor rendimiento en términos de productividad, calidad, eficiencia y el tiempo. Asimismo, señalan que pueden traer consigo mejoras al negocio y aumentar la eficiencia en los sistemas de gestión de productos.

Wang et al. (2021) señalan que los modelos de reconocimiento de imágenes de aprendizaje automático presentan ventajas y limitaciones, por lo que es importante evaluar el rendimiento del algoritmo, su precisión y el tiempo de ejecución. De la misma manera, Percimil & Tafur (2018) destacan la importancia de la eficacia para verificar el rendimiento del algoritmo basado en inteligencia artificial.

La artesanía en el Perú no ha empezado a utilizar la informática como base para generar programas que utilicen inteligencia artificial en la clasificación, detección, segmentación, extracción de características e interpretación de diseños de artesanía. Un ejemplo de esta realidad es la microempresa Artelix, especializada en la producción de bisutería que incluye collares, anillos, pulseras y aretes. A pesar de su crecimiento y la expansión de sus productos artesanales hacia el mercado brasileño, Artelix se enfrenta a desafíos en sus procesos de clasificación, que actualmente se realizan de manera manual. Además, la limitación de personal para llevar a cabo las tareas de clasificación, esta carencia de recursos humanos se traduce en un proceso lento y poco eficiente. La clasificación manual conlleva a riesgo de errores humanos, ya que los operadores pueden estar influenciados por factores como el cansancio, lo que puede afectar negativamente la eficiencia y la calidad del trabajo. Por ello, la importancia de las redes

neuronales convolucionales que es parte de la disciplina del aprendizaje automático en la inteligencia artificial, una tecnología que está ganando terreno de manera significativa en una amplia gama de sectores industriales. En áreas como la industria textil, alimentaria, agrícola y comercial, la IA ha demostrado ser una herramienta valiosa para la optimización de procesos, la toma de decisiones basada en datos y la mejora de la eficiencia operativa. Dentro de este contexto, esta investigación se propone desarrollar un modelo basado en redes neuronales convolucionales. El objetivo es lograr una clasificación precisa y sistemática de cuatro tipos de artesanía a través de imágenes, brindando a la empresa Artelix la oportunidad de optimizar sus procesos y aprovechar las ventajas de la inteligencia artificial en un mercado que está en constante evolución.

### **Antecedentes internacionales**

Winiarti et al. (2018) en su investigación sobre la clasificación de cuero realizado en la Universidad de Ahmad Dahlan en Indonesia, cuyo objetivo fue identificar el tipo de cuero y su calidad. Utilizaron un conjunto de 4157 imágenes y una muestra de 3157 imágenes, cada imagen tuvo un tamaño de 512x512 píxeles, las cuales fueron divididas en 5 categorías de cuero: lagarto, cocodrilo, oveja, cabra y vaca. Su estudio de diseño experimental, basado en un modelo pre-entrenado llamado AlexNet, el cual fue adaptado para extraer características relacionadas con el color y la textura de las imágenes para clasificar. Los resultados obtenidos en esta investigación de clasificar tipos de cueros lograron un 99% en la precisión, especificidad y sensibilidad promedio. Además, un tiempo promedio de 0.2015 segundos en clasificar las imágenes de tipos de cuero con su modelo. En relación con nuestro estudio, ambos pertenecen a la industria de artesanía, el resultado del indicador tiempo promedio fue de 0.03062 segundos en clasificar los tipos de bisutería, dando un resultado más eficiente. Por otro lado, en el rendimiento del algoritmo respecto a la precisión, especificidad y sensibilidad tuvimos un valor de 90% en nuestro modelo para clasificar artesanía de tipo bisutería.

Aguilar & Campoverde (2020) en su estudio de clasificación de frutas basado en redes neuronales convolucionales realizado en la Universidad Católica de Cuenca en Ecuador, cuyo objetivo entrenar un modelo de red neuronal para la clasificación de 13 clases de frutas las cuales son: plátano, cereza, frutilla, limón, mandarina, mango, manzana, mora, naranja, papaya, pera, piña y uva. Su estudio de diseño experimental, utilizaron un conjunto de datos compuesto por 13.516 imágenes y una muestra de 1300 imágenes, cada una con un tamaño desde 500x500 píxeles hasta 3120x4160 píxeles. Además, llevaron a cabo el proceso de entrenamiento utilizando el modelo MobileNet. Como resultado, lograron obtener un 87 % de eficiencia en la clasificación de frutas a partir de su modelo de red neuronal y un tiempo para la detección de la categoría tuvo un máximo de 0,463 segundos y un mínimo de 0,406 segundos. En relación con nuestro estudio, ambos pertenecen al sector comercio, tuvimos una eficiencia de 97.09% en la clasificación de bisutería, además el tiempo mínimo de 0.026 segundos y máximo de 0.056 segundos, dando un tiempo menor y una mayor eficiencia.

Heras (2017) en su estudio para clasificar frutas basado en inteligencia artificial realizado en la Universidad Católica de Cuenca en Ecuador, cuyo objetivo desarrollar un algoritmo que permita clasificar e identificar las frutas en función a los colores y de diseño experimental. Utilizaron un conjunto de total de 83 imágenes y una muestra de 25 imágenes, cada imagen con un tamaño de 500x500 píxeles, las cuales fueron divididas en cuatro tipos de frutas: manzana roja, manzana verde, plátano y naranja. Empleo el aprendizaje supervisado llamado "Random Forest" y durante el proceso de entrenamiento utilizo un vector de características de histograma RGB para clasificar las frutas. Como resultado obtuvo un 100% en precisión, recall, f1-score de cada clase, logrando una eficiencia de 100% en la clasificación de frutas. En relación con nuestro estudio, ambos pertenecen al sector comercio, una diferencia es que utilizamos algoritmos de back propagation con redes neuronales convolucionales para lograr una precisión de 90% en nuestro modelo de red neuronal y se logró una eficiencia de 97.09% en la clasificación de bisutería.

Seoa & Shinb (2019) en su estudio para clasificar prendas de vestir realizado en la Universidad Ewha Womans en Corea del Sur, los autores tuvieron como objetivo entrenar un modelo de clasificación para múltiples categorías las cuales son: camiseta, pantalones, pullover, vestido, abrigo, sandalias, bolso, camisa, zapatilla y botines. Su estudio de diseño experimental, utilizaron un conjunto de datos Fashion-MNIST que consta 60000 imágenes con un tamaño de 28x28 pixeles en escala de grises. Emplearon dos modelos de arquitectura las cuales son VGG16 y VGG19, adaptaron los modelos para lograr una precisión del 100%. Los resultados de sus modelos VGG16 H-CNN y VGG19 H-CNN tienen menor pérdida y mayor precisión. En el contexto de nuestra investigación, ambas pertenecen al campo de comercio y una diferencia radica en la arquitectura desarrollada para la tarea de clasificación. Estas arquitecturas requieren de mayor capacidad de cálculo de cómputo, en comparación a la arquitectura MobileNet que es ligero y de pocos recursos técnicos.

Liu et al. (2020) llevaron a cabo su investigación en la Universidad de Zhejiang Hangzhou en China para el reconocimiento de imágenes basado en redes neuronales convolucionales en la artesanía del teñido anudado conocida como (tie-dye) y de diseño experimental, tuvieron como objetivo identificar patrones básicos. Utilizaron un conjunto de 532 imágenes y emplearon el algoritmo de aprendizaje automático llamado Yolov3 para identificar los patrones básicos del tie-dye. Los resultados de su estudio mostraron una tasa de precisión del 100% en la identificación del patrón espiral con una muestra de 285 imágenes, un 99 % para el patrón del corazón con 183 imágenes y un 98% para el patrón de telaraña con 64 imágenes. En general, lograron una tasa de reconocimiento promedio del 99% para la identificación de los patrones básicos de tie-dye. En relación a nuestro estudio pertenecen al sector de artesanía, una diferencia es la arquitectura, ya que la arquitectura Yolov3 requiere un mejor hardware de cómputo para el procesamiento de imágenes, mientras que MobileNet es versátil y se adapta a dispositivos con menos recursos. Además de que en la precisión del modelo de red neuronal tuvimos un 90.75%

en la clasificación de imágenes de bisutería, cabe señalar que utilizamos dicha arquitectura por su velocidad y eficiencia en el uso de recursos de cómputo.

### **Antecedentes nacionales**

Percimil & Tafur (2018) diseñaron un sistema de visión computacional con el propósito de identificar la calidad de la quinua blanca, su estudio fue experimental con una sola medición. Para ello, emplearon un modelo de red neuronal convolucional previamente entrenado llamado MobileNet, el cual utilizó para clasificar la quinua mediante un conjunto de 3000 imágenes y una muestra de 385, con una resolución de 1024x1024 pixeles. Los resultados obtenidos, alcanzaron una eficacia de 96.75%, una sensibilidad del 82.05% y una especificidad del 99.11% en la identificación de la quinua blanca. En comparación a nuestro estudio la resolución de imágenes fue de 160x160 pixeles y una dataset de 2000 imágenes, los resultados del modelo nos dieron una eficacia de 91%, 93.25% en sensibilidad y 97% en especificidad para la clasificación de bisutería

Vargas (2018) en su investigación de implantación de un modelo para clasificación automática de textos, cuyo diseño es experimental y su objetivo permitir analizar documentos en idioma español y determinar su clasificación para mejorar la gestión documental. Utilizo un conjunto de 893 documentos para clasificar tipo de documentos: carta, carta de renuncia, carta notarial, certificado, circular, comprobante de pago, comprobante de percepción vent, esquila, factura electrónica, formulario, oficio, papeleta de infracción, requerimiento, resolución, resolución coactiva, sesión de la comisión administ y transferencia. Para su desarrollo utilizo las redes neuronales y algoritmo bayesiano para la clasificación. Como resultado en el tiempo de clasificación automática tuvo 358 segundos por registro y un 98% en la precisión de la clasificación documentaria. En comparación a nuestro estudio, tuvieron un diferente conjunto de datos ya que analizamos las imágenes en cambio ellos analizaron documentos. Los algoritmos bayesianos se basan en la teoría de la probabilidad para modelar los datos y predicciones, en

cambio el algoritmo BackPropagation se centra en el aprendizaje supervisado y la optimización de los pesos de las redes neuronales.

Céspedes Ordóñez (2022) en su investigación para el reconocimiento de las palmas de las manos basado en redes neuronales convolucionales, su estudio de investigación cuasiexperimental. Utilizó fotografías de las palmas de las manos de 100 personas (3 imágenes de cada persona) y desarrolló 6 métodos de pruebas de redes neuronales convolucionales (VGG16, VG19, ResNet50, MobileNetV2, Xception y DenseNet121) y creo un registro de imágenes para procesar los 6 métodos de prueba. Como parte del proceso de evaluación mide el tiempo de respuesta (es el tiempo que toma para ejecutarse el clasificador), precisión (la cantidad total de predicciones positivas acertado), exactitud (la cantidad total de predicciones acertadas en base al número de predicciones realizadas) , Recall (calcular la cantidad final de predicciones de las manos como tasa de verdaderos positivos) , valor F (es el valor para medir el test). Como resultado final el método de prueba ResNet50 tuvo el mejor rendimiento para el reconocimiento de manos, en precisión un 98.50%, exactitud y sensibilidad un 99% comparado con los otros métodos de prueba. En comparación a nuestro estudio se adaptó un modelo de arquitectura llamada MobileNet tuvimos un resultado del algoritmo de clasificación de bisutería en la precisión un 90.75% y sensibilidad 93.25%, debido a la complejidad de clasificar 4 tipos de bisutería que tienen diferentes diseños, formas y colores. A diferencia del otro estudio que solo se basó en solo el reconocimiento de las palmas de la mano.

## **Justificación**

### ***Justificación social***

El sector artesanal en Perú está conformado por pequeñas y medianas empresas, desempeñan un papel fundamental en la economía y el turismo, tanto a nivel nacional como internacional. Sin embargo, la clasificación eficiente de productos de bisutería artesanal es un desafío constante para estas pymes. En este contexto, la aplicación de tecnologías de vanguardia, como los modelos de redes neuronales convolucionales (CNN), emerge como una solución innovadora y prometedora.

### ***Justificación teórica***

Se justifica esta investigación, ya que se aporta conocimiento acerca del tema de la clasificación de imágenes y como se relacionan con la tarea de clasificar artesanía de tipo bisutería. En este estudio, se realizó la adaptación de una red neuronal convolucional de transferencia de aprendizaje, con el fin de que las redes CNN extraigan características y puedan aprender por si solas identificar las diferentes categorías de bisutería, independiente de su forma, color, diseño o textura.

### ***Justificación metodológica***

La investigación en cuestión se justifica desde un enfoque metodológico debido a su valiosa contribución a investigaciones futuras con el análisis de escenarios vinculados al tema y la manera de abordarlos desde una perspectiva metodológica. Se consideraron las particularidades tanto del lugar de estudio como de su población y en la toma de datos para su análisis. Desde un punto de vista tecnológico, el diseño de un modelo basado en redes neuronales convolucionales se convierte como punto de partida para desarrollo de aplicaciones de visión computacional y sistemas inteligentes, esta herramienta automatizaría la clasificación de artesanía de tipo bisutería, mejorando su eficiencia en producción y en la gestión de sus productos.

### ***Justificación práctica***

Nuestro modelo CNN puede analizar las características visuales de las artesanías y asignar automáticamente las categorías basadas en patrones y similitudes visuales. Esto reducirá la carga de trabajo manual y minimizará errores humanos. Por otra parte, los modelos CNN son capaces de aprender y adaptarse a los detalles visuales que los humanos pueden pasar por alto, esto asegurará una clasificación más precisa de los productos. Finalmente, los modelos deben seguir actualizándose para seguir manteniendo una precisión correcta en la clasificación de artesanía y también el aumento de datos de las imágenes.

## **Marco teórico**

### ***Inteligencia artificial***

Según Smarandache (2022) la inteligencia artificial se define como la habilidad de las máquinas para llevar a cabo tareas generales, como el pensamiento y la acción, de manera similar a la mente humana.

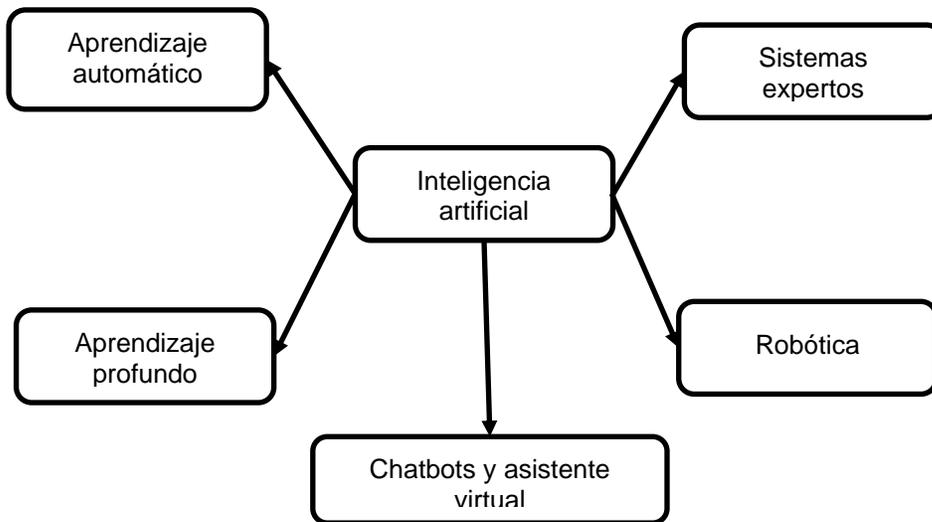
**Ramas de la inteligencia artificial.** Esta disciplina se encuentra subdivida en múltiples ramas las cuales son:

- **Aprendizaje automático:** Busca capacitar a las computadoras para que adquieran habilidades de aprendizaje. Por medio de algoritmos, redes neuronales, redes bayesianas y razonamiento por analogía. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden ser supervisados, no supervisados o por refuerzo, dependiendo de las tareas y los datos disponibles.
- **Aprendizaje profundo:** Se refiere al número de capas ocultas en una red neuronal artificial. Utilizándose en el diagnóstico médico, visión computacional, el marketing, etc. Además, se centra en el entrenamiento de modelos de redes neuronales artificiales con múltiples capas para resolver tareas complejas.
- **Sistemas expertos:** Son programas diseñados para emular el razonamiento y las acciones de una persona experta en una actividad particular.

- Robótica: Se emplea en el desarrollo y fabricación de robots y dispositivos que llevan a cabo tareas o trabajos, generalmente en industrias y reemplazando la labor humana.
- Chatbots y Asistente virtual: Son robots que interactúan con usuarios a través de un chat sea por texto o voz. El chatbot está preprogramado y depende de palabras clave para seleccionar una respuesta adecuada de manera inmediata. Por otro lado, un asistente virtual puede ofrecer una atención más completa sin necesidad de las palabras claves.

**Figura 1**

*Ramas de la inteligencia artificial*



*Fuente:* Elaboración propia.

Por otro lado , Pokorni (2021) menciona que es importante la confiabilidad y el mantenimiento en un aplicativo de inteligencia artificial. La confiabilidad se define como la capacidad de cumplir las expectativas del software, esto incluye sus características como: disponibilidad, resiliencia, seguridad, privacidad, responsabilidad, transparencia, integridad, autenticidad, calidad y facilidad de uso. En cuanto a mantenimiento en el contexto de la inteligencia artificial, se establece la necesidad de realizar actualizaciones para garantizar que

los sistemas sean robustos, capaces de adaptarse a los cambios y mantener su valor para un funcionamiento efectivo.

***Aprendizaje automático***

Según Dark (2018) el aprendizaje automático permite a las computadoras aprender de los datos y experiencias, en lugar de ser programadas explícitamente. Además, se emplea para llevar a cabo en diagnósticos, predicciones y tareas de reconocimiento. Las máquinas aprenden a través de los datos de entrenamiento para identificar patrones y utilizan mecanismos de aprendizaje, los más utilizados son: el aprendizaje supervisado y no supervisado.

Se muestra en la siguiente tabla las ventajas y desventajas del aprendizaje automático.

**Tabla 1**

*Ventajas y desventajas de aprendizaje automático*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Se utiliza en varias aplicaciones de sector financiero, minoristas, salud y otras industrias.	Es difícil para adquirir los datos para entrenar.
Permite reducir el tiempo y el uso eficiente de los recursos.	Se debe probar diferentes técnicas de aprendizaje automático antes de usar el algoritmo.
Ayudan a una mejora de calidad en procesos pequeños y grandes.	Difícil de interpretar los resultados con precisión para determinar la efectividad del algoritmo de aprendizaje.
Se puede manejar datos de múltiples variedades.	

*Fuente:* Elaboración propia.

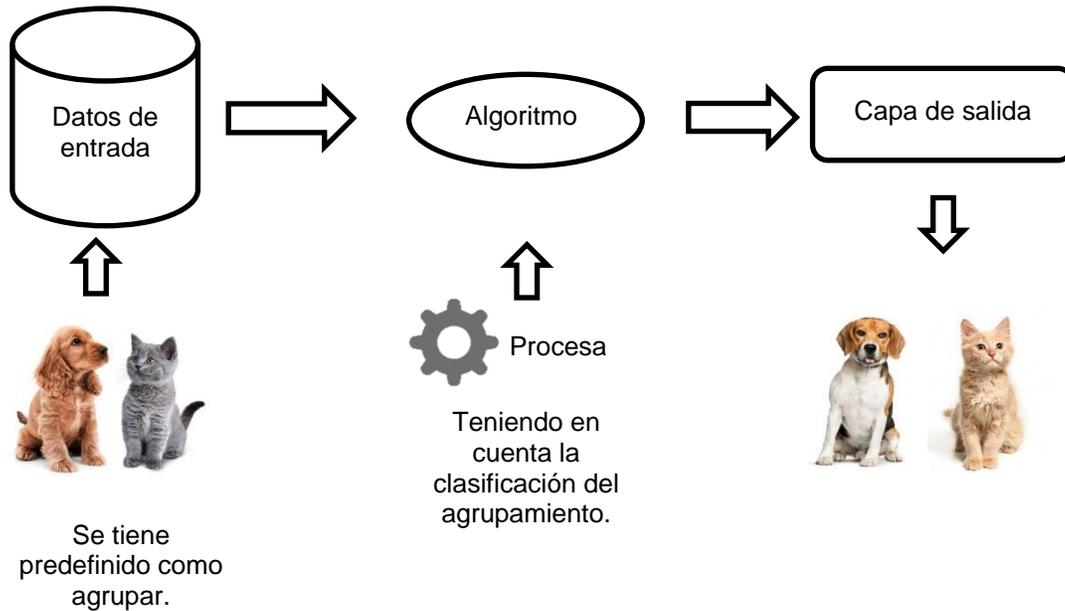
El aprendizaje automático es un campo que combina conceptos de múltiples materias como la estadística, redes neuronales, teoría del control adaptativo e inteligencia artificial. Utiliza la estadística para predecir el valor de una función utilizando valores de muestra, también se emplea redes neuronales para el aprendizaje automático, la teoría del control adaptativo asociado con el control y cambios de los sistemas relacionados con la inteligencia artificial.

**Aprendizaje automático supervisado.** El aprendizaje automático supervisado implica utilizar la información de entrenamiento que incluye tanto en las entradas como las salidas esperadas. Estas salidas esperadas se conocen como señales de supervisión. Si las salidas son discretas se denomina clasificador y si son continuas se denomina regresión. El algoritmo busca un método generalizado para predecir la salida esperada a partir de las entradas en base a los datos previos, lo que permite hacer pronósticos sobre eventos futuros. En una red neuronal, los datos de entrada (entrenamiento) y la capa de salida recibe valores asociados con la categoría de entrada. Cuando se presentan datos similares como la entrada, la red neuronal examina la capa de salida y proporciona la salida deseada según lo definido por el usuario.

A continuación se presenta un ejemplo ilustrativo de aprendizaje automático supervisado, en el cual se utiliza una base de datos de imágenes que se ha organizado previamente en carpetas separadas para la clasificación de perros y gatos. Luego, se elabora un algoritmo diseñado para reconocer las características o patrones presentes en las imágenes. Finalmente, en la capa de salida el algoritmo, es capaz de determinar si la imagen corresponde a un perro o gato.

**Figura 2**

*El aprendizaje automático supervisado*



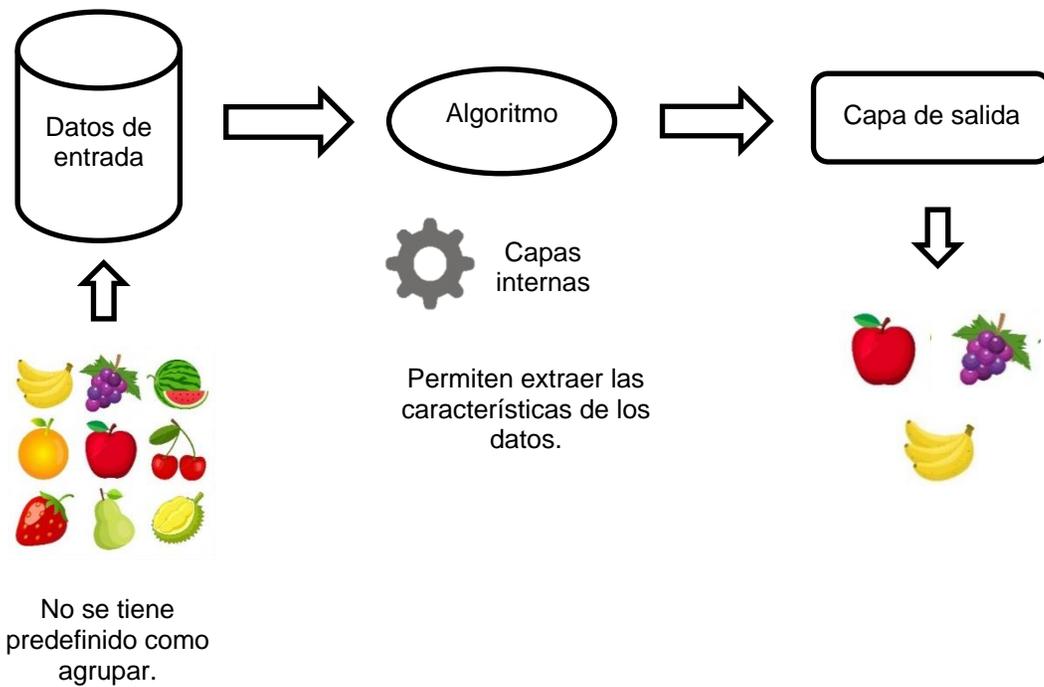
*Fuente:* Elaboración propia.

**Aprendizaje automático no supervisado.** El aprendizaje automático no supervisado se utiliza los datos de entrenamiento, pero no se dice cuál es la salida deseada. Permite que el algoritmo pueda predecir el futuro o tomar decisión de cualquier dato, ya que en los datos de entrada el identifica sus patrones. Las capas de entrada y salida de la red neuronal se alimentan con los ejemplos de entrenamiento que se están procesando, no se tiene predefinido como agrupar. Por ello, las capas internas de la red neuronal se comprimen en comparación con las capas externas, lo que permite a la red comprimir las múltiples características de los datos de entrada. En este tipo de aprendizaje, las capas internas de la red neuronal generan la salida.

Se ilustra un ejemplo de aprendizaje automático no supervisado, en el cual se utiliza una base de datos de imágenes que no se ha organizado previamente en carpetas separadas para la clasificación de frutas. Luego, se elabora un algoritmo diseñado para reconocer las características o patrones presentes en las imágenes. Finalmente, en la capa de salida el algoritmo, es capaz de determinar si la imagen corresponde a una fruta.

### Figura 3

*El aprendizaje automático no supervisado*



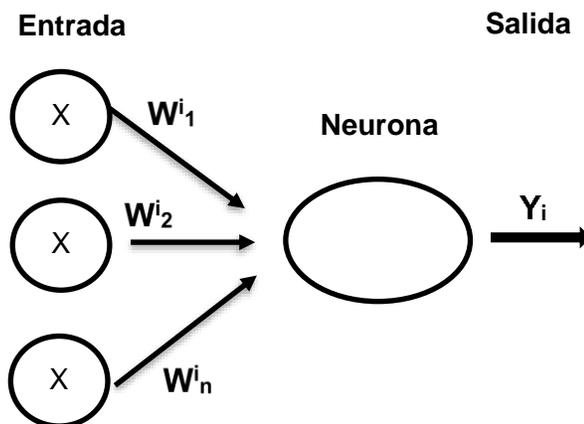
*Fuente:* Elaboración propia.

### Redes neuronales

Según Casas Roma et al. (2020) las redes neuronales artificiales (ANN o Artificial neural networks) es un conjunto de algoritmos que imita el funcionamiento del cerebro humano. Consiste en una estructura formada por nodos interconectados, llamados neuronas artificiales, que procesan y transmiten información entre sí. Además, son capaces de aprender y asemejar con precisión. A continuación, se presenta un esquema básico de una neurona artificial.

**Figura 4**

*Esquema básico de una red neuronal*



*Fuente:* Elaboración propia.

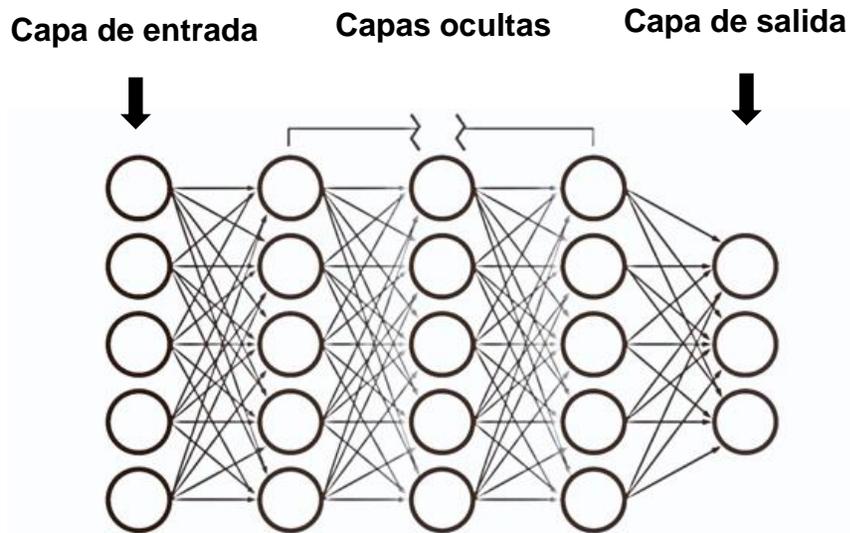
Cada neurona tiene un conjunto de datos de entrada  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  y el conjunto de valores  $W^i = (W^{i_1}, W^{i_2}, \dots, W^{i_n})$  se interpreta con el peso del valor de la entrada de la neurona. Las neuronas combina los valores de entrada aplicando una función de entrada y dando el valor de salida  $Y_i$ .

**Capas de una red neuronal.** Las capas de la red neuronal se dividen en 3 capas.

- Capa de entrada. Está formada por las neuronas encargadas de recibir y transmitir los patrones de entrada sin procesar. No se lleva a cabo ningún procesamiento en esta capa.
- Capa oculta. En esta capa están compuestas por múltiples entradas conectadas a una sola neurona de salida, dicha capa permite el procesamiento y transformación de la información antes de pasar a la siguiente capa.
- Capa de salida. Esta capa genera las respuestas o predicciones correspondientes al problema que se está abordando.

**Figura 5**

*Capas de una red neuronal*



*Fuente:* Elaboración propia.

**Pre procesamiento de datos en redes neuronales.** Según Casas Roma et al. (2020), es necesario que los datos de entrada estén en un formato específico para trabajar de forma correcta se debe tener un formato numérico y el rango debe estar entre [0,1]. En caso de trabajar con imágenes se recomienda lo siguiente:

- Las imágenes deben tener un mismo tamaño, por lo que se debe verificar cada imagen.
- Escalar cada imagen de manera adecuada (image scaling).
- La normalización de los datos para tener una distribución de datos similar.
- De manera opcional, las imágenes de color se sugiere cambiar en un solo canal de escala de grises
- Se recomienda aumentar el conjunto de datos para evitar el sobre entrenamiento. Además, incluir nuevas versiones de imágenes que tengan perturbaciones como escalas, rotaciones y otras transformaciones.

**Redes neuronales en diversos campos.** De acuerdo al autor Cabellos Román et al. (2022) mencionan que las redes neuronales poseen una amplia gama de aplicaciones en diferentes campos, como la medicina, ingeniería, biología, militar, empresarial, ambiental, financiero, manufactura y entre otros, se muestra algunos ejemplos de aplicaciones:

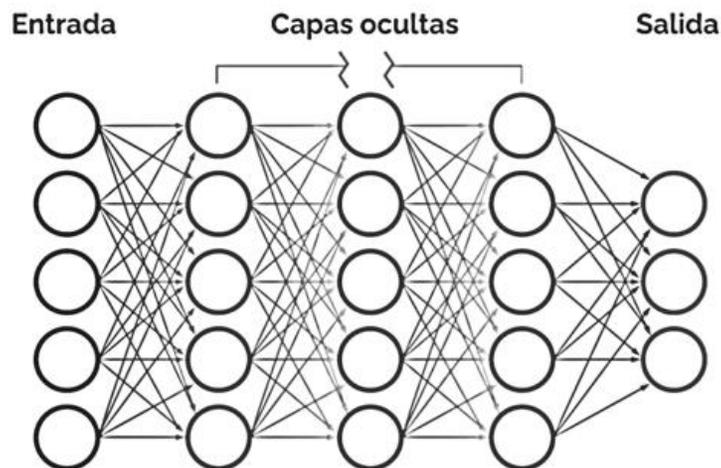
- Medicina: Utilizado en la detección o pronóstico de las enfermedades.
- Biología: El estudio del cerebro humano.
- Militar: Creación de armas inteligentes y detección de objetos.
- Ambiental: En la predicción, clasificación y monitoreo del medio ambiental.
- Agricultura: En la detección de enfermedades de las plantas y clasificación.
- Financiera: En la predicción y detección de fraudes.
- Manufactura: En la producción automatizada, pronóstico y clasificación de productos.

### **Redes neuronales profundas**

Kaur & Doegar (2022) mencionan que las redes neuronales profundas son redes que consisten en capas de neuronas interconectadas de manera similar a la estructura del cerebro humano. Estas neuronas reciben entradas y las transmiten a otras neuronas conectadas, lo que resulta en una red compleja con capas ocultas. En la figura se muestra una representación de una red neuronal profunda con "N" capas ocultas. En este contexto, las neuronas, la función de activación, las entradas/salidas, los pesos, las capas y un optimizador (método de aprendizaje) son los componentes lógicos fundamentales. En cada capa, una o más neuronas computan una función conocida como función de activación. Los pesos están asociados a las conexiones entre las neuronas de capas sucesivas. Al inicio, los pesos se definen de manera aleatoria, pero se actualizan iterativamente para obtener predicciones de salida más precisas. La salida final se genera en forma de etiquetas binarias o múltiples.

**Figura 6**

*Redes neuronales profundas*



*Fuente:* Elaboración propia.

### **Redes neuronales convolucionales**

Según Reinoso García et al. (2022) indican que las redes neuronales convolucionales o CNN están diseñadas específicamente para reconocer y clasificar imágenes que se utilizan como entrada. Por otro lado, Rodríguez & Alesanco (2018) mencionan que las redes CNN en su procesamiento de datos usan una topología en forma de malla o grid y también capas que conforman una red convolucional.

**Capas de una red neuronal convolucional.** Existen capas en la red neuronal convolucional, las cuales son:

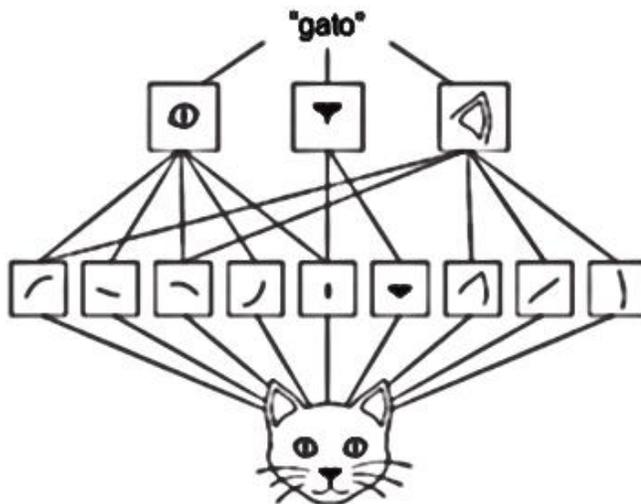
- Capa de entrada: Es una imagen sin procesar, ya que es la entrada inicial de la red.
- Capas de convolución: Las capas convolucionales son fundamentales en una CNN, ya que utilizan filtros (kernels) que se mueven sobre la imagen de entrada para identificar características específicas mediante la operación de convolución. Cada filtro se entrena para reconocer patrones o características distintas, como bordes, texturas o formas. Además cada capa convolucional se aplica varios filtros, lo que permite detectar múltiples características al mismo tiempo.
- Capas de pooling: Esta capa tiene como propósito de reducir las dimensiones de los datos, obtenidas por las capas convolucionales. (Reinoso García et al., 2022)
- Capas RELU: Estas capas se emplean después de cada convolución y realizan una operación que sustituye los valores negativos por cero. Su objetivo es introducir no linealidad en el modelo y eliminar la relación proporcional entre la entrada y la salida (Quintero et al., 2018).

Asimismo Pineda (2022) manifiesta que las redes CNN aprenden jerárquicamente patrones. En una primera capa aprenderá patrones como líneas, bordes y texturas. Una segunda capa toma aprendido de la primera capa y aprenderá patrones más significativos como formas, por ejemplo: ojos, nariz, etc. Finalmente llegar a la última capa para aprender elementos visuales más complejos y abstractos (cara o cualquier objeto) y posterior dar con la clasificación de la imagen.

Por otro lado , Annapurani. & Divya (2019) indica que el proceso de aprendizaje de una red neuronal convolucional implica tres pasos principales: adivinar, calcular el error y modificar la red en función de error. A medida que la red intenta reducir el error aprende más características específicas en la imagen como: líneas, curvas, esquinas o manchas. El modelo se fortalece después de cada iteración gracias a los datos de entrenamiento llegando a una capa final donde se clasifica la imagen de manera correcta.

### Figura 7

*Como aprende una red neuronal convolucional*



*Fuente:* Elaboración propia

### **Arquitecturas de redes convolucionales**

De acuerdo con Géron (2017), las arquitecturas CNN son un tipo de modelo de aprendizaje automático diseñado para procesar datos, especialmente imágenes. La incorporación de estas arquitecturas permitió mejorar el rendimiento de los algoritmos de clasificación, lo que ha sido evidente en una competencia anual conocida como ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge (ILSVR). En esta competencia, se reconocían los algoritmos capaces de clasificar objetos con la menor tasa de error, según (Annapurani & Divya, 2019).

**LeNet.** Es considerada la primera red neuronal convolucional desarrollada en los años 1998 por el investigador Yann LeCun en su documento “Gradient-based learning applied to document recognition”, con la finalidad de reconocer caracteres escritos a mano en escala grises de 32x32 píxeles con el conjunto de datos estándar del MNIST (es una base de datos de dígitos escritos a manos que contiene alrededor de 60 000 imágenes). Esta arquitectura tenía alrededor de 60 000 parámetros y consta de 3 capas. Sin embargo, la capacidad en el procesamiento de imágenes estuvo limitada por los recursos informáticos, según (Casas Roma et al., 2020).

**AlexNet.** La arquitectura fue desarrollada por Alex Krizhevsky en 2012 y presenta similitudes con la red LeNet-5, aunque con la diferencia de contar con 60 millones de parámetros y 5 capas convolucionales. Esta arquitectura logró convencer el uso de redes neuronales convolucionales. Sin embargo, en ese momento una desventaja significativa era la lentitud de las GPU disponibles, según (Casas Roma et al., 2020).

**VGGNet.** Es una arquitectura bastante profunda, con un total de 138 millones de parámetros. Además, se utilizan diferentes filtros en cada capa de convolución: 64, 128, 256 y 512. Sin embargo, una desventaja de esta red es que requiere un ajuste durante el proceso de entrenamiento. Se hace referencia a las redes VGG-16 (16 capas) y VGG-19 (19 capas), siendo esta última más profunda. Ambas redes muestran una precisión muy similar, pero generalmente se prefiere utilizar la red VGG-16, según (Casas Roma et al., 2020).

**GoogleGNet.** La red emplea módulos de inicio que combinan tareas de capas convolucionales y de agrupación. Consta de 22 capas y 5 millones de parámetros, en comparación con la cantidad de parámetros de la arquitectura AlexNet. El algoritmo permite que ciertas partes de la red funcionen en paralelo para proporcionar una mayor precisión , según (Annapurani & Divya , 2019)

**MobileNet.** La arquitectura MobileNet fue desarrollada por Andrew G. Howard y Menglong Zhu en 2017, tiene 28 capas de profundidad y 4.2 millones de parámetros, es una red liviana y eficiente en el reconocimiento de imágenes, además está diseñada para aplicaciones de visión integradas y móviles según (Moreno & Moreno , 2020).

**Tabla 2**

*Comparación de arquitecturas de redes neuronales convolucionales*

<b>Arquitecturas</b>	<b># cantidad de parámetros</b>	<b># cantidad de capas</b>
LeNet	60 mil parámetros	3 capas
AlexNet	60 millones de parámetros	5 capas
VGGNet	138 millones de parámetros	16 y 19 capas
GoogleNet	5 millones de parámetros	22 capas
MobileNet	4.2 millones de parámetros	28 capas

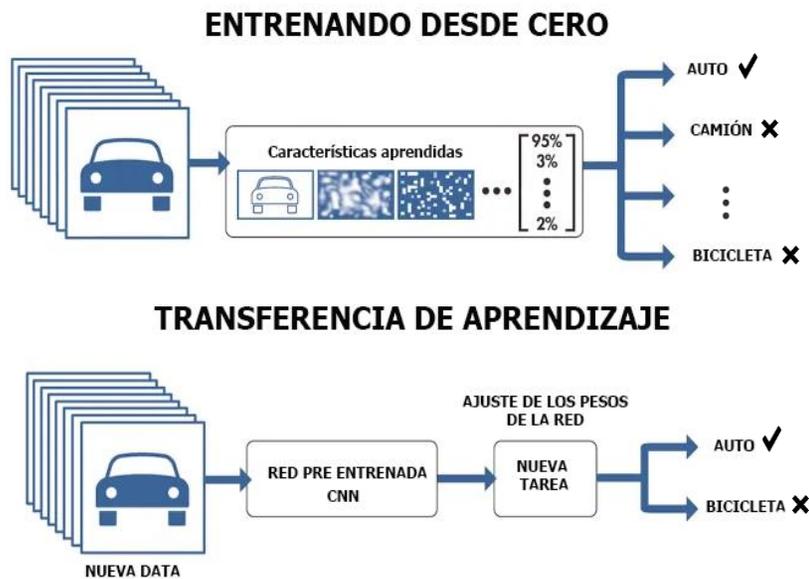
*Fuente:* Elaboración propia.

**Transferencia de aprendizaje (Transfer Learning)**

La transferencia de aprendizaje, según Pineda (2022), es un método que nos permite aprovechar redes preentrenadas. Estas redes están compuestas por muchos bloques de capas, lo que implica el aprendizaje de una gran cantidad de parámetros. Sin embargo, gracias a la transferencia de aprendizaje, estas arquitecturas ya no necesitan entrenar pesos inicializados aleatoriamente, lo que resulta en ahorro de tiempo durante la fase de entrenamiento. El éxito de este enfoque se basa en el hecho de que, en las redes neuronales, los filtros de las primeras capas aprenden características generales de la entrada, como bordes, colores, entre otros y a medida que la red se hace más profunda aprende otros filtros más abstractos hasta llegar a la capa final donde identifica el objeto.

**Figura 8**

*Modelo de transferencia de aprendizaje*



Fuente: Elaboración propia.

## **Algoritmos**

Existen técnicas utilizados en el aprendizaje profundo y el entrenamiento de redes neuronales, las cuales son:

**Backpropagation (Algoritmo de retropropagación).** Canelo & Espinoza (2021) mencionan que es un algoritmo conocido como “retropropagación”, cuyo proceso implica comenzar desde la capa de salida y retroceder sucesivamente hasta llegar a la capa de entrada. Durante este proceso, se obtiene el error de cada neurona, lo que nos permite calcular cómo deben ajustarse los pesos de entrada de esa neurona. Este proceso se repite iterativamente hasta que la red haya aprendido lo suficiente y sea capaz de proporcionar valores de salida adecuados.

**Dropout.** Bonilla (2020) menciona que es un algoritmo de regularización cuya técnica consiste en “apagar” aleatoriamente neuronas durante el entrenamiento de la red neuronal y así evitar el sobreajuste de la red a los datos de entrenamiento.

**Adam.** Kingma & Lei Ba (2017) manifiesta que es un algoritmo optimizador utilizado en el entrenamiento cuyo objetivo es ajustar los pesos de la red de manera eficiente y minimizar pérdidas.

## **Clasificación de imágenes**

Según Casas Roma et al. (2020), la clasificación es un proceso cognitivo fundamental tanto en situaciones de la vida cotidiana como en el ámbito empresarial. En diversos contextos, como los documentos u otras instancias en conjuntos predefinidos de clases o categorías. Este proceso permite organizar y categorizar eficientemente la información, facilitando la toma de decisiones y la gestión de diversos aspectos en una variedad de entornos.

Además, es importante tener en cuenta las categorías predefinidas al realizar la tarea de clasificación de imágenes, según lo mencionado por (Mihaich, 2014).

### Métricas

Las métricas son un conjunto de medidas que permiten evaluar la calidad de un modelo de clasificación, según (Casas Roma et al., 2020).

**Matriz de confusión.** Casas Roma et al. (2020) , menciona que la matriz de confusión es también conocida como matriz de errores. Es un modelo gráfico para visualizar el nivel de acierto de un modelo de predicción. En resumen, la matriz indica el número de instancias verdadero o falso. Los autores Singh et al. (2021), mencionan que la matriz de confusión se utiliza para definir el rendimiento de un algoritmo de clasificación y las métricas de rendimiento son la precisión, la exactitud (ex), recall y F1 score.

**Tabla 3**

*Modelo de matriz de confusión*

		CLASE PREDICHA	
		POSITIVO	NEGATIVO
CLASE VERDADERA	POSITIVO	VP	FN
	NEGATIVO	FP	VN

*Fuente:* Elaboración propia , la información obtenida del autor Casas Roma et al. (2020).

La matriz de confusión tiene los siguientes valores para identificar los aciertos y errores del modelo:

- verdadero positivo (VP): El número de clasificaciones correctas en la clase positiva.
- verdadero negativo (VN): El número de clasificaciones correctas en la clase negativa.
- falso negativo (FN): El número de clasificaciones incorrectas de clase positiva clasificado como negativa.
- falso positivo (FP): El número de clasificaciones incorrectas de clase negativa clasificado como positiva.

De la matriz de confusión, surgen indicadores para evaluar el rendimiento.

**Precisión.** Se calcula la proporción entre las predicciones verdaderamente positivas y el total de los valores reales positivos (Valero Carreras et al., 2023)

$$PRE = \frac{VP}{VP + FP} \quad (1)$$

**Exactitud (accuracy).** Es la proporción de predicciones correctas sobre el número total de predicciones (Casas Roma et al., 2020).

$$AC = \frac{VP + VN}{VP + VN + FP + FN} \quad (2)$$

**Sensibilidad (recall o sensitivity).** Es el modelo de predecir casos positivos y se determina mediante la proporción entre las predicciones verdaderamente positivas y el total de todas las predicciones positivas (Valero Carreras et al., 2023)

$$REC = \frac{VP}{FN + VP} \quad (3)$$

**Especificidad.** Es el modelo de predecir casos negativos y se determina la proporción entre las predicciones verdaderamente negativas y el total de las predicciones negativas (Valero Carreras et al., 2023).

$$SPECIFICITY = \frac{VN}{VN + FP} \quad (4)$$

**F1 score.** Es el resultado de la división entre la precisión y la sensibilidad (Singh et al., 2021).

$$F1 = \frac{2 * precision * recall}{precision + recall} \tag{5}$$

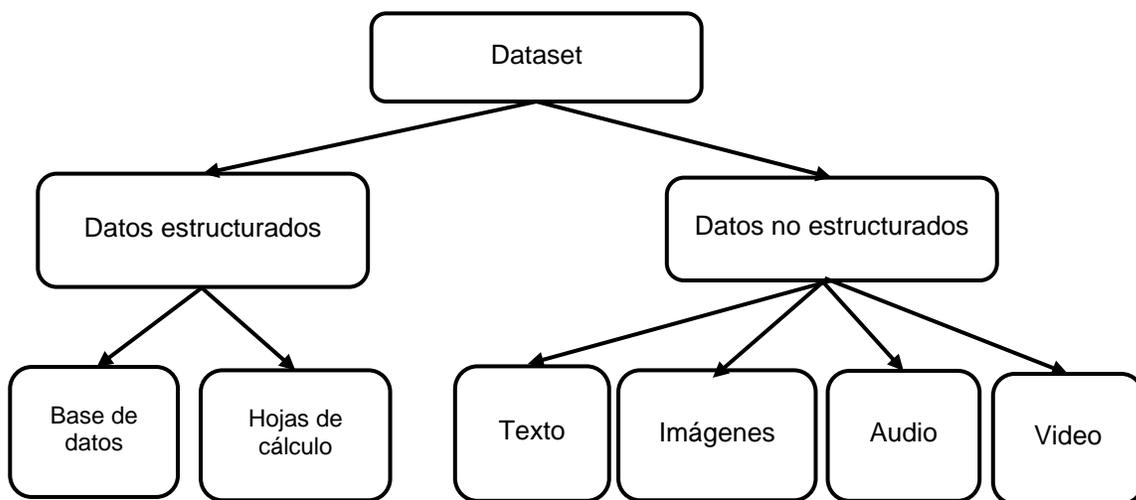
### Conjunto de datos (dataset)

Los autores Gong et al. (2023) mencionan que es un conjunto de datos utilizado para crear o evaluar el rendimiento de un modelo de aprendizaje automático, se puede clasificar en datos estructurados y datos no estructurados.

- datos estructurados: Son conocidos como datos de fila y se almacenan mediante una base de datos relacional.
- datos no estructurados: Son datos que no tienen una estructura. Por ejemplo: imágenes e información de audio o video, XML, HTML, etc.

**Figura 9**

*Clasificación de un dataset*



*Fuente:* Elaboración propia.

**Tipos de datos.** Según Gong et al. (2023) indica que es necesario saber el tipo de dato y los formatos en la clasificación.

**Conjunto de datos de texto.** Es una colección de textos utilizada para construir o evaluar un modelo de aprendizaje automático. Se recopilan de sitios web y se almacena en forma de archivo de texto o XML.

**Conjunto de datos de imágenes.** Es una colección de imágenes utilizada para construir o evaluar un modelo de aprendizaje automático. Generalmente los archivos de imágenes tienen formato JPG o PNG.

**Conjunto de datos de voz.** Es una colección de grabaciones de voz utilizada para construir o evaluar un modelo de aprendizaje automático. Generalmente los archivos de audio tienen formato WAV o MP3.

**Estructura de conjuntos de datos de una red neuronal convolucional.** Los autores Casas Roma et al. (2020) indican que para validar un algoritmo de aprendizaje se necesita un conjunto de entrenamiento y test. Por otro parte el autor Bobadilla (2020) señala que es necesario tener un conjunto de validación.

## Figura 10

*Estructura de conjuntos de datos de una red neuronal convolucional*

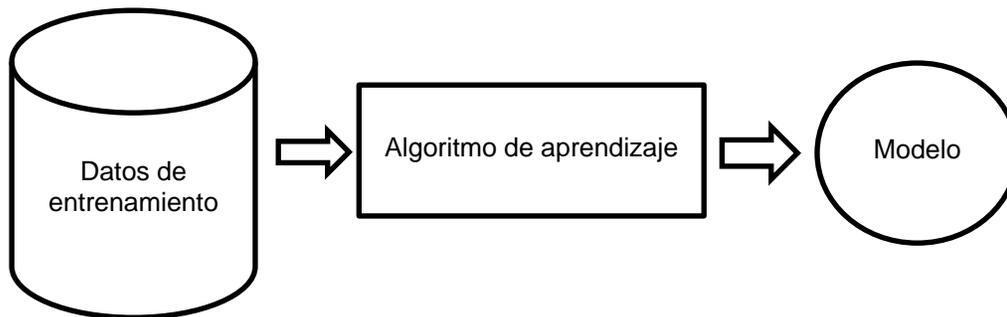


*Fuente:* Elaboración propia.

**Conjunto de entrenamiento.** Bobadilla (2020) manifiesta que es un subconjunto de datos etiquetados que se emplea para entrenar un modelo. Además, que el conjunto de datos de entrenamiento debe ser el 80% de la muestra total.

**Figura 11**

*Conjunto de entrenamiento*

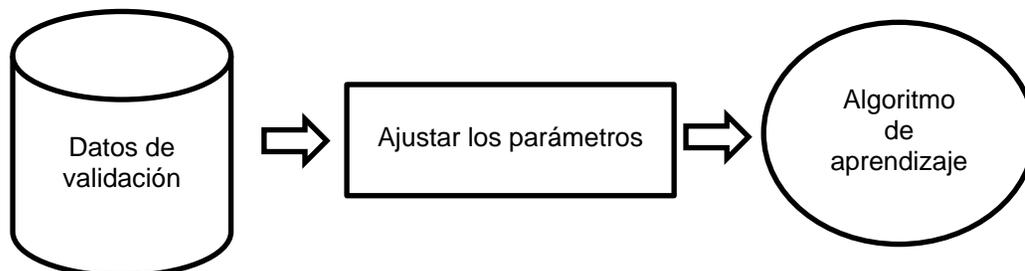


*Fuente:* Elaboración propia.

**Conjunto de validación.** Bobadilla (2020) , es un subconjunto de datos usado para mejorar el modelo, con la finalidad de realizar ajustes en el funcionamiento del algoritmo.

**Figura 12**

*Conjunto de validación*

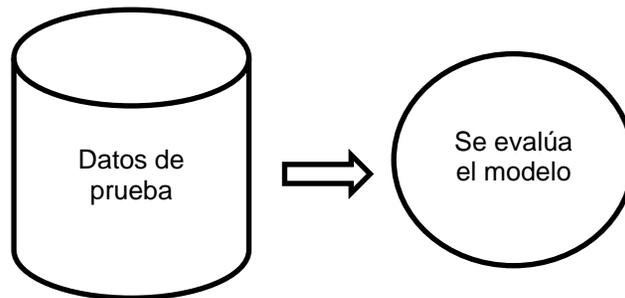


*Fuente:* Elaboración propia.

**Conjunto de prueba (test).** Casas Roma et al. (2020) , es un subconjunto de prueba para evaluar la precisión del modelo y se debe evitar de utilizar los datos de entrenamiento. Asimismo el autor Bobadilla (2020) menciona que las muestras de test sirve para hacer las predicciones del modelo.

### Figura 13

*Conjunto de prueba*



*Fuente:* Elaboración propia.

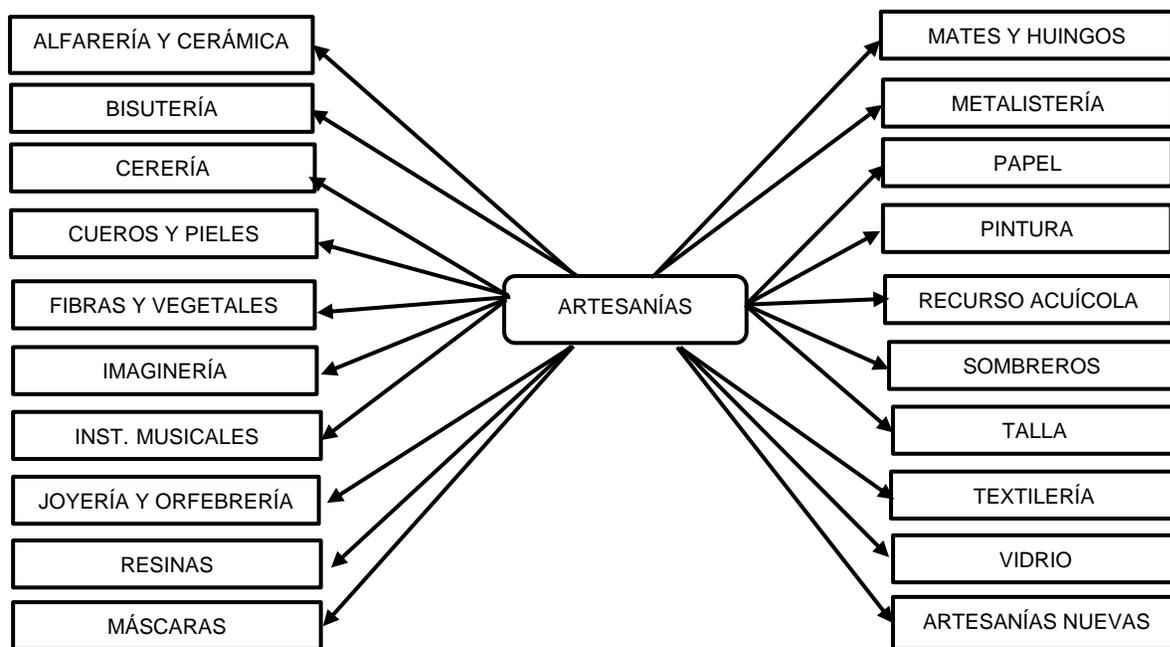
### **Artesanía**

La artesanía peruana tiene una larga tradición histórica y se considera un arte mágico. Cada pieza artesanal, producida en talleres a lo largo del país, es el fruto de conocimientos transmitidos de padres a hijos, generación en generación y desde tiempos prehispánicos. A su vez, esa herencia ancestral se enriquece constantemente gracias a la creatividad del artesano, su interacción con otras culturas y la utilización de materiales e instrumentos en su trabajo, según el (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2021).

**Clasificación de artesanía.** Según el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2021), clasifica las líneas artesanales peruanas basándose en “CLANAR” los cuales son: alfarería y cerámica, bisutería, cerería, cueros y pieles, fibras vegetales, imaginería, instrumentos musicales, joyería y orfebrería, resinas, máscaras, mates y huingos, metalistería, papel, pintura, recurso acuícola, sombreros, talla, textilería, vidrio y artesanías nuevas.

**Figura 14**

*Clasificación de artesanía*



*Fuente:* Elaboración propia – Información obtenida de MINCETUR.

**Línea alfarería y cerámica.** Son formas de arte que involucran la creación de objetos utilizando como materia prima el barro o arcilla. Mediante la cocción en un horno a diferentes temperaturas, el barro se transforma en el producto final. En algunas regiones, se suele mezclar el barro con ceniza, arena u otros aditivos para mejorar su plasticidad, o incluso se muele el barro cocido para lograr una mayor maleabilidad.

**Línea bisutería.** Esta categoría se basa por su diseño, técnicas del artesano y su habilidad distintiva en la elaboración. La bisutería se dedica a la creación de accesorios de adorno personal que imitan joyas, y son producidos por los miembros de una determinada cultura. Estos accesorios están fabricados con materiales no preciosos, tanto orgánicos como inorgánicos, como madera, cerámica, fibras vegetales, textiles, semillas, minerales no metálicos, cuentas, huesos y cuernos, entre otros. Cabe mencionar que no se utilizan especies de flora y fauna en peligro de extinción en la elaboración de estos accesorios. A partir de la bisutería se fabrican collares, aretes, anillos, pulseras y otros adornos.

**Línea cerería.** Esta categoría abarca los productos artesanales que utilizan cera, grasa (sebo) o parafina como materia prima. La vela es el producto más representativo de las artesanías elaboradas con cera. La técnica más antigua conocida para fabricar velas consiste en suspender una mecha en un recipiente donde se encuentra la cera en estado líquido. En el pasado, se solía utilizar sebo para hacer las velas, pero en la actualidad se prefiere la parafina. Se emplean diversas técnicas artesanales, como cera modelada, cera moldeada y cera grabada. La mayoría de las velas artesanales se fabrican utilizando moldes.

**Línea de cueros y pieles.** En esta categoría los cueros utilizados pueden ser crudos o curtidos, con o sin pelo. Asimismo se emplean diversas técnicas artesanales como repujado, pirograbado, teñido, calado y cincelado. Además, se encuentran accesorios de uso personal hechos a mano, como bolsos de mano, carteras, porta monedas y similares, así como porta documentos, llaveros y marcadores de hojas de libros.

**Línea fibras vegetales.** Está línea artesanal incluye todas las artesanías elaboradas con fibras de origen vegetal (excepto el algodón). Se utilizan diversas técnicas de tejido, entrelazando y/o anudando la fibra vegetal, o transformando las diversas partes utilizables de una planta vegetal convirtiéndola en materia prima para la confección del producto final, generalmente son tejidos a mano sin ayuda de herramientas, dependiendo del producto a elaborar se pueden utilizar moldes.

**Línea imaginería.** Es una especialidad de la producción artesanal dedicada a la representación de temas religiosos, costumbristas o de representación de la flora y fauna; cuya materia prima o materia constitutiva está conformada por diferentes tipos de pastas y pinturas que eventualmente usa madera o maguey como estructura de base.

**Línea instrumentos musicales.** Son todos los productos hechos de forma artesanal que permiten emitir sonidos que producen música. Su repertorio es muy amplio, el presente clasificador se refiere principalmente a la clasificación universal de los instrumentos musicales.

**Línea joyería y orfebrería.** Esta línea artesanal es ancestral en el Perú y destaca por su calidad y originalidad, dado que el país dispone de grandes vetas de oro y plata, que son los minerales preciosos más usados en la joyería tradicional peruana.

**Línea resinas.** Son secreciones orgánicas que producen muchas plantas, particularmente los árboles del tipo conífera. Tienen propiedades químicas y sus usos están asociados a la producción de barnices, adhesivos y aditivos alimenticios, así como componentes habituales de perfumes o incienso. En el Perú se viene desarrollándose productos artesanales de siringa.

**Línea máscaras.** Se fabrican de cerámica, textiles, de diferentes metales, de cuero, madera, piel de diversos animales, papel mache o mate y se utilizan como objetos decorativos.

**Línea artesanal mates y huingos.** Esta línea comprende los productos de artesanía elaborados con mate o calabaza (*Lagenaria vulgaris*) cultivada en la costa del Perú, caracterizada porque sobre su superficie se aplican diversas técnicas que representan por lo general iconografías con escenas de tradición popular y se trabaja tanto en la costa como en la sierra, en la selva peruana es conocido como huingos.

**Línea metalistería.** Es el trabajo artístico realizado con metales no preciosos o aleaciones de ellos. Se utilizan varias técnicas, además de la fundición y laminado: martillado, burilado y esgrafiado.

**Línea papel.** Es la artesanía cuya materia prima está básicamente elaborada lámina por lámina, a partir de pasta celulosa, papel usado, otras materias primas y reciclajes.

**Línea pintura.** Comprende productos que utilizan diferentes soportes sobre los que se aplican pigmentos para plasmar imágenes religiosas de fiestas y tradiciones populares, pero también pueden representar imágenes de la flora, fauna, iconografía precolombina y colonial para obtener artesanías de diferentes diseños que reflejen la cultura, fiestas y tradiciones populares o las gráficas propias de su cultura.

**Línea recursos acuícolas.** Está conformada por productos cuya materia prima son caracoles, conchas, escamas de pescado procedentes de mares, lagos, lagunas y ríos. A partir de esta línea se elaboran cofres, ceniceros, adornos, piletas, nacimientos, barcos, portarretratos, cuadros, flores, trajes típicos y entre otros.

**Línea sombreros, monteras, chullos y coronas.** Esta línea artesanal corresponde a las prendas para cubrir y adornar la cabeza, los cuales son sombreros, monteras, chullos y coronas tradicionales.

**Línea talla.** Es el proceso de desgaste, labrado y pulido sobre un material con el propósito de darle una forma determinada. La materia prima puede ser piedra, madera, hueso, cacho, sal, sillar, cortezas o semillas.

**Línea de textilería.** Se comprende la producción de artesanía relacionada con el tejido, incluye los bordados y productos de telas no tejidas.

**Línea de vidrio.** Se comprende de productos de artesanía de vidrio. El vidrio se obtiene a partir de la fusión de la arena silíceo con carbonato de sodio y caliza, luego se moldea a elevada temperatura para obtener su apariencia final.

**Línea de artesanías nuevas.** Esta línea artesanal es para incorporar aquella aún no son identificadas por el sector y que se puedan crear en el futuro.

## **Formulación del problema**

### ***Problema General***

Por lo tanto, la pregunta que se busca responder con la presente investigación:

¿De qué manera el modelo en redes neuronales convolucionales impacta en la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix?

### ***Problemas específicos***

Asimismo, las preguntas específicas siguientes:

- ¿De qué manera el modelo en redes neuronales convolucionales impacta en la eficiencia de la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix?
- ¿De qué manera el modelo en redes neuronales convolucionales impacta en el tiempo de la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix?

## **Objetivo**

La investigación propone como objetivo general:

### ***Objetivo general***

Determinar si el diseño en redes neuronales convolucionales impacta en la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix.

### ***Objetivos específicos***

- Determinar si el diseño en redes neuronales convolucionales impacta en la eficiencia de la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix.
- Determinar si el diseño en redes neuronales convolucionales impacta en el tiempo de la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix.

## **Hipótesis**

### ***Hipótesis general***

La investigación propone como hipótesis:

El diseño del modelo basado en redes neuronales convolucionales impacta positivamente en la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix.

### ***Hipótesis específicas***

- El diseño del modelo basado en redes neuronales convolucionales impacta significativamente en la eficiencia de la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix.
- El diseño del modelo basado en redes neuronales convolucionales impacta significativamente en el tiempo de la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### Diseño de la investigación

En esta investigación de diseño pre experimental y de tipo aplicada con enfoque cuantitativo.

#### *Diseño*

Según Hernández Sampieri et al. (2014) los diseños experimentales pueden ser estudios de un solo caso de medición y diseños de preprueba/posprueba con un solo grupo.

Estudios de casos con una sola medición que implican proporcionar un estímulo o tratamiento a un grupo y luego medir una o más variables para observar el nivel del grupo en relación a ellas. Se muestra el diseño del diagrama.

$$G: \rightarrow X - - O_1$$

Donde:

G: Grupo de investigación

X: Se aplica el estímulo o tratamiento al grupo

O<sub>1</sub>: Se aplica una medición posterior

Diseños de preprueba/posprueba con un solo grupo se le aplica una prueba previa al estímulo o tratamiento experimental, después se le administra el tratamiento y finalmente se le aplica una prueba posterior al estímulo.

$$G: \rightarrow O_1 \quad X \rightarrow O_2$$

Donde:

G: Grupo de investigación

O<sub>1</sub>: Se aplica una medición previa (Pre-Prueba)

X: Se aplica el estímulo o tratamiento al grupo

O<sub>2</sub>: Se aplica una medición posterior (Post-Prueba)

En este estudio la investigación es de diseño pre-experimental donde se aplicará un modelo de red neuronal convolucional para clasificar los productos de tipo bisutería.

$$G: \rightarrow O_1 \quad X \rightarrow O_2$$

Donde:

**G:** Clasificación de imágenes de artesanía.

**O<sub>1</sub>:** Proceso de clasificación. (Pre-Prueba)<sup>1</sup>

**X:** Modelo basado en redes neuronales convolucionales

**O<sub>2</sub>:** Proceso de clasificación. (Post-Prueba)

### **Tipo**

Según Hernández Sampieri et al. (2014) el enfoque de investigación aplicada se enfoca en la resolución de un problema inmediato y proporciona elementos que pueden ser aplicados en tecnología o en la toma de decisiones.

Esta investigación consiste en la identificación de categorías de bisutería las cuales son: anillos, aretes, collares y pulseras, a través del desarrollo de un modelo basado en redes neuronales convolucionales. El objetivo es proporcionar elementos prácticos y aplicables que contribuyan a mejorar el proceso de clasificación. Esto implica la posibilidad de optimizar los procedimientos manuales o la incorporación de tecnologías que potencien la eficacia en toma de decisiones en este ámbito específico.

### **Enfoque**

De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014) el enfoque cuantitativo implica la recolección de datos con el propósito de poner a prueba la hipótesis utilizando mediciones numéricas y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y verificar teorías.

En este estudio de enfoque cuantitativo, se recopilan imágenes de artesanía para diseñar una adaptación del modelo de transferencia de aprendizaje, con el objetivo de identificar el modelo óptimo para clasificar bisutería. Además de mejorar la clasificación de bisutería y ofrecer información valiosa para investigaciones futuras en inteligencia artificial y clasificación de imágenes.

### **Población**

Según Pandey & Mishra (2015) mencionan que la población se refiere a un conjunto real o hipotético de personas, objetos o eventos para poder obtener resultados en la investigación. Asimismo los autores Hernández Sampieri et al (2014) manifiestan que las poblaciones deben ser claramente identificadas en términos de su contenido, ubicación y período de tiempo.

Para esta investigación se elabora un dataset de artesanía de tipo bisutería conformada de 2000 imágenes, incluyendo las 4 categorías (anillos, aretes, collares y pulseras) de la siguiente manera:

- 500 imágenes de anillos
- 500 imágenes de aretes
- 500 imágenes de collares
- 500 imágenes de pulseras

### **Muestra**

Los autores Hernández Sampieri et al. (2014) mencionan que una muestra es un subconjunto de la población. Asimismo Neuman (2015) menciona que se utiliza para determinar las características del grupo y someterlos a un estudio.

Para una población finita obtenemos el tamaño de la muestra a través de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (6)$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

N: tamaño de la población

Z: nivel de confianza (95% o 1.96)

e: error de estimación máximo aceptado (Se usa un 5%)

p: Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (En este caso 5% = 0.5)

q: (1-p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

(En este caso 1-0.05= 0.95)

Se aplica la fórmula para calcular la muestra.

$$N = \frac{1.96^2 * 2000 * 0.50 * 0.50}{0.05^2 * 1999 + 1.96^2 * 0.50 * 0.50}$$

$$N = \frac{3.84 * 2000 * 0.25}{4.9975 + 3.84 * 0.25}$$

$$N = \frac{1920}{4.99 + 0.96}$$

$$N = 322.68 = 323$$

Dando como resultado una muestra total de 323 imágenes. Además, en esta investigación se optó por un método de muestreo no probabilístico, en el que se eligieron 81 anillos, 81 aretes, 81 collares y 80 pulseras de un total de 323 imágenes.

## Materiales, instrumentos y métodos

### Técnicas

De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014) mencionan que las técnicas de investigación son procedimientos para obtener datos y se caracterizan por diseño de investigación documental y de campo. El diseño de investigación de campo se subdivide en tres técnicas:

- Observación: Esta técnica consiste en visualizar en forma sistemática cualquier hecho o situación que se produzca en la investigación. El instrumento utilizado en esta técnica es una ficha de observación.
- Encuesta: Consiste en una serie de preguntas que se le hace a un grupo de personas para obtener información, la encuesta puede ser oral o escrita, y el instrumento utilizado es un cuestionario.
- Entrevista: Se basa en una conversación entre el entrevistador y el entrevistado con el propósito de obtener información. El instrumento que se utilizado es una ficha de entrevista.

En este estudio, se utiliza la técnica de observación para visualizar los hechos que se produzcan en la investigación

### Instrumentos

En este estudio, se utiliza la ficha de observación para recolección de los datos en el proceso de clasificación de artesanía tipo bisutería, como se observa en la tabla de técnicas e instrumentos de recolección de datos.

**Tabla 4**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Indicadores	Técnica	Instrumentos
Porcentaje de eficiencia Tiempo Porcentaje de eficacia, precisión y especificidad	Observación	Ficha de Observación

*Fuente:* Elaboración propia.

En la tabla Indicadores y procesamiento de análisis de datos se obtuvo los valores para analizar en este estudio.

**Tabla 5**

*Indicadores y procesamiento de análisis de datos*

<b>Variable</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Método de Procesamiento de análisis de datos</b>
Variable dependiente	Porcentaje de eficiencia	Eficiencia = clasificación correcta del producto / tiempo
	Tiempo	Se expresa en segundos.
Variable independiente	Porcentaje de eficacia	$E = T/N * 100$ Donde: N: total de muestras T: Resultado correctos de la evaluación de la muestra
	Porcentaje de precisión	$PRE = \frac{VP}{VP + FP}$ Donde: VP: Verdaderos Positivos FP: Falsos Positivos
	Porcentaje de sensibilidad	$Sensibilidad = \frac{VP}{VP + FN}$ Donde: VP: Verdaderos Positivos FN: Falsos Negativos
	Porcentaje de especificidad	$Especificidad = \frac{VN}{VN + FP}$ VN: Verdaderos negativos FP: Falsos Positivos

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Validación del instrumento**

La presente investigación ha sido sometida a un proceso de validación por parte de expertos en el campo, con el objetivo de evaluar la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos.

### **Tabla 6**

*Validación de juicios de expertos*

<b>DNI</b>	<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Institución donde labora</b>
	Mg. Juan Ricardo Tapia Carbajal	Universidad Privada del Norte
09361735	Mg. Zanelly Fernandez Tello	Universidad Tecnológica Perú

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Métodos**

En el método estadístico se consideró las fichas de observación de tiempo y eficiencia, para luego llevar a cabo el análisis descriptivo, las pruebas de normalidad y el análisis inferencial a través del software estadístico IBM SPSS versión 25. Además, en relación con los indicadores de la variable independiente, se utilizó la matriz de confusión como una herramienta estadística para proporcionar los resultados de los indicadores (precisión, sensibilidad, especificidad) y el indicador eficacia, con el propósito de evaluar el desempeño del modelo de red neuronal convolucional.

## Procedimiento de recolección de datos

**Tabla 7**

*Procedimiento de recolección de datos*

<b>Procedimiento en el desarrollo de la investigación</b>			
	Antes	Durante	Después
Pre Test	Se solicita la autorización a la propietaria de la empresa y se establece los horarios.	Se realiza la recolección de datos en la ficha de observación	Los datos son registrados en el software SPSS para su posterior análisis.
Tecnología	Se elabora el dataset de imágenes de artesanía para el desarrollo del modelo de red neuronal convolucional, durante las fases del desarrollo las cuales son: extracción de características, entrenamiento o aprendizaje y pruebas. Se han realizado ajustes continuos en cada una de estas fases con el fin de obtener resultados óptimos.		
Post Test	Se prepara el entorno, teniendo en cuenta el modelo final de la RNC para la clasificación de artesanía.	Se realiza la recolección de datos	Los datos son registrados en el software SPSS para su posterior análisis.

*Fuente:* Elaboración propia.

## Análisis de datos

A partir de los registros obtenidos de las fichas de observación se procedió a ingresar los datos en el software SBPSS versión 25 para analizar el indicador eficiencia y tiempo. Por otro lado, se utilizó la matriz de confusión como parte de estadística para los resultados de los indicadores: precisión, sensibilidad, especificidad y eficacia, con el propósito de evaluar el desempeño del algoritmo.

**Tabla 8**

*Análisis de datos de los indicadores*

<b>Tipo de análisis / prueba</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultado / Valor</b>
Análisis descriptivo	Se analiza un análisis de frecuencia de los datos en el pre test y post test en función de los de los indicadores eficiencia y tiempo.	En el indicador eficiencia se calcula la mediana y suma, en el indicador tiempo se calcula el valor máximo, el valor mínimo, la media y la suma.
Prueba de normalidad	En este estudio, se dispone de una muestra mayor a 30, lo que permite aplicar el test de Kolgomorov-Smirnov para evaluar los resultados en el pre test y post test en relación de los indicadores eficiencia y tiempo.	Debido que el valor de Sig es menor a 0.05 en ambos indicadores, se realiza una prueba no paramétrica para evaluar la hipótesis.
Análisis inferencial	Se lleva a cabo la prueba de Wilcoxon con el propósito de evaluar las diferencia entre pre test y post test de los indicadores eficiencia y tiempo.	Los resultados de la tabla de estadísticos de la prueba de Wilcoxon en ambos indicadores tuvieron un valor de significancia menor a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alterna, debido que el conjunto de datos no sigue una distribución normal.
Evaluación del algoritmo	Se lleva a cabo un análisis basado en los datos recopilados del algoritmo y su correspondiente matriz de confusión. Es a través de esta evaluación que se examinan los indicadores como la precisión, sensibilidad y especificidad, además del indicador general de eficacia, permitiendo así una comprensión detallada del rendimiento del modelo.	Los resultados de la matriz de confusión, incluyendo los indicadores: precisión, sensibilidad y especificidad, se utilizan para evaluar el rendimiento del modelo. Además se considera el indicador eficacia como una medida general del desempeño del modelo.

*Fuente:* Elaboración propia.

### Aspectos éticos

En esta investigación, se sigue los aspectos éticos establecidos en las normas APA 7 y se obtuvo el consentimiento informado de los participantes, garantizando la confidencialidad de sus datos. Se aplicó la citación de fuentes para evitar el plagio y se presentaron los resultados de manera honesta y transparente, sin manipulación de datos para respaldar las hipótesis y conclusiones. Además, se destacó la importancia de la integridad de los datos, la transparencia en la metodología y las limitaciones del estudio.

### Cronograma

En este estudio se realizaron las tareas de la siguiente manera:

**Tabla 9**

*Plan de cronograma*

Tareas	Fecha de inicio	Fecha de finalización
Elaboración del dataset de imágenes de artesanía	01/05/2023	31/05/2023
Recolección de datos del pre test para la ficha de observación	05/06/2023	09/06/2023
Adaptación del modelo de red neuronal convolucional de transferencia de aprendizaje	12/06/2023	12/09/2023
Recolección de datos del post test para la ficha de observación	12/09/2023	13/09/2023
Análisis de datos	15/09/2023	30/12/2023

*Fuente:* Elaboración propia.

## Recursos

En esta investigación se utilizaron los siguientes recursos para llevar a cabo la investigación:

### Tabla 10

#### *Recursos de software*

<b>Recurso de software</b>	<b>Descripción</b>
Python	Lenguaje de programación
Tensorflow, Keras, Numpy, System, Pillow ,Sklearn ,Matplotlib y OpenCV.	Biblioteca de librerías de código abierto
Anaconda Navigator , Visual Studio Code	Entorno de desarrollo integrado
MobileNet	Arquitectura de red neuronal convolucional (CNN)

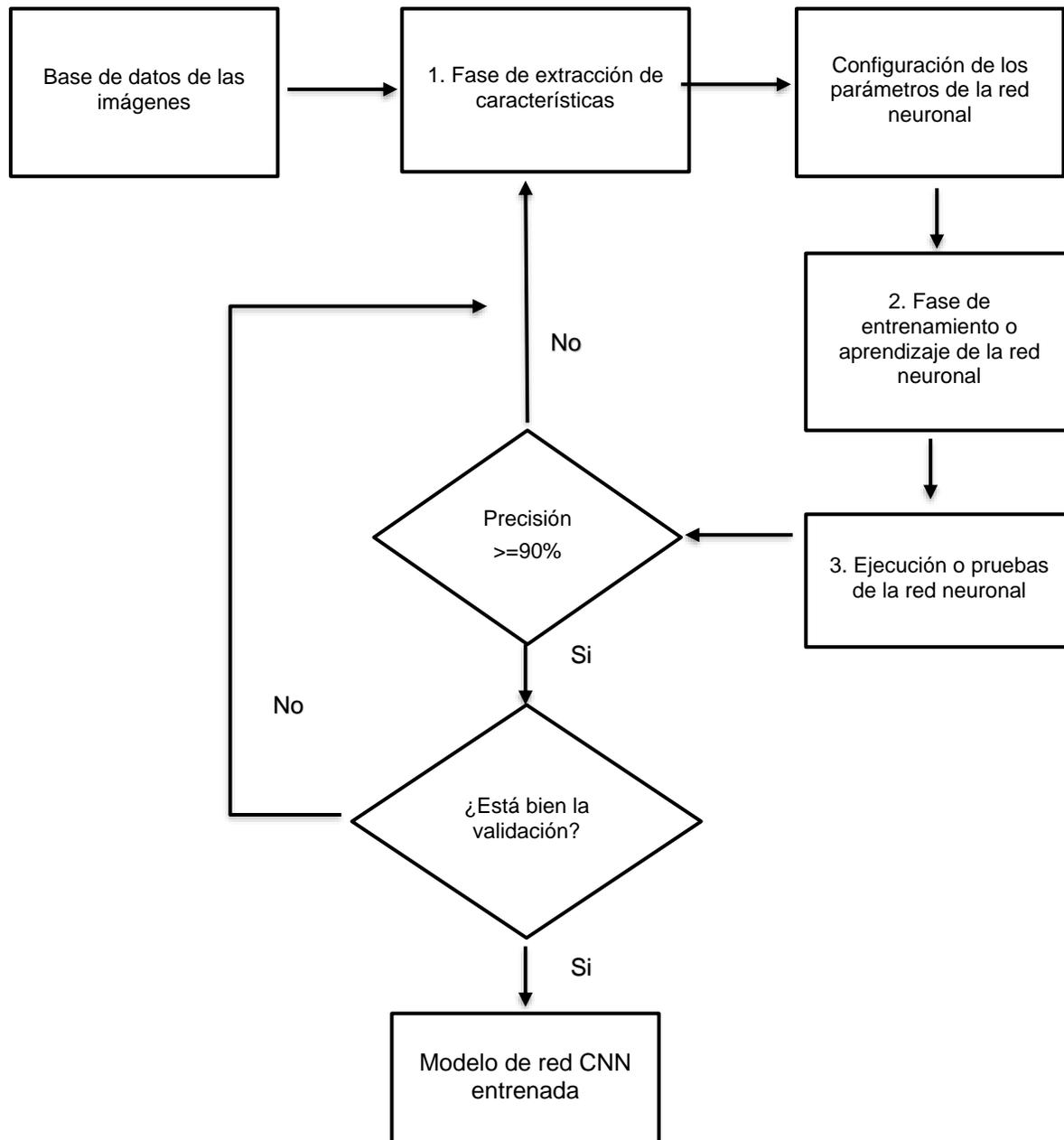
*Fuente:* Elaboración propia.

## Procedimiento del modelo de transferencia de aprendizaje

Se emplea la siguiente metodología de trabajo, que detalla las fases para desarrollar un modelo basado en redes neuronales convolucionales con el objetivo de clasificar las distintas categorías de mayor demanda para el público de nuestro país. Esto se desarrolla bajo la plataforma Anaconda Navigator(Editor Spyder IDE) en el lenguaje de programación de alto nivel “Python”, haciendo uso de algoritmos y funciones de la librería TensorFlow, Keras, Numpy, System, Pillow ,Sklearn ,Matplotlib y OpenCV.

**Figura 15**

*Metodología del trabajo para la clasificación de imágenes de artesanía*



Fuente: Elaboración propia.

### ***Fase de extracción de características***

En este modelo se modificará la arquitectura MobileNet para realizar la clasificación de bisutería, se detalla el proceso de extracción:

Primero se establece el modelo base utilizando la arquitectura MobileNet preentrenada y se especifica que se desea usar los pesos preentrenados de ImageNet, también se excluye las capas finales de clasificación mediante `'include_top =False'` y, además, se define el tamaño de entrada de las imágenes como (160, 160, 3). Donde el valor `x=base_model.output`, significa que se está formando la salida `'base_model'` como la entrada para las siguientes capas. Igualmente el valor `x= GlobalAveragePooling2d()(x)`, significa para reducir la dimensión espacial de los datos manteniendo la información relevante.

Luego se agrega 3 capas ocultas con 1024 y 512 neuronas respectivamente. Asimismo, cabe indicar que la función de activación utilizada por estas neuronas es "RELU". Posteriormente se agrega una capa Dropout con un valor de "0.5" para evitar el sobreajuste de memorización, lo que significa que se apaga aleatoriamente el 50% de las neuronas durante el entrenamiento. Además, se crea una capa de salida densa con 4 neuronas y una función de activación softmax para generar probabilidades de cada clase `'Dense(4, activation='softmax')(x)'`.

Por último, se utiliza la función "Model" para construir un nuevo modelo, esta función suele estar disponible en frameworks de aprendizaje profundo como Keras. Los `'inputs=base_model.input'` son las entradas del nuevo modelo como las mismas entradas del `'base_model'`, esto significa que cualquier dato que pase al nuevo modelo será procesado por las mismas capas iniciales del `'base_model'` y los `'outputs=preds'` son las salidas del nuevo modelo como las salidas que se desea, las cuales son presentadas por la variable `'preds'`, esto significa que las capas finales del nuevo modelo generaran las predicciones o resultados que estás buscando.

## Figura 16

### *Creación del modelo de transferencia de aprendizaje*

```
base_model=MobileNet(weights='imagenet',include_top=False, input_shape=(160, 160, 3))
x=base_model.output
x=GlobalAveragePooling2D()(x)
x=Dense(1024,activation='relu')(x)
x=Dense(1024,activation='relu')(x)
x=Dense(512,activation='relu')(x)
x = Dropout(0.5)(x)
preds=Dense(4,activation='softmax')(x)

model=Model(inputs=base_model.input,outputs=preds)
```

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Fase de entrenamiento o aprendizaje**

Durante la fase de aprendizaje supervisado del modelo de transferencia de aprendizaje los pesos de la red neuronal se inicializan de manera aleatoria con valores de tipo flotante entre 0 y1, a continuación, se detalla el proceso de entrenamiento:

Primero se configura la ruta en donde estará almacenada nuestro conjunto de datos de entrenamiento y validación, de donde nuestra red neuronal extraerá las imágenes de las distintas categorías de bisutería.

## Figura 17

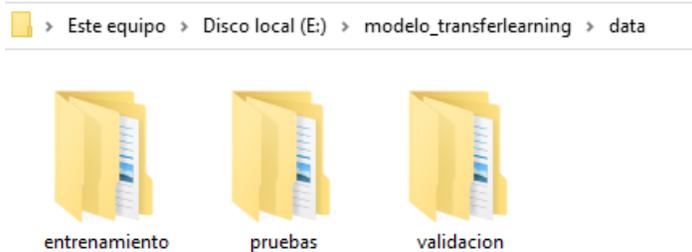
### *Ruta de los conjuntos de datos del modelo de transferencia de aprendizaje*

```
data_entrenamiento = 'E:/modelo_transferlearning/data/entrenamiento'
data_validacion = 'E:/modelo_transferlearning/data/validacion'
```

*Fuente:* Elaboración propia.

### Figura 18

*Directorio de clases de entrada para el entrenamiento de la red neuronal de transferencia de aprendizaje*



*Fuente:* Elaboración propia.

Luego aplicamos aumento de datos al conjunto de entrenamiento y validación mediante transformaciones aleatorias como: rotación, escalamiento, recortes, flípeos y traslación. También organizamos nuestros datos de entrenamiento y validación en un formato de categoría, donde la data entrecruzada se envía al modelo en lotes de 16 en 16, en escala RGB. En total trabajamos con 1400 imágenes de entrenamiento y 600 imágenes de validación.

### Figura 19

*Aumento de datos al modelo de transferencia de aprendizaje*

```
train_datagen=ImageDataGenerator(preprocessing_function=preprocess_input)
train_generator=train_datagen.flow_from_directory(data_entrenamiento,
                                                target_size=(160,160),
                                                color_mode='rgb',
                                                batch_size=16,
                                                class_mode='categorical',
                                                shuffle=True)

validacion_datagen = ImageDataGenerator(preprocessing_function=preprocess_input)

valid_generator = validacion_datagen.flow_from_directory(
    data_validacion,
    target_size=(160,160),
    batch_size=16,
    class_mode='categorical',
    shuffle=True)

print(train_generator.class_indices)

Found 1400 images belonging to 4 classes.
Found 600 images belonging to 4 classes.
{'anillos': 0, 'aretes': 1, 'collares': 2, 'pulseras': 3}
```

*Fuente:* Elaboración propia.

Luego de llevar a cabo un minucioso ensayo y error determinamos que son necesarias 16 rondas de entrenamiento para el modelo de transferencia de aprendizaje. Escogimos las siguientes métricas: optimización, pérdida y activamos el reporte de datos (losse ,accuracy) durante el avance en cada ronda de entrenamiento.

La métrica de optimización elegida es “Adam”, nos permite adaptar el momentum, que significa que adaptamos nuestra tasa de aprendizaje para cada parámetro de la red basado en un historial de gradiente y momentum. En el mismo sentido, indicamos que la función de pérdida seleccionada fue “categorical\_crossentropy”, esta categoría es especial para redes neuronales convolucionales de multclasificador. Habiendo organizado los conjuntos de datos de entrenamiento y validación en un formato y estructura adecuado, procedemos a entrenar la red neuronal utilizando el algoritmo backpropagation que se encuentra implementado en la función “fit\_generator” de la librería Keras. Esta función recibe como parámetros la aumentación de datos de entrenamiento y validación, las rondas de entrenamiento y los pasos por época.

## Figura 20

*Aplicando las rondas de entrenamiento al modelo neuronal de transferencia de aprendizaje*

```
TOTAL_EPOCAS_ENTRENAMIENTO = 16
```

```
model.compile(optimizer='Adam',loss='categorical_crossentropy',metrics=['accuracy'])  
  
step_size_train=train_generator.n//train_generator.batch_size  
step_size_valid=valid_generator.n//valid_generator.batch_size  
H=model.fit_generator(generator=train_generator,  
                      steps_per_epoch=step_size_train,  
                      epochs=TOTAL_EPOCAS_ENTRENAMIENTO,  
                      validation_data=valid_generator,  
                      validation_steps=step_size_valid)
```

*Fuente:* Elaboración propia.

Tras finalizar el entrenamiento sometemos el modelo en una evaluación general en donde encontramos: Un error de clasificación promedio de: 0.02 % y una exactitud de 0.99%.

### Figura 21

*Error y exactitud al modelo neuronal de transferencia de aprendizaje*

```
model.evaluate_generator(train_generator,train_generator.n//train_generator.batch_size)

[0.024227973073720932, 0.9949712753295898]
```

*Fuente:* Elaboración propia.

A continuación, se muestra el gráfico del resultado del entrenamiento y validación del modelo de transferencia de aprendizaje en donde podemos observar el error y la exactitud de los datos de validación son fluctuantes en comparación con los datos de entrenamiento que van disminuyendo y aumentando en pequeñas cantidades, pero progresivamente. Como resultado del entrenamiento se visualiza una reducción del error y una alta probabilidad de exactitud.

### Figura 22

*Gráfico del resultado del entrenamiento y validación del modelo de transferencia de aprendizaje*



*Fuente:* Elaboración propia.

### ***Fase de ejecución o pruebas***

Una vez finalizado la fase de aprendizaje, el modelo se somete a pruebas para verificar la habilidad de la red para generalizar su aprendizaje a casos de pruebas nuevo y verificar adicionalmente que no se haya caído en un sobre aprendizaje (memorización).

Primero se configura un generador de imágenes llamado 'ImageDataGenerator' para el conjunto de pruebas, esto se utiliza para aplicar el procesamiento a las imágenes. Además, se crea un generador de flujo para los datos de prueba, especificando el directorio donde se encuentra las imágenes de prueba en "test\_generator= test\_datagen.flow\_from\_directory(...)"

Posterior se agrega los argumentos como 'target\_size' que significa el tamaño de las imágenes de prueba, 'batch\_size' que significa que el generador producirá un único ejemplo de prueba por lote, 'class\_mode' significa que no se esté generando etiquetas de clase ,esto es útil para obtener las imágenes de prueba sin sus respectivas etiquetas y 'shuffle=False' significa que se deshabilita la mezcla de las imágenes ,por lo tanto se carga en el orden en que aparecen en el directorio y dando como resultado un conglomerado total de 323 imágenes para pruebas.

### **Figura 23**

*Aumento de datos al conjunto de pruebas del modelo de transferencia de aprendizaje*

```
test_datagen = ImageDataGenerator(preprocessing_function=preprocess_input)

test_generator = test_datagen.flow_from_directory(
    directory="E:/modelo_transferlearning/data/pruebas/",
    target_size=(160, 160),
    color_mode="rgb",
    batch_size=1,
    class_mode=None,
    shuffle=False,
)
```

```
Found 323 images belonging to 1 classes.
```

*Fuente:* Elaboración propia.

El modelo entrenado se utiliza para predecir datos de prueba en lotes. Se calcula 'STEP\_SIZE\_TEST' que significa que es el número total de imágenes de prueba. Luego se reinicia el generador de datos de prueba con el "test\_generator.reset()". Luego, se emplea 'model.predict\_generator' para realizar las predicciones en función de 'test\_generator'. El parámetro 'steps' indica cuántos lotes de datos se procesarán en total, y 'verbose=1' determina el nivel de detalle de la información que se mostrara, el valor 1 siendo una salida estándar.

## Figura 24

*Predicciones del modelo de transferencia de aprendizaje*

```
STEP_SIZE_TEST=test_generator.n//test_generator.batch_size
test_generator.reset()
pred=model.predict_generator(test_generator, steps=STEP_SIZE_TEST, verbose=1)
```

```
323/323 [=====] - 6s 18ms/step
```

*Fuente:* Elaboración propia.

Finalmente, se utiliza la función de predicción de Keras para obtener un vector de probabilidades de clasificación (tipo flotante). Luego, se elige la clase con la probabilidad más alta. Los índices de las clases predichas se obtienen con 'np.argmax(pred, axis=1)', donde la función 'np.argmax' de la biblioteca Numpy proporciona los índices de las clases con las predicciones más altas en el conjunto de predicciones, y 'axis=1' indica que se busca el índice máximo en cada conjunto de predicciones. Estos índices se almacenan en 'predicted\_class\_indices' y representan las clases predichas para cada lote de datos de prueba en el contexto del modelo de clasificación.



### CAPÍTULO III: RESULTADOS

#### Análisis descriptivo del indicador eficiencia

En resumen, se concluyó que la eficiencia se mide en términos de qué tan rápido se pueden clasificar los productos de artesanía en función del tiempo que lleva. Durante la fase de pre test se obtuvo una eficiencia de 77.85 en la velocidad de clasificación de productos por segundo que equivale un 77.85% en la tarea de clasificación de manera manual, mientras en la fase de post test, se alcanzó una eficiencia de 9709.40 en la velocidad de clasificación de productos por segundo lo que equivale un 97.09%, utilizando un modelo de red neuronal convolucional para la clasificación de productos.

**Tabla 11**

*El número de muestras al evaluar en el pre test y post test*

		Estadísticos	
		pre_test_eficiencia	post_test_eficiencia
N	Válido	323	323
	Perdidos	0	0
	Mediana	.2500	33.3300
	Suma	77.85	9,709.40

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

El análisis descriptivo en el pre test, se observa que 58 productos de artesanía tuvieron una eficiencia de 0.20 en velocidad de clasificación del producto por segundo, mientras que 265 productos de artesanía mostraron una eficiencia de 0.25 en velocidad de clasificación de producto por segundo.

**Tabla 12**

*Resultados del pre test del indicador de eficiencia*

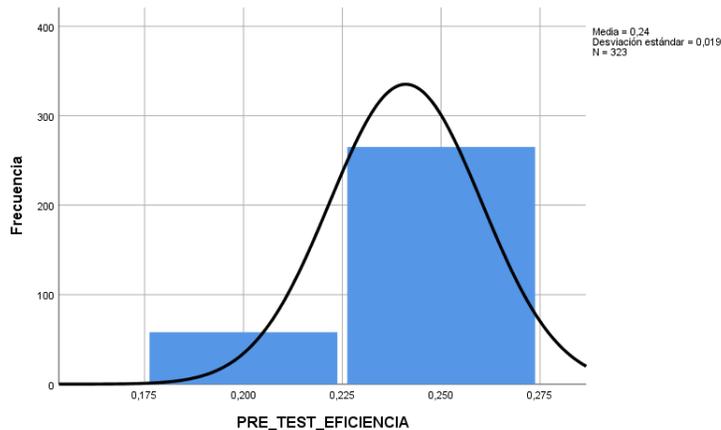
PRE_TEST_EFICIENCIA					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	.20	58	18,0	18,0	18,0
	.25	265	82,0	82,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>323</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del pre test, que la mayoría tiene un rango de eficiencia de 0.25 en la velocidad de clasificación de producto por segundos.

**Figura 27**

*Gráfico del pre test del indicador de eficiencia*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

El análisis descriptivo en el post test, se observa que los productos de artesanía tienen diversos rangos de eficiencia entre 17.86 y 37.04 (velocidad de clasificación del producto por segundo), que abarcaron un total de 293 productos, mientras que 30 productos tuvieron una eficiencia de 0, lo que significa que no se clasificó en su respectiva categoría.

**Tabla 13**

*Resultados del post test del indicador de eficiencia*

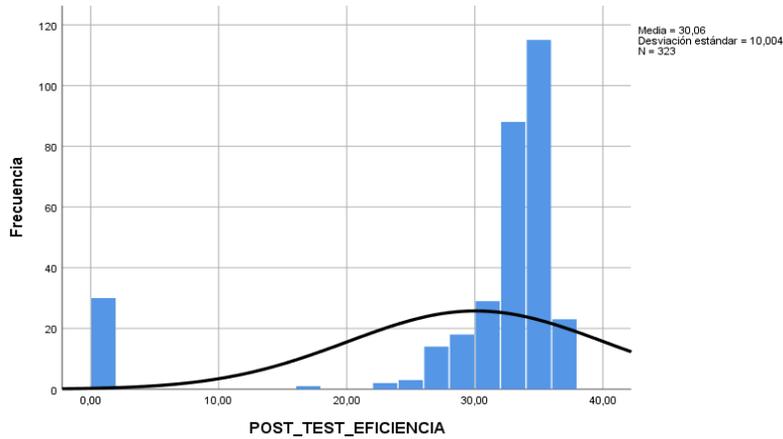
<b>POST_TEST_EFICIENCIA</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	.00	30	9,3	9,3	9,3
	17.86	1	,3	,3	9,6
	22.73	1	,3	,3	9,9
	23.81	1	,3	,3	10,2
	24.39	1	,3	,3	10,5
	25.00	2	,6	,6	11,1
	26.32	2	,6	,6	11,8
	27.03	3	,9	,9	12,7
	27.78	9	2,8	2,8	15,5
	28.57	5	1,5	1,5	17,0
	29.41	13	4,0	4,0	21,1
	30.30	12	3,7	3,7	24,8
	31.25	17	5,3	5,3	30,0
	32.26	35	10,8	10,8	40,9
	33.33	53	16,4	16,4	57,3
	34.48	71	22,0	22,0	79,3
	35.71	44	13,6	13,6	92,9
	37.04	23	7,1	7,1	100,0
	<b>Total</b>	<b>323</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del post test, que la mayoría tiene un rango de eficiencia de 34.48 en velocidad de clasificación del producto por segundos.

**Figura 28**

*Gráfico del post test del indicador de eficiencia*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

***Análisis descriptivo del indicador eficiencia en anillos***

En el pre test de la categoría anillos, la eficiencia en la clasificación de productos manualmente se obtuvo un 19.50 en la velocidad de clasificación del producto por segundos. A diferencia en la fase de post test, la eficiencia aumentó significativamente a 2539,11 en la velocidad de clasificación del producto por segundos al utilizar un modelo de red neuronal convolucional para la clasificación de la categoría anillos.

**Tabla 14**

*Resultados estadísticos del pre y post test del indicador eficiencia en la categoría anillos*

		<b>Estadísticos</b>	
		pre_test_eficiencia	post_test_eficiencia
N	Válido	81	81
	Perdidos	0	0
Mediana		.2500	34.4800
Suma		19.50	2,539.11

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

El análisis descriptivo en el pre test, se observa que 15 anillos tuvieron una eficiencia de 0.20 en la velocidad de clasificación del producto por segundos, mientras que 66 anillos se tuvieron una eficiencia de 0.25.

**Tabla 15**

*Resultados del pre test del indicador eficiencia en la categoría de anillos*

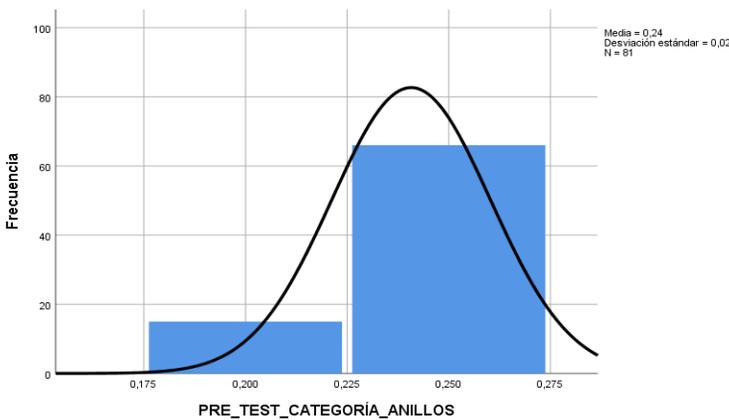
<b>PRE_TEST_EFICIENCIA_ANILLOS</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	.20	15	18,5	18,5	18,5
	.25	66	81,5	81,5	100,0
	<b>Total</b>	<b>81</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del pre test del indicador de eficiencia en la categoría anillos, que la mayoría de los productos tiene una eficiencia de 0.25 en la velocidad de clasificación del producto por segundos.

**Figura 29**

*Gráfico del pre test del indicador eficiencia en la categoría anillos*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

El análisis descriptivo en el post test, se obtuvo diversos rangos de eficiencia entre 17.86 y 37.04 que abarcaron un total de 76 productos clasificados en la categoría anillos, mientras que 5 productos se obtuvo una eficiencia de 0 , lo que significa que no se clasifico en la respectiva categoría.

**Tabla 16**

*Resultados del post test del indicador eficiencia en la categoría anillos*

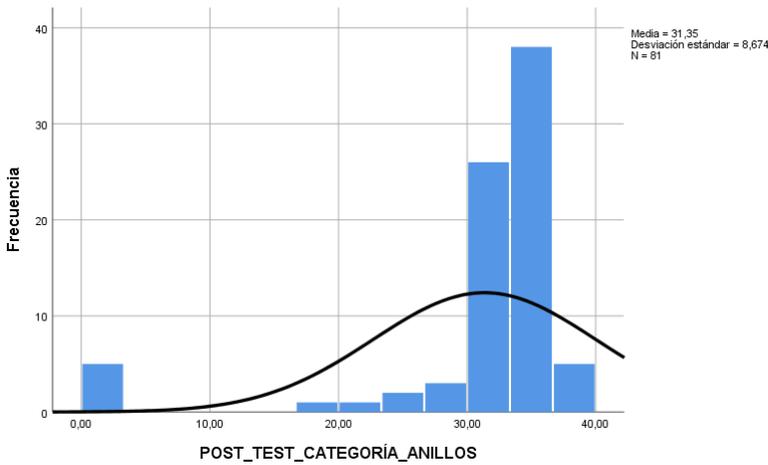
<b>POST_TEST_EFICIENCIA_ANILLOS</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	.00	5	6,2	6,2	6,2
	17.86	1	1,2	1,2	7,4
	22.73	1	1,2	1,2	8,6
	25.00	1	1,2	1,2	9,9
	26.32	1	1,2	1,2	11,1
	27.03	1	1,2	1,2	12,3
	27.78	1	1,2	1,2	13,6
	29.41	1	1,2	1,2	14,8
	30.30	2	2,5	2,5	17,3
	31.25	3	3,7	3,7	21,0
	32.26	6	7,4	7,4	28,4
	33.33	15	18,5	18,5	46,9
	34.48	22	27,2	27,2	74,1
	35.71	16	19,8	19,8	93,8
	37.04	5	6,2	6,2	100,0
	<b>Total</b>	<b>81</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del post test del indicador de eficiencia en la categoría anillos, que la mayoría de los productos tuvieron una eficiencia de 34.48 en la velocidad de clasificación del producto por segundos.

**Figura 30**

*Gráfico del post test del indicador eficiencia en la categoría anillos*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

***Análisis descriptivo del indicador eficiencia en aretes***

En el pre test de la categoría aretes, la eficiencia en la clasificación de productos manualmente se obtuvo un 19.40 en la velocidad de clasificación del producto por segundos. A diferencia en el post test, la eficiencia aumentó significativamente a 2676,45 en la velocidad de clasificación del producto por segundos al utilizar un modelo de red neuronal convolucional para la clasificación de la categoría aretes.

**Tabla 17**

*Resultados estadísticos del pre y post test del indicador eficiencia en la categoría aretes*

		<b>Estadísticos</b>	
		pre_test_eficiencia	post_test_eficiencia
N	Válido	81	81
	Perdidos	0	0
Mediana		.2500	33.3300
Suma		19.40	2,676.45

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

El análisis descriptivo en el pre test, se observa que 17 aretes tuvieron una eficiencia de 0.20 en la velocidad de clasificación del producto por segundos, mientras que 64 aretes se tuvieron una eficiencia de 0.25.

**Tabla 18**

*Resultados del pre test del indicador eficiencia en la categoría aretes*

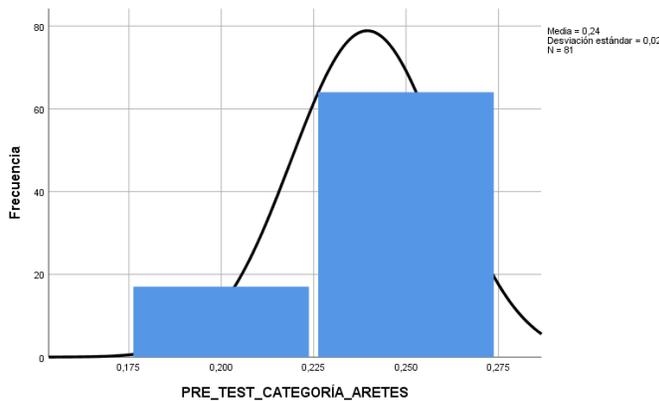
PRE_TEST_EFICIENCIA_ARETES					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	.20	17	21,0	21,0	21,0
	.25	64	79,0	79,0	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del pre test del indicador de eficiencia en la categoría aretes, que la mayoría de los productos tiene una eficiencia de 0.25 en la velocidad de clasificación del producto por segundos.

**Figura 31**

*Gráfico del pre test del indicador eficiencia en la categoría aretes*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

El análisis descriptivo en el post test, se obtuvo diversos rangos de eficiencia entre 25.00 y 35.71 que abarcaron un total de 81 productos clasificados en la categoría de aretes.

**Tabla 19**

*Resultados del pro test del indicador eficiencia en la categoría aretes*

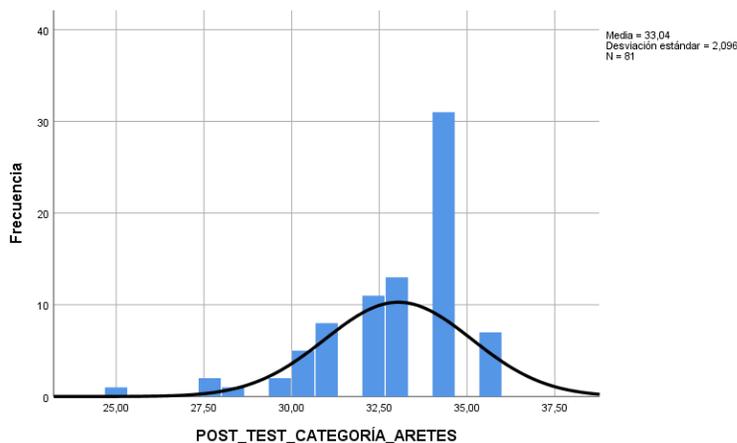
<b>POST_TEST_EFICIENCIA_ARETES</b>					
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	
Válido	25.00	1	1,2	1,2	1,2
	27.78	2	2,5	2,5	3,7
	28.57	1	1,2	1,2	4,9
	29.41	2	2,5	2,5	7,4
	30.30	5	6,2	6,2	13,6
	31.25	8	9,9	9,9	23,5
	32.26	11	13,6	13,6	37,0
	33.33	13	16,0	16,0	53,1
	34.48	31	38,3	38,3	91,4
	35.71	7	8,6	8,6	100,0
<b>Total</b>		<b>81</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del post test del indicador de eficiencia en la categoría aretes, que la mayoría de los productos tiene una eficiencia de 34.48 en la velocidad de clasificación del producto por segundos

**Figura 32**

*Gráfico del post test del indicador eficiencia en la categoría aretes*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

### **Análisis descriptivo del indicador eficiencia en collares**

En el pre test la categoría collares, la eficiencia en la clasificación de productos manualmente se obtuvo una 19.55 en la velocidad de clasificación del producto por segundos. A diferencia en el post test, la eficiencia aumentó significativamente a 1916,15 en la velocidad de clasificación del producto por segundos al utilizar un modelo de red neuronal convolucional para la clasificación de la categoría collares.

**Tabla 20**

*Resultados estadísticos del pre y post test del indicador eficiencia en la categoría collares*

		<b>Estadísticos</b>	
		pre_test_eficiencia	post_test_eficiencia
N	Válido	81	81
	Perdidos	0	0
Mediana		.2500	30.3000
Suma		19.55	1,916.15

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

El análisis descriptivo en el pre test, se observa que 14 collares tuvieron una eficiencia de 0.20 en la velocidad de clasificación del producto por segundos, mientras que 67 collares se tuvieron una eficiencia de 0.25.

**Tabla 21**

*Resultados del pre test del indicador eficiencia en la categoría collares*

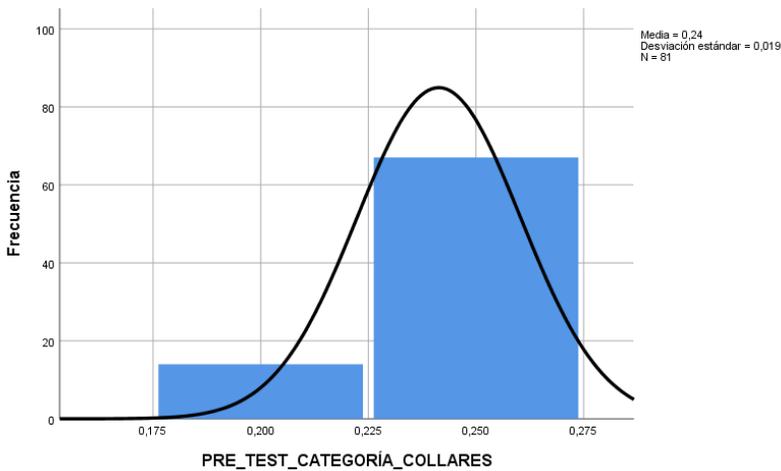
<b>PRE_TEST_EFICIENCIA</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	.20	14	17,3	17,3	17,3
	.25	67	82,7	82,7	100,0
Total		81	100,0	100,0	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del pre test del indicador de eficiencia en la categoría collares, que la mayoría de los productos tiene una eficiencia de 0.25 en la velocidad de clasificación del producto por segundos.

**Figura 33**

*Gráfico del pre test del indicador eficiencia en la categoría collares*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

El análisis descriptivo en el post test , se obtuvo diversos rangos de eficiencia entre 23.81 y 37.04 que abarcaron un total de 60 productos clasificados en la categoría collares, mientras que 21 productos se obtuvo una eficiencia de 0, lo que significa que no se clasifico en la respectiva categoría.

**Tabla 22**

*Resultados del post test del indicador eficiencia en la categoría collares*

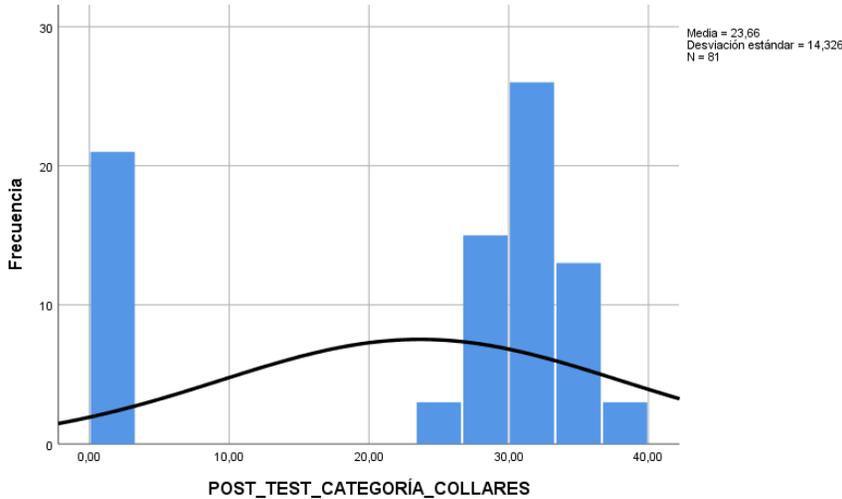
<b>POST_TEST_EFICIENCIA_COLLARES</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	.00	21	25,9	25,9	25,9
	23.81	1	1,2	1,2	27,2
	24.39	1	1,2	1,2	28,4
	26.32	1	1,2	1,2	29,6
	27.03	1	1,2	1,2	30,9
	27.78	3	3,7	3,7	34,6
	28.57	2	2,5	2,5	37,0
	29.41	9	11,1	11,1	48,1
	30.30	3	3,7	3,7	51,9
	31.25	3	3,7	3,7	55,6
	32.26	8	9,9	9,9	65,4
	33.33	12	14,8	14,8	80,2
	34.48	7	8,6	8,6	88,9
	35.71	6	7,4	7,4	96,3
	37.04	3	3,7	3,7	100,0
	<b>Total</b>	<b>81</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del post test del indicador de eficiencia en la categoría collares, que la mayoría de los productos tuvieron una eficiencia de 37.04 en la velocidad de clasificación del producto por segundos

**Figura 34**

*Gráfico del post test del indicador eficiencia en la categoría collares*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

***Análisis descriptivo del indicador eficiencia en pulseras***

En el pre test de la categoría pulseras, la eficiencia en la clasificación de productos manualmente se obtuvo un 19.40 en la velocidad de clasificación del producto por segundos. A diferencia en el post test, la eficiencia aumentó significativamente a 2577,69 en la velocidad de clasificación del producto por segundos al utilizar un modelo de red neuronal convolucional para la clasificación de la categoría pulseras.

**Tabla 23**

*Resultados estadísticos del pre y post test del indicador eficiencia en la categoría pulseras*

		<b>Estadísticos</b>	
		pre_test_eficiencia	post_test_eficiencia
N	Válido	80	80
	Perdidos	0	0
Mediana		.2500	34.4800
Suma		19.40	2,577.69

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

El análisis descriptivo en el pre test, se observa que 12 pulseras tuvieron una eficiencia de 0.20 en la velocidad de clasificación del producto por segundos, mientras que 68 collares se tuvieron una eficiencia de 0.25.

**Tabla 24**

*Resultados del pre test del indicador eficiencia en la categoría pulseras*

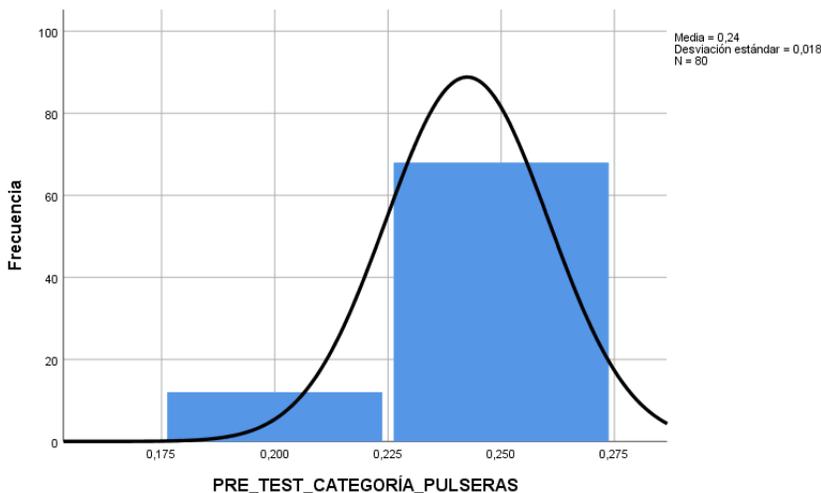
<b>PRE_TEST_EFICIENCIA_PULSERAS</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	.20	12	15,0	15,0	15,0
	.25	68	85,0	85,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del pre test del indicador de eficiencia en la categoría pulseras, que la mayoría de los productos tiene una eficiencia de 0.25 en la velocidad de clasificación del producto por segundos.

**Figura 35**

*Gráfico del pre test del indicador eficiencia en la categoría pulseras*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

El análisis descriptivo en el post test, se obtuvo diversos rangos de eficiencia entre 27.03 y 37.04 que abarcaron un total de 76 productos clasificados en la categoría pulseras, mientras que 4 productos se obtuvo una eficiencia de 0, lo que significa que no se clasificó en la respectiva categoría.

**Tabla 25**

*Resultados del post test del indicador eficiencia en la categoría pulseras*

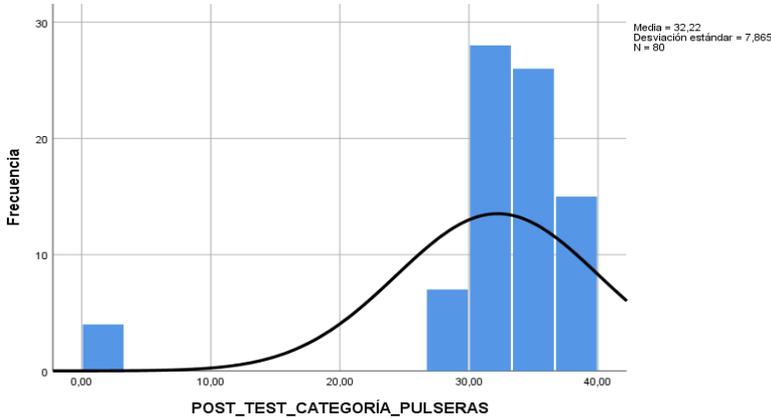
<b>POST_TEST_EFICIENCIA_PULSERAS</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	.00	4	5,0	5,0	5,0
	27.03	1	1,3	1,3	6,3
	27.78	3	3,8	3,8	10,0
	28.57	2	2,5	2,5	12,5
	29.41	1	1,3	1,3	13,8
	30.30	2	2,5	2,5	16,3
	31.25	3	3,8	3,8	20,0
	32.26	10	12,5	12,5	32,5
	33.33	13	16,3	16,3	48,8
	34.48	11	13,8	13,8	62,5
	35.71	15	18,8	18,8	81,3
	37.04	15	18,8	18,8	100,0
	<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del post test del indicador de eficiencia en la categoría aretes, que la mayoría de los productos tuvieron una eficiencia de 35.71 y 37.04 en la velocidad de clasificación del producto por segundos.

**Figura 36**

*Gráfico del pro test del indicador eficiencia en la categoría pulseras*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

**Análisis descriptivo del indicador tiempo**

En conclusión, se observa que el tiempo total en la clasificación de productos en el pre test es de 1350 segundos. No obstante, en el post test el tiempo total se reduce en 9.891 segundos, significa que el modelo de red neuronal convolucional es capaz de realizar la clasificación de las categorías de productos en un tiempo significativamente menor. Estos resultados se basan en una muestra que incluye 81 anillos, 81 aretes, 81 collares y 80 pulseras.

**Tabla 26**

*Resultados del indicador tiempo*

		Estadísticos	
		pre_test_tiempo	post_test_tiempo
N	Válido	323	323
	Perdidos	0	0
Media		4,18	,03062
Mínimo		4	.026
Máximo		5	.056
Suma		1350	9.891

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

En el pre test, los tiempos de clasificación de los productos de artesanía están entre un rango de 4 y 5 segundos en las diferentes categorías: anillos, aretes, collares y pulseras.

**Tabla 27**

*Resultados del pre test del indicador tiempo*

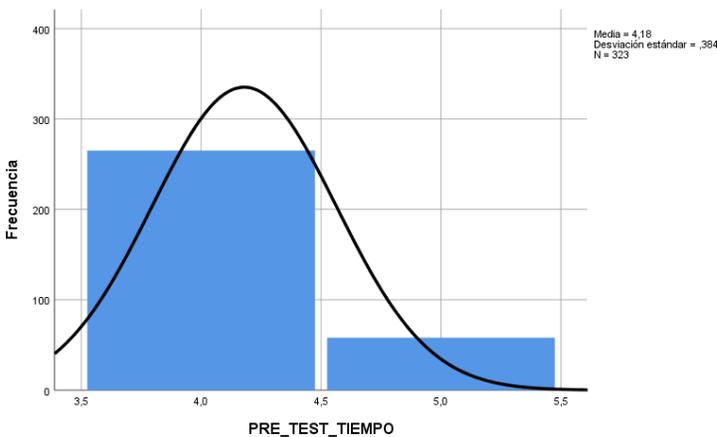
PRE_TEST_TIEMPO					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	4	265	82,0	82,0	82,0
	5	58	18,0	18,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>323</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del pre test, que la mayoría tiene un tiempo de 4 segundos en la clasificación de los productos de bisutería.

**Figura 37**

*Gráfico del pre test del indicador tiempo*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Por otro lado, en el post test, el tiempo que el modelo de transferencia de aprendizaje para predecir y clasificar la categoría respectiva de los productos de bisutería en un tiempo mínimo de 0.026 segundos y un máximo 0.056 segundos.

**Tabla 28**

*Resultados del post test del indicador tiempo*

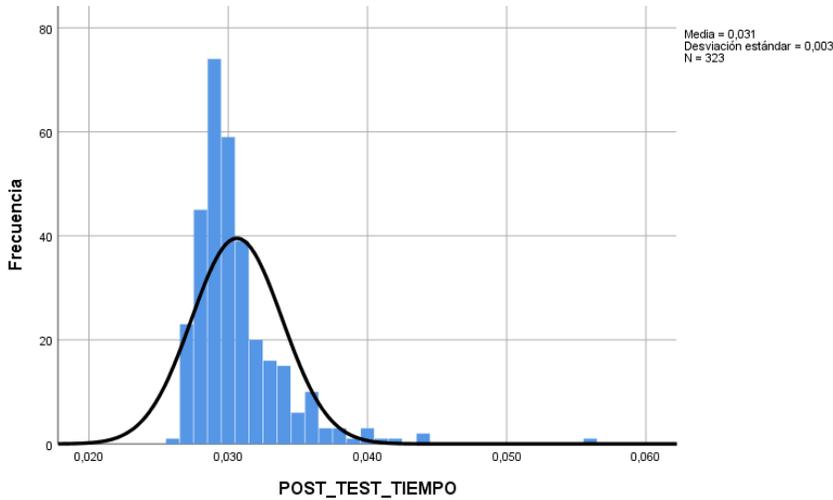
POST_TEST_TIEMPO				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido .026	1	,3	,3	,3
.027	23	7,1	7,1	7,4
.028	45	13,9	13,9	21,4
.029	74	22,9	22,9	44,3
.030	59	18,3	18,3	62,5
.031	39	12,1	12,1	74,6
.032	20	6,2	6,2	80,8
.033	16	5,0	5,0	85,8
.034	15	4,6	4,6	90,4
.035	6	1,9	1,9	92,3
.036	10	3,1	3,1	95,4
.037	3	,9	,9	96,3
.038	3	,9	,9	97,2
.039	1	,3	,3	97,5
.040	3	,9	,9	98,5
.041	1	,3	,3	98,8
.042	1	,3	,3	99,1
.044	2	,6	,6	99,7
.056	1	,3	,3	100,0
<b>Total</b>	<b>323</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del post test que la mayoría tiene un tiempo de 0.029 segundos en la clasificación de los productos de bisutería.

**Figura 38**

*Gráfico del post test del indicador tiempo*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

***Análisis descriptivo del indicador tiempo en anillos***

En la clasificación de productos artesanales en la categoría de anillos, se observa una diferencia en el tiempo entre la fase inicial (pre test) y la etapa posterior (post test). En el pre test, el tiempo total de clasificación es de 339 segundos. Sin embargo, en el post test, al utilizar un modelo basado en redes neuronales convolucionales para predecir y clasificar la categoría de anillos, el tiempo se reduce significativamente a 2.461 segundos

**Tabla 29**

*Resultados en el indicador tiempo para la clasificación de anillos*

		<b>Estadísticos</b>	
		PRE_TIEMPO	POST_TIEMPO
N	Válido	81	81
	Perdidos	0	0
Mediana		4,00	.02900
Suma		339	2.461

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

En el pre test, 66 productos se clasificaron en un tiempo de 4 segundos y los 15 productos restantes en un tiempo de 5 segundos.

**Tabla 30**

*Resultados del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de anillos*

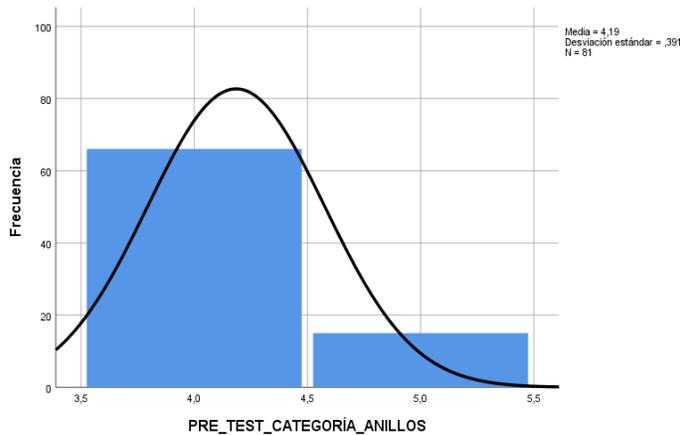
PRE_TEST_TIEMPO_ANILLOS					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	4	66	81,5	81,5	81,5
	5	15	18,5	18,5	100,0
Total		81	100,0	100,0	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del pre test de la categoría anillos, que el mayor tiempo en que se clasifica los productos es de 4 segundos.

**Figura 39**

*Gráfico del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de anillos*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Por otro lado, en el post test el tiempo que el modelo predice y clasifica la categoría anillos varía entre 0.027 segundos y 0.056 segundos.

**Tabla 31**

*Resultados del post test en el indicador tiempo y la clasificación de anillos*

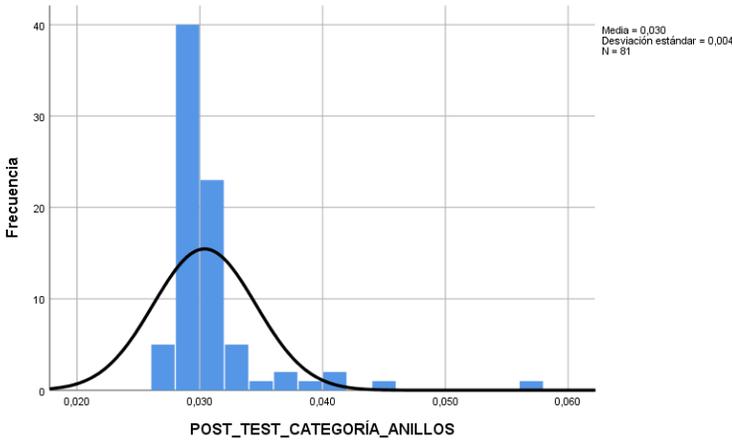
POST_TEST_TIEMPO_ANILLOS					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	.027	5	6,2	6,2	6,2
	.028	17	21,0	21,0	27,2
	.029	23	28,4	28,4	55,6
	.030	17	21,0	21,0	76,5
	.031	6	7,4	7,4	84,0
	.032	3	3,7	3,7	87,7
	.033	2	2,5	2,5	90,1
	.034	1	1,2	1,2	91,4
	.036	1	1,2	1,2	92,6
	.037	1	1,2	1,2	93,8
	.038	1	1,2	1,2	95,1
	.040	2	2,5	2,5	97,5
	.044	1	1,2	1,2	98,8
	.056	1	1,2	1,2	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del post test, que la mayor cantidad de productos de la categoría anillos tuvo un tiempo de 0.029 segundos.

**Figura 40**

*Gráfico del post test en el indicador tiempo y la clasificación de anillos*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

***Análisis descriptivo del indicador tiempo en aretes***

En la clasificación de productos artesanales en la categoría de aretes, se observa una diferencia en el tiempo entre la fase inicial (pre test) y la etapa posterior (post test). En el pre test, el tiempo total de clasificación es de 341 segundos. Sin embargo, en el post test, al utilizar un modelo basado en redes neuronales convolucionales para predecir y clasificar la categoría de aretes, el tiempo se reduce significativamente a 2.462 segundos.

**Tabla 32**

*Resultados en el indicador tiempo para la clasificación de aretes*

		<b>Estadísticos</b>	
		PRE_TEST_TIEMPO	POST_TEST_TIEMPO
N	Válido	81	81
	Perdidos	0	0
Mediana		4,00	.03000
Suma		341	2.462

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

En el pre test, 64 productos se clasificaron en un tiempo de 4 segundos y los 17 productos restantes en un tiempo de 5 segundos.

**Tabla 33**

*Resultados del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de aretes*

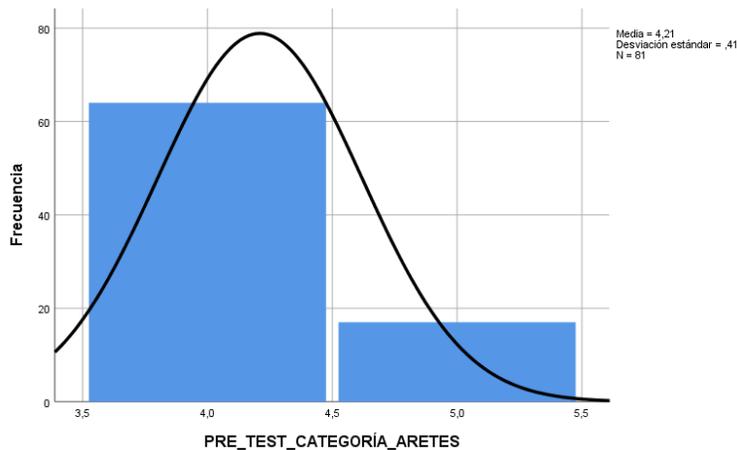
PRE_TEST_TIEMPO_ARETES					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	4	64	79,0	79,0	79,0
	5	17	21,0	21,0	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del pre test de la categoría aretes, que el mayor tiempo en que se clasifica los productos es de 4 segundos.

**Figura 41**

*Gráfico del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de aretes*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Por otro lado, en el post test el tiempo que el modelo predice y clasifica la categoría aretes varía entre 0.028 segundos y 0.040 segundos.

**Tabla 34**

*Resultados del post test en el indicador tiempo y la clasificación de aretes*

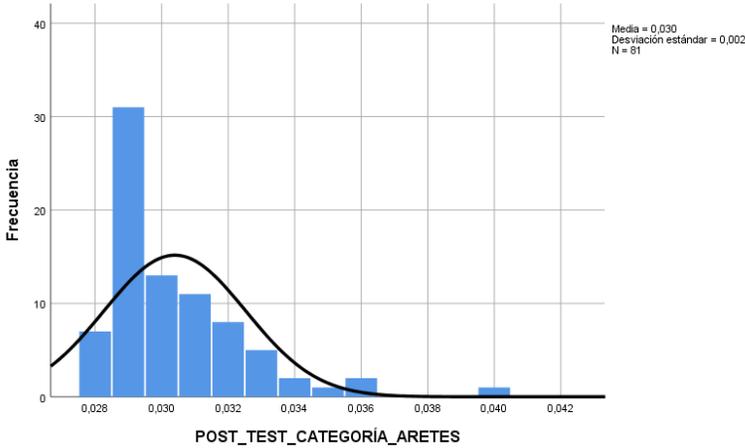
<b>POST_TEST_TIEMPO_ARETES</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	28	7	8,6	8,6	8,6
	29	31	38,3	38,3	46,9
	30	13	16,0	16,0	63,0
	31	11	13,6	13,6	76,5
	32	8	9,9	9,9	86,4
	33	5	6,2	6,2	92,6
	34	2	2,5	2,5	95,1
	35	1	1,2	1,2	96,3
	36	2	2,5	2,5	98,8
	40	1	1,2	1,2	100,0
	<b>Total</b>	<b>81</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del post test, que la mayor cantidad de productos de la categoría aretes tuvo un tiempo de 0.029 segundos.

**Figura 42**

*Gráfico del post test en el indicador tiempo y la clasificación de aretes*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

***Análisis descriptivo del indicador tiempo en collares***

En la clasificación de productos artesanales en la categoría de collares, se observa una diferencia en el tiempo entre la fase inicial (pre test) y la etapa posterior (post test). En el pre test, el tiempo total de clasificación es de 338 segundos. Sin embargo, en el post test, al utilizar un modelo basado en redes neuronales convolucionales para predecir y clasificar la categoría de collares, el tiempo se reduce significativamente a 2.596 segundos.

**Tabla 35**

*Resultados en el indicador tiempo y la clasificación de collares*

		<b>Estadísticos</b>	
		pre_test_tiempo	post_test_tiempo
N	Válido	81	81
	Perdidos	0	0
Mediana		4,00	.03100
Suma		338	2.596

Fuente: Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

En el pre test, 67 productos se clasificaron en un tiempo de 4 segundos y los 14 productos restantes en un tiempo de 5 segundos.

**Tabla 36**

*Resultados del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de collares*

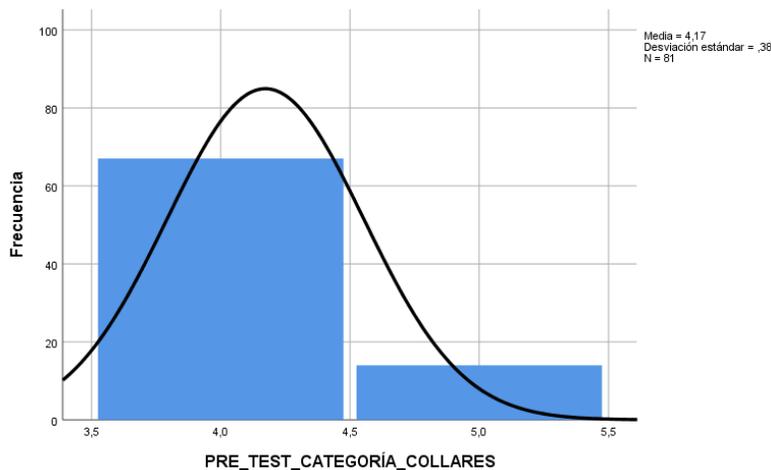
PRE_TEST_TIEMPO_COLLARES					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	4	67	82,7	82,7	82,7
	5	14	17,3	17,3	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

Fuente: Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del pre test de la categoría collares, que el mayor tiempo en que se clasifica los productos es de 4 segundos.

**Figura 43**

*Gráfico del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de collares*



Fuente: Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Por otro lado, en el post test el tiempo que el modelo predice y clasifica la categoría collares varía entre 0.027 segundos y 0.044 segundos.

**Tabla 37**

*Resultados del post test en el indicador tiempo y la clasificación de collares*

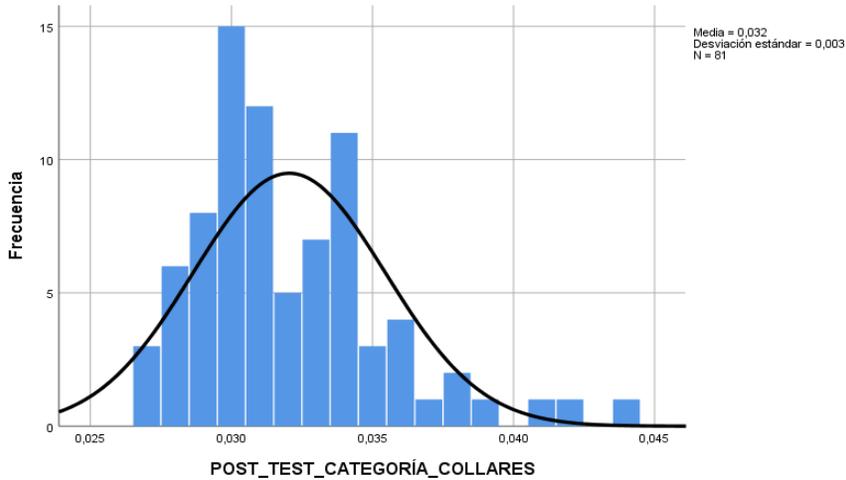
<b>POST_TEST_TIEMPO_COLLARES</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	.027	3	3,7	3,7	3,7
	.028	6	7,4	7,4	11,1
	.029	8	9,9	9,9	21,0
	.030	15	18,5	18,5	39,5
	.031	12	14,8	14,8	54,3
	.032	5	6,2	6,2	60,5
	.033	7	8,6	8,6	69,1
	.034	11	13,6	13,6	82,7
	.035	3	3,7	3,7	86,4
	.036	4	4,9	4,9	91,4
	.037	1	1,2	1,2	92,6
	.038	2	2,5	2,5	95,1
	.039	1	1,2	1,2	96,3
	.041	1	1,2	1,2	97,5
	.042	1	1,2	1,2	98,8
	.044	1	1,2	1,2	100,0
	<b>Total</b>	<b>81</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del post test, que la mayor cantidad de productos de la categoría collares tuvo un tiempo de 0.030 segundos.

**Figura 44**

*Gráfico del post test en el indicador tiempo y la clasificación de collares*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

***Análisis descriptivo del indicador tiempo en pulseras***

En la clasificación de productos artesanales en la categoría de pulseras, se observa una diferencia en el tiempo entre la fase inicial (pre test) y la etapa posterior (post test). En el pre test, el tiempo total de clasificación es de 332 segundos. Sin embargo, en el post test, al utilizar un modelo basado en redes neuronales convolucionales para predecir y clasificar la categoría de pulseras, el tiempo se reduce significativamente a 2.372 segundos.

**Tabla 38**

*Resultados en el indicador tiempo y la clasificación de pulseras*

		<b>Estadísticos</b>	
		PRE_TEST_TIEMPO	POST_TEST_TIEMPO
N	Válido	80	80
	Perdidos	0	0
Mediana		4,00	.02900
Suma		332	2.372

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

En el pre test, 68 productos se clasificaron en un tiempo de 4 segundos y los 12 productos restantes en un tiempo de 5 segundos.

**Tabla 39**

*Resultados del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de pulseras*

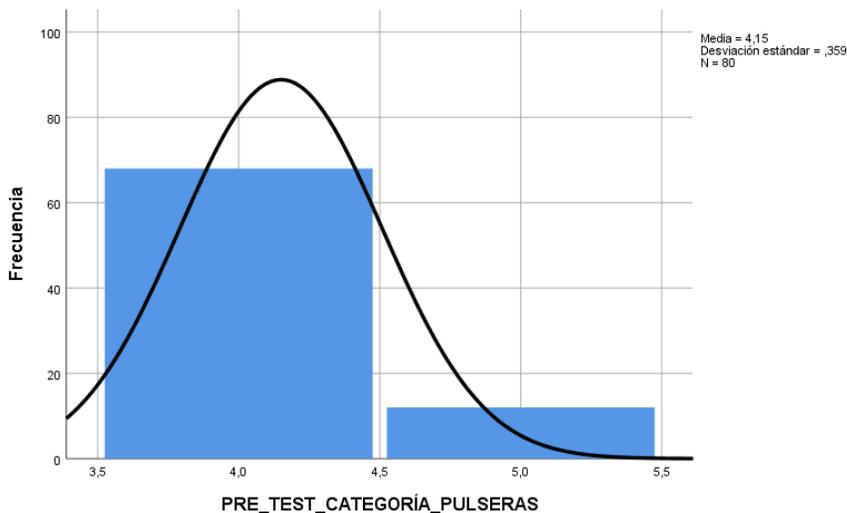
PRE_TEST_TIEMPO_PULSERAS					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	4	68	85,0	85,0	85,0
	5	12	15,0	15,0	100,0
	Total	80	100,0	100,0	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del pre test de la categoría pulseras, que el mayor tiempo en que se clasifica los productos es de 4 segundos.

**Figura 45**

*Gráfico del pre test en el indicador tiempo y la clasificación de pulseras*



*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Por otro lado, en el post test el tiempo que el predice y clasifica la categoría collares varía entre 0.026 segundos y 0.037 segundos.

**Tabla 40**

*Resultados del post test en el indicador tiempo y la clasificación de pulseras*

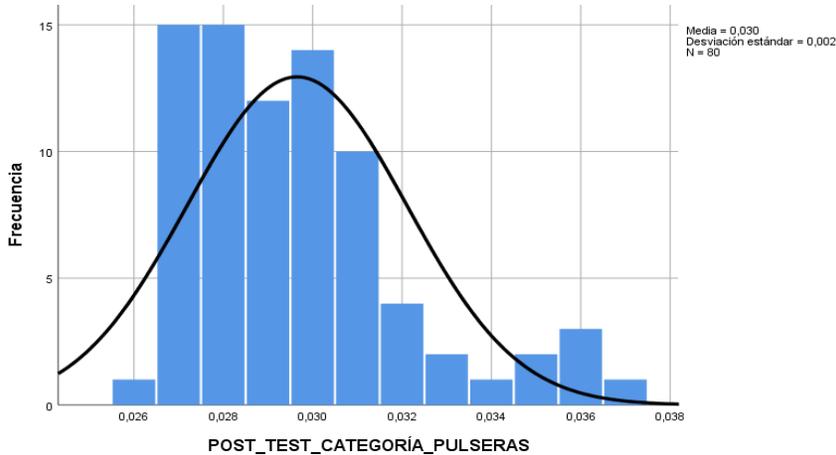
<b>POST_TEST_TIEMPO</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	.026	1	1,3	1,3	1,3
	.027	15	18,8	18,8	20,0
	.028	15	18,8	18,8	38,8
	.029	12	15,0	15,0	53,8
	.030	14	17,5	17,5	71,3
	.031	10	12,5	12,5	83,8
	.032	4	5,0	5,0	88,8
	.033	2	2,5	2,5	91,3
	.034	1	1,3	1,3	92,5
	.035	2	2,5	2,5	95,0
	.036	3	3,8	3,8	98,8
	.037	1	1,3	1,3	100,0
	<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Se observa en el gráfico del post test, que la mayor cantidad de productos de la categoría pulseras tuvo un tiempo de 0.027 segundos y 0.028 segundos.

**Figura 46**

Gráfico del post test en el indicador tiempo y la clasificación de pulseras



Fuente: Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

### Prueba de normalidad del indicador eficiencia

Se realiza la prueba de normalidad con el propósito de identificar si el conjunto de datos tiene una distribución normal. En vista que la muestra es mayor a 30, se opta por el test de Kolmogorov-Smirnov. Además, el valor de significancia (valor Sig.), en el pre y post test es menor que 0.05, lo que lleva a la elección de una prueba no paramétrica para evaluar la hipótesis.

**Tabla 41**

Prueba de normalidad del indicador de eficiencia

	Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
pre_test_eficiencia	,500	323	,000	,466	323	,000	
post_test_eficiencia	,304	323	,000	,557	323	,000	

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

El resultado de la tabla de estadísticos descriptivos de la prueba de Wilcoxon para 2 muestras relacionadas, se tuvo en el pre test una eficiencia entre 0.20 y 0.25 en la velocidad de clasificación del producto por segundos, mientras en el post test la eficiencia se tuvo entre 0 y 37.04 en la velocidad de clasificación del producto por segundos.

**Tabla 42**

*Resultados estadísticos descriptivos del indicador eficiencia*

	Estadísticos descriptivos				
	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
pre_test_eficiencia	323	.2410	.01922	.20	.25
post_test_eficiencia	323	30.0601	10.00390	.00	37.04

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

**Prueba de normalidad del indicador tiempo**

Se realiza la prueba de normalidad con el propósito de identificar si el conjunto de datos tiene una distribución normal. En vista que la muestra es mayor a 30, se opta por el test de Kolmogorov-Smirnov. Además, el valor de significancia (valor Sig.), en el pre y post test es menor que 0.05, lo que lleva a la elección de una prueba no paramétrica para evaluar la hipótesis.

**Tabla 43**

*Pruebas de normalidad del indicador tiempo*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pre_test_tiempo	,500	323	,000	,466	323	,000
post_test_tiempo	,201	323	,000	,787	323	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

El resultado de la tabla de estadísticos descriptivos de la prueba de Wilcoxon para 2 muestras relacionadas, se tuvo en el pre test un tiempo de clasificación de los productos entre 4 y 5 segundos, mientras en el post test el tiempo se tuvo entre 0.026 y 0.056 segundos.

**Tabla 44**

*Resultados estadísticos descriptivos del indicador tiempo*

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
pre_test_tiempo	323	4,18	,384	4	5
post_test_tiempo	323	.03062	.003258	.026	.056

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

### Análisis inferencial del indicador eficiencia

Se observa en la tabla de prueba de rangos de Wilcoxon, que se obtuvo un rango positivo de 293 relacionado con las imágenes de los productos artesanía, lo que indica que la eficiencia fue mayor en el post test. Por otro lado, se obtuvo un rango negativo de 30, lo que indica que la eficiencia en ciertos productos fue menor en el post test.

**Tabla 45**

*Prueba de rangos con signo Wilcoxon en el indicador eficiencia*

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
post_test_eficiencia - pre_test_eficiencia	Rangos negativos	30 <sup>a</sup>	15,50	465,00
	Rangos positivos	293 <sup>b</sup>	177,00	51861,00
	Empates	0 <sup>c</sup>		
	Total	323		

a. post\_test\_eficiencia < pre\_test\_eficiencia  
b. post\_test\_eficiencia > pre\_test\_eficiencia  
c. post\_test\_eficiencia = pre\_test\_eficiencia

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

El resultado de la tabla de estadísticos de la prueba Wilcoxon en el indicador eficiencia, muestra que el valor de significancia es menor a 0.05, lo que lleva al rechazo de la hipótesis nula y a la aceptación de la hipótesis alterna, debido que el conjunto de datos no sigue una distribución normal.

**Tabla 46**

*Resultados estadísticos de prueba en el indicador eficiencia*

<b>Estadísticos de prueba<sup>a</sup></b>	
	post_test_eficiencia - pre_test_eficiencia
Z	-15,321 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)	,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon  
b. Se basa en rangos negativos.

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Podemos afirmar lo siguiente, que el modelo de red neuronal convolucional ha demostrado ser capaz de llevar a cabo con eficiencia la tarea de clasificación de productos de artesanía tipo bisutería, según lo evidencia el análisis realizado en una muestra de 323 productos.

**Análisis inferencial del indicador tiempo**

Se observa en la tabla de prueba de rangos de Wilcoxon, que los 323 productos evaluados en el post test es menor en el tiempo del pre test.

**Tabla 47**

*Prueba de rangos con signo Wilcoxon en el indicador tiempo*

		<b>Rangos</b>		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
post_test_tiempo - pre_test_tiempo	Rangos negativos	323 <sup>a</sup>	162,00	52326,00
	Rangos positivos	0 <sup>b</sup>	,00	,00
	Empates	0 <sup>c</sup>		
	Total	323		

a. post\_test\_tiempo < pre\_test\_tiempo  
 b. post\_test\_tiempo > pre\_test\_tiempo  
 c. post\_test\_tiempo = pre\_test\_tiempo

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

El resultado de la tabla de estadísticos de la prueba Wilcoxon en el indicador tiempo, el valor de significancia (p-valor) es menor a 0.05, lo que lleva al rechazo de la hipótesis nula y a la aceptación de la hipótesis alterna. Esto significa que existe una diferencia entre el tiempo antes y después del tratamiento.

**Tabla 48**

*Resultados estadísticos de prueba en el indicador tiempo*

<b>Estadísticos de prueba<sup>a</sup></b>	
	post_test_tiempo - pre_test_tiempo
Z	-15,601 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)	,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon  
 b. Se basa en rangos positivos.

*Fuente:* Resultado obtenido con el software SPSS Statistics.

Podemos afirmar lo siguiente, con un margen de error del 5%, el tiempo se reduce en la clasificación de artesanía, basándonos en una muestra de 323 productos. Esto se debe a que el modelo de red neuronal convolucional es capaz de predecir de manera efectiva la clasificación respectiva de los productos en un tiempo menor, comparado en una clasificación manual.

### Modelo de transferencia de aprendizaje

Para el procesamiento de los resultados utilizamos un análisis basado en cuadros de confusión de múltiples clases. En este proceso, tenemos en cuenta las siguientes consideraciones y se muestra un ejemplo:

- Verdadero Positivo (VP): Cuando la clase real es clasificada correctamente por el modelo de red neuronal convolucional.
- Falso Negativo (FN): Es cuando la clase real te indica una clasificación correcta y en la predicción te indica incorrecto.
- Falso Positivo (FP): Es cuando la clase real te indica una clasificación incorrecta y en la predicción te indica correcto.
- Verdadero Negativo (VN): Cuando las clases distintas son correctas, pero no corresponden a la clase evaluada.

**Tabla 49**

*Matriz de confusión para clasificación múltiple*

		Valor PREDICHO				
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	...	Clase n
Valor REAL	Clase 1	<b>X<sub>11</sub></b>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	...	X <sub>1n</sub>
	Clase 2	X <sub>21</sub>	<b>X<sub>22</sub></b>	X <sub>23</sub>	...	X <sub>2n</sub>
	Clase 3	X <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>	<b>X<sub>33</sub></b>	...	X <sub>3n</sub>
	...	...	...	...	...	...
	Clase n	X <sub>n1</sub>	X <sub>n2</sub>	X <sub>n3</sub>	...	<b>X<sub>nn</sub></b>

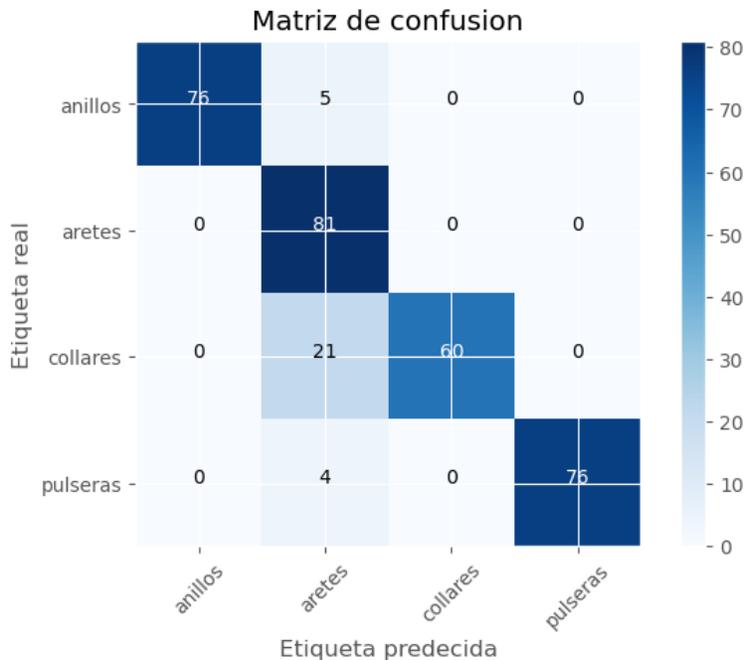
(\*) celdas de color celeste nos indica las clasificaciones que coinciden tanto con el valor real y la predicción.

Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración presente, se genera una matriz de confusión de múltiples clases utilizando una librería de python denominada “mlxtend”. Los valores de esta matriz se basan en las 323 imágenes de prueba y se han distribuido de la siguiente manera: 81 para anillos, 81 para aretes, 81 para collares y 80 para pulseras. Como resultado, se obtienen 76, 81, 81 y 80 predicciones correctas para anillos, aretes, collares y pulseras respectivamente.

**Figura 47**

*Matriz de confusión basado en el modelo de transferencia de aprendizaje*



*Fuente:* Elaboración propia.

Asimismo, en esta figura se observa los resultados de las métricas de confusión generado por el modelo basado en transferencia de aprendizaje, lo que permitirá verificar la precisión, sensibilidad (RECALL) y especificidad de cada clase.

**Figura 48**

*Resultados de las métricas de confusión basado en el modelo de transferencia de aprendizaje*

	precision	recall	f1-score	support
0	0.94	1.00	0.97	76
1	1.00	0.73	0.84	111
2	0.74	1.00	0.85	60
3	0.95	1.00	0.97	76
accuracy			0.91	323
macro avg	0.91	0.93	0.91	323
weighted avg	0.93	0.91	0.91	323

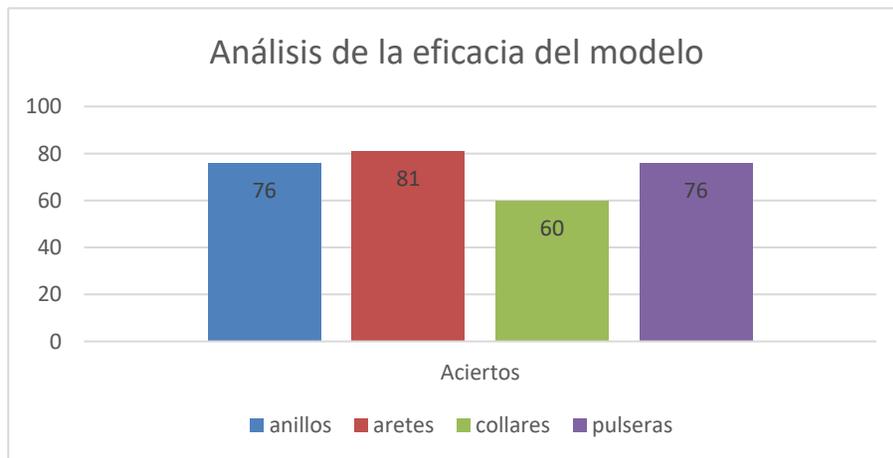
Fuente: Elaboración propia.

**Indicador: Porcentaje de eficacia**

Para evaluar el desempeño de un modelo basado en la transferencia de aprendizaje, se utiliza una fórmula específica que nos permite medir su eficacia.

**Figura 49**

*Resultados de la eficacia del modelo basado en transferencia de aprendizaje*



Fuente: Elaboración propia.

La eficacia del modelo basado en transferencia de aprendizaje alcanza el 90% en la predicción de clasificación de anillos, aretes, collares y pulseras.

$$E = \frac{293}{323} \times 100 = 0.907 \times 100 = 90.7\%$$

En las siguientes tablas se muestran los valores (VP, VN, FP, y FN) asociados a cada clase en un modelo de transferencia de aprendizaje, estos valores se utilizarán para calcular los indicadores de precisión, sensibilidad y especificidad.

**Tabla 50**

*Resultados de la matriz de confusión basado en el modelo de transferencia de aprendizaje para anillos*

		Valor PREDICHO	
		0	1
Valor REAL	0	217 VN	5 FP
	1	0 FN	76 VP

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 51**

*Resultados de la matriz de confusión basado en el modelo de transferencia de aprendizaje para aretes*

		Valor PREDICHO	
		0	1
Valor REAL	0	212 VN	0 FP
	1	30 FN	81 VP

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 52**

Resultados de la matriz de confusión basado en el modelo de transferencia de aprendizaje para collares

		Valor PREDICHO	
		0	1
Valor REAL	0	233 VN	21 FP
	1	0 FN	60 VP

Fuente:

Elaboración propia.

**Tabla 53**

Resultados de la matriz de confusión basado en modelo de transferencia de aprendizaje para pulseras

		Valor PREDICHO	
		0	1
Valor REAL	0	217 VN	4 FP
	1	0 FN	76 VP

Fuente:

Elaboración propia.

**Indicador: Porcentaje de precisión**

La precisión consiste en medir la calidad del modelo basado en transferencia de aprendizaje en la realización de tareas de clasificación.

Para calcular usaremos la siguiente fórmula:

$$\text{Precisión} = \frac{VP}{VP + FP}$$

En este punto, se visualiza el resultado de la precisión correspondiente para cada clase, en este contexto el valor de Verdaderos Positivos (VP) representa los aciertos asociados de cada clase, mientras que los Falsos Positivos (FP) representa situaciones donde la clase real es clasificada incorrecta y en la predicción te indica como correcto.

Los índices de probabilidad muestran que los anillos tienen una precisión del 94%, los aretes en un 100%, los collares en un 74% y pulseras en un 95%.

**Tabla 54**

*Resultado de análisis de precisión para cada clase del modelo de transferencia de aprendizaje*

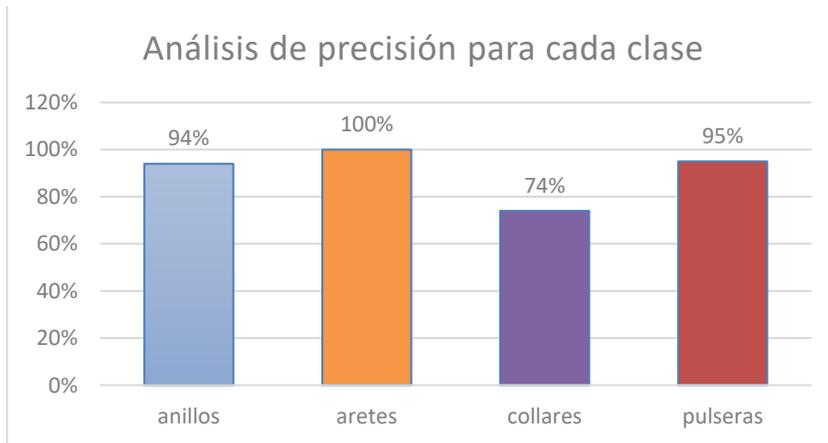
<b>Clases</b>	<b>VP</b>	<b>FP</b>	<b>Resultado</b>	<b>% Precisión</b>
Anillos	76	5	0.938	94%
Aretes	81	0	0.1	100%
Collares	60	21	0.74	74%
Pulseras	76	4	0.95	95%

*Fuente:* Elaboración propia.

Podemos apreciar que la precisión de anillos, aretes y pulseras es superior a un 90% debido a que las imágenes fueron favorables tanto en su forma y contenido y que no confundieron al modelo. Sin embargo, en collares tiene un menor valor debido a múltiples formas diferentes.

**Figura 50**

*Resultados de precisión para cada clase en el modelo de transferencia de aprendizaje*



*Fuente:* Elaboración propia.

Obtenemos la precisión promedio a partir de los valores individuales de cada clase, usando la siguiente fórmula:

$$\text{Precisión (Promedio total)} = \frac{94 + 100 + 74 + 95}{4} = 90.75 \%$$

El porcentaje total del indicador de la precisión muestra un 90.75%, lo que implica que el modelo basado en transferencia de aprendizaje tiene la capacidad de reconocer una clase específica (aretes, anillos, collares y pulseras).

**Indicador: Porcentaje de sensibilidad (RECALL)**

La sensibilidad consiste en la probabilidad de que el modelo basado en transferencia de aprendizaje determine correctamente la clase.

Para calcular usaremos la siguiente fórmula:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP + FN}$$

En este punto, se visualiza el resultado de la sensibilidad correspondiente para cada clase, en este contexto el valor de Verdaderos Positivos (VP) representa los aciertos asociados de cada clase, mientras que los Falsos Negativos (FN) representan situaciones donde una clase real es clasificada como otra clase.

Los índices de probabilidad muestran que el modelo basado en transferencia de aprendizaje es capaz de identificar los anillos en un 100%, los aretes en un 73%, los collares en un 100% y pulseras en un 100%.

**Tabla 55**

*Resultado de análisis de sensibilidad para cada clase del modelo de transferencia de aprendizaje*

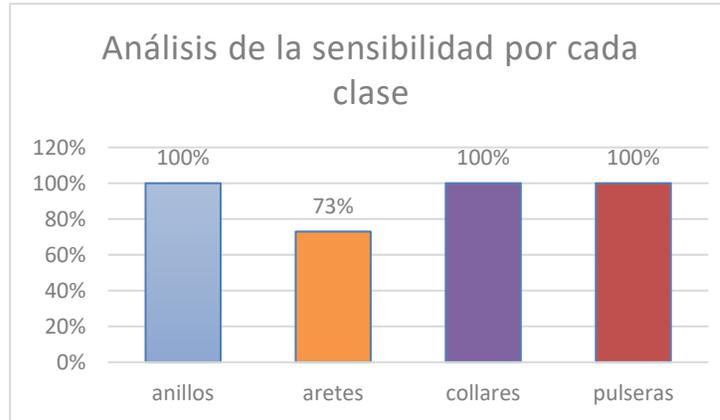
Clases	VP	FN	Resultado	% Sensibilidad
Anillos	76	0	0.1	100%
Aretes	81	30	0.729	73%
Collares	60	0	0.1	100%
Pulseras	76	0	0.1	100%

*Fuente:* Elaboración propia.

Podemos apreciar que la sensibilidad de aretes es menor a un 90%, dado que las imágenes tienen características similares en su forma con los anillos, collares y pulseras, lo cual conduce a que se identifiquen erróneamente como falsos negativos.

**Figura 51**

*Resultados de sensibilidad para cada clase en el modelo de transferencia de aprendizaje*



*Fuente:* Elaboración propia.

Obtenemos la sensibilidad promedio a partir de los valores individuales de cada clase, usando la siguiente fórmula:

$$\text{Sensibilidad (Promedio total)} = \frac{100 + 73 + 100 + 100}{4} = 93.25 \%$$

El porcentaje total del indicador de sensibilidad muestra un 93.25%, lo que implica que el modelo basado en transferencia de aprendizaje permite identificar correctamente los casos positivos dentro de una clase específica (aretes, anillos, collares y pulseras).

**Indicador: Porcentaje de especificidad**

La especificidad se refiere al porcentaje en el que el modelo basado en transferencia de aprendizaje predice un elemento distinto al evaluado.

Para calcular usaremos la siguiente fórmula:

$$\text{Especificidad} = \frac{VN}{VN + FP}$$

En este punto, se visualiza el resultado de la especificidad correspondiente para cada clase, en este contexto el valor de Verdaderos Negativos (VN) representa los aciertos asociados a otra clase, mientras que los Falsos Positivos (FP) representan situaciones donde la clase real es clasificada incorrecta y en la predicción te indica como correcto.

**Tabla 56**

*Resultado de análisis de especificidad para cada clase del modelo de transferencia de aprendizaje*

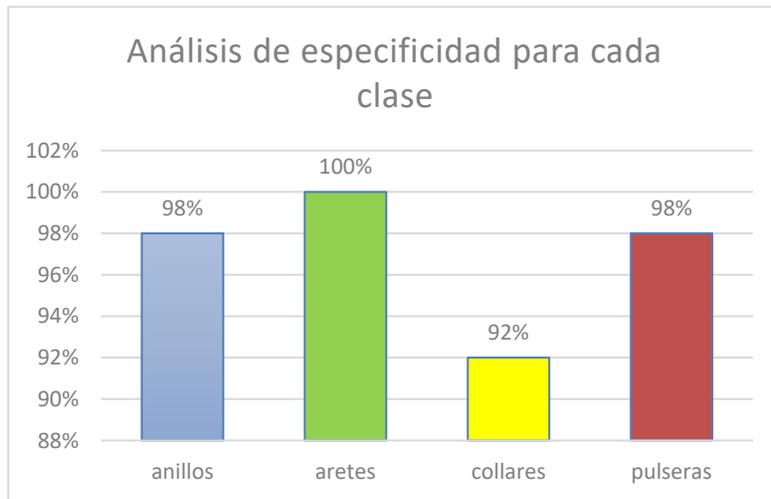
<b>Clases</b>	<b>VN</b>	<b>FP</b>	<b>Resultado</b>	<b>% Especificidad</b>
Anillos	217	5	0.977	98%
Aretes	212	0	0.1	100%
Collares	233	21	0.917	92%
Pulseras	217	4	0.981	98%

*Fuente:* Elaboración propia.

Podemos apreciar que la especificidad de anillos, aretes, collares y pulseras supera al 90%, esto significa que el modelo es capaz de reconocer las clases diferentes a la que se está evaluando. No obstante, es evidente que en la clase collares tenemos un total de 21 que son identificadas como aretes debido a las similitudes en sus formas.

**Figura 52**

*Resultados de especificidad para cada clase en el modelo de transferencia de aprendizaje*



*Fuente:* Elaboración propia.

Obtenemos la especificidad promedio a partir de los valores individuales de cada clase, usando la siguiente fórmula:

$$\text{Especificidad (Promedio total)} = \frac{98 + 100 + 92 + 98}{4} = 97 \%$$

El porcentaje total del indicador de la especificidad muestra un 97%, lo que implica que el modelo basado en transferencia de aprendizaje tiene la capacidad de identificar los casos negativos dentro de una clase específica (aretes, anillos, collares y pulseras).

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Discusión

Con respecto a nuestro modelo adaptado de transferencia de aprendizaje estuvo compuesto por 2000 imágenes y una muestra de 323 imágenes, cada una con tamaño de 160x160 píxeles, la cual se modificó la arquitectura MobileNet para llevar a cabo la clasificación de artesanía. Al comparar con nuestro estudio con el de Aguilar y Campoverde (2020), que también utilizó la arquitectura MobileNet con un conjunto de datos más amplio compuesto por 13516 imágenes y una muestra de 1300 imágenes con un tamaño de 500x500 píxeles hasta 3120x4160 píxeles con la finalidad de clasificar frutas. Una diferencia radica en la complejidad de la tarea de clasificación, ya que nuestro estudio se centró en la clasificación de cuatro tipos específicos de bisutería, mientras ellos abarcaron trece clases de frutas lo que podría haber influido en la eficiencia de clasificación obtenida y el tiempo. Es importante destacar que en nuestro estudio logramos una eficiencia del 97.09% en la clasificación de bisutería, superando el 87% obtenido en la investigación de clasificación de frutas. Además, los tiempos en la clasificación en nuestro modelo obtuvo como un mínimo de 0.026 segundos y un máximo de 0.056 segundos, comparado con ellos que tuvieron un tiempo más largo de 0,406 segundos y 0,463 segundos. Concluyendo que nuestro modelo indica un buen rendimiento y una respuesta ágil en la clasificación de imágenes de bisutería.

El estudio de Winiarti et al. (2018) sobre la clasificación de cuero curtido en industrias artesanal utilizó un conjunto de 4157 imágenes con un tamaño de 512x512 píxeles y para la prueba de rendimiento 3157 imágenes, en comparación con nuestro modelo de transferencia de aprendizaje que utiliza imágenes más pequeñas con aumento de datos de 160x160 píxeles y 323 imágenes para prueba. Ellos obtuvieron una precisión del 99% en clasificar los tipos de cuero, mientras que nuestro modelo alcanzó un 90.75%. Sin embargo, nuestro modelo, que utiliza la arquitectura MobileNet presenta la ventaja de no requerir tanto poder computacional y un tiempo menor en la clasificación, a diferencia de ellos que utilizaron la arquitectura AlexNet que requiere

un mayor tiempo de entrenamiento y validación. Asimismo, ellos obtuvieron un tiempo promedio de 0.215 segundos en clasificar las imágenes de tipos de cuero, mientras que nuestro modelo el tiempo promedio es de 0.03062 segundos en clasificar los tipos de bisutería, resultando un procesamiento más eficiente en la clasificación. De la misma manera, los investigadores (Liu et al., 2020) abordaron sobre la clasificación de artesanía de teñido anudado utilizando un modelo preentrenado llamado Yolov3, logrando una precisión de 99.73% en identificar los tres patrones básico del teñido anudado. Esta arquitectura es robusta para la detección precisa de objetos, pero es pesada en recursos computacionales. En contraste, a la arquitectura MobileNet resulta adecuado para contexto con recursos limitados, ya que ofrece un equilibrio entre eficiencia y rendimiento. En nuestra propia investigación, conseguimos una precisión de 90.75% en la clasificación de artesanía tipo bisutería, teniendo en cuenta aspectos como la forma, el diseño y los colores, como se muestra en la tabla del modelo de red neuronal convolucional.

**Tabla 57**

*Modelo de red neuronal convolucional*

Indicadores	Modelo de transferencia de aprendizaje
Sensibilidad	93.25%
Precisión	90.75%
Especificad	97%
Eficacia	91%

*Fuente:* Elaboración propia.

## Conclusiones

Como conclusión general, se determina que el modelo basado en redes neuronales convolucionales para clasificar artesanía en la empresa Artelix, desempeñaría en la automatización de clasificación de bisutería de productos artesanales, mejorando la eficiencia, ahorro de tiempo, reducir errores y costos operativos. A partir de este modelo, se puede integrar en sistemas inteligentes, sistemas de visión computacional y acompañado con la robótica, permitir una mejor gestión, precisión y calidad en el proceso de clasificación de bisutería para las pequeñas y medianas empresas en el sector artesanal.

Respecto al primer objetivo específico, se determina que el modelo basado en redes neuronales convolucionales tiene un impacto significativo en la eficiencia del proceso de clasificación de artesanía. La evaluación de este indicador destaca la capacidad del modelo para contribuir de manera eficaz a la automatización eficiente en la clasificación de artesanía y la calidad en la producción. Asimismo, ofrece una solución eficiente y precisa para abordar esta tarea, reduciendo la incidencia de errores. Esta perspectiva destaca el potencial de integrar el modelo en sistemas inteligentes, sino que también abre oportunidades para su aplicación en entornos de robótica, promoviendo una mejora en la eficiencia y precisión en la clasificación de productos artesanales.

Finalmente, para el segundo objetivo específico, se determina que el modelo basado en redes neuronales convolucionales impacta significativamente en el tiempo del proceso de clasificación de artesanía. A medida que el modelo continúe su proceso de aprendizaje y la integración de este modelo en sistemas inteligentes o visión computacional será esencial para su utilidad práctica y aporte efectivo en la automatización de procesos. Este enfoque tiene la perspectiva de optimizar la productividad en futuras implementaciones, especialmente en pequeñas y medianas empresas del sector artesanal.

## Limitaciones

Durante la investigación, se identificaron las siguientes limitaciones:

- Una limitación del estudio fue la búsqueda de antecedentes nacionales con respecto al proceso de clasificación en el rubro del sector artesanal. Esto evidencia en la necesidad de futuras investigaciones que se centren en la realidad y desafíos del sector artesanal a nivel nacional, contribuyendo así a cerrar esta brecha de conocimiento.
- Se identifica como una limitación en nuestro estudio la cantidad de imágenes utilizadas para la creación del conjunto de datos, la cual fue de 2000 imágenes. Para futuras investigaciones, se sugiere aumentar a una cantidad de 5000 imágenes con el fin de mejorar la robustez y precisión del modelo.
- Por otro lado, es necesario mencionar una limitación con la resolución de las imágenes en nuestro estudio, inicialmente las fotos se capturaron a una resolución de 3468x4624 pixeles, pero durante el desarrollo del modelo, se redujo la resolución a 160x160 pixeles. Esta decisión se tomó en parte a las restricciones de los recursos computacionales lo que puede haber impactado en el rendimiento del modelo.
- Por último, la utilización de nuestros propios recursos computacionales se presentó como una limitación en nuestro estudio. Aunque consideramos la posibilidad de utilizar Google Colab, nos encontramos con limitaciones de uso y restricciones de pago, lo que también impactó en nuestra elección de recursos para el análisis de resultados y el desarrollo del modelo.

## Recomendaciones

Se mencionan las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones:

- Exploración de modelos o diseños propios: Se podría investigar cómo desarrollar diseños de modelos de red neuronal propios sin usar arquitecturas de transferencia de aprendizaje, con el objetivo de comparar cual modelo se obtiene un mejor resultado.
- Adaptación de modelos de transferencia de aprendizaje: Explorar la adaptación de otros modelos de transferencia de aprendizaje y comparar su eficiencia, el tiempo en tareas de clasificación similares, de tal manera pueda ofrecer una visión más completa de otras arquitecturas disponibles.
- Aumento de datos: Investigar cómo el aumento de datos, influyen en cambios del tamaño de imágenes y en el rendimiento del modelo. Además de la posibilidad de tener una mayor cantidad de imágenes para elaboración de un dataset.
- Aplicaciones prácticas: Explorar cómo los modelos de clasificación de bisutería podrían aplicarse en situaciones del mundo real, como el comercio electrónico o la manufactura, y evaluar con mayor precisión el beneficio a estas aplicaciones.
- Optimización de recursos computacionales: Investigar que estrategias de optimización más eficientes de utilizar la capacidad de hardware especializado como unidades de procesamiento gráfico (GPU), unidades de procesamiento tensorial (TPU), optimización de código y reducción de tamaños del modelo.

## REFERENCIAS

- Aguilar Alvarado, J. V., & Campoverde Molina, M. A. (2020). *Clasificación de frutas basadas en redes neuronales convolucionales* [Universidad Católica de Cuenca]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7436055>
- Annapurani. K & Divya Ravilla. (2019). CNN based Image Classification Model. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(11S), 1106-1114. <https://doi.org/10.35940/ijitee.K1225.09811S19>
- Belhi, A., Bouras, A., Al-Ali, A. K., & Sadka, A. H. (Eds.). (2021). *Data Analytics for Cultural Heritage: Current Trends and Concepts*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-66777-1>
- Benítez Aranda, S. (2009). *Cultura y desarrollo, 6: Dinámica de la artesanía latinoamericana como factor de desarrollo económico, social y cultural—UNESCO Biblioteca Digital*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000221298>
- Bobadilla, J. (2020). *Machine Learning y Deep Learning: Usando Python, Scikit y Keras*. RA-MA Editorial. <https://elibro.bibliotecaupn.elogim.com/es/ereader/upnorte/222698>
- Bonilla Carrión, C. (2020). *Redes convolucionales* [Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/115221/TFG%20DGMyE%20Bonilla%20Carri%C3%B3n%2C%20Carmelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabellos Román, L. F., Daniel Alexander Chapilliquen Nicolas, Córdova Jaramillo, D. del C., Mau Niquen, B. M., & Sánchez Huamán, L. A. (2022). *Diseño de un algoritmo de clasificación de imágenes usando redes neuronales para la correcta clasificación de residuos en la I.E. 15122 El Puente Quiroz*.
- Canelo Sotelo, C. A., & Espinoza Haro, P. C. (2021). *Redes neuronales artificiales y máquina con soporte vectorial para clasificar a los solicitantes de microcrédito* [D - Universidad

Nacional de Ingeniería].

<https://elibro.bibliotecaupn.elogim.com/es/ereader/upnorte/228395>

Casas Roma, J., Lozano Bagén, T., & Bosch Rué, A. (2020). *Deep Learning: Principios y Fundamentos*. Editorial UOC.

<https://ebookcentral.bibliotecaupn.elogim.com/lib/upnpe/detail.action?docID=7025971>

Céspedes Ordóñez, B. N. (2022). *Desarrollo de un método de identificación de personas mediante el procesamiento de imágenes digitales de la impresión palmarias* [Universidad Señor de Sipán]. <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9216>

Cuestas Camacho, J. A., Marmolejo Cueva, M. C., & Muñoz Baldi, A. D. L. A. (2022). Diseño y artesanía: Procesos creativos en el espacio público y digital de la cultura Chachi de Ecuador. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, 159, 55-61.

Dark, S. (2018). *Aprendizaje Automático, La Guía Definitiva para Principiantes para Comprender el Aprendizaje Automático*. Amazon Digital Services LLC - KDP Print EE. UU., 2018. [https://books.google.com.pe/books/about/Machine\\_Learning.html?id=t0AxvAEACAAJ&source=kp\\_book\\_description&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Machine_Learning.html?id=t0AxvAEACAAJ&source=kp_book_description&redir_esc=y)

*EXPORTACIONES DE ARTESANÍAS: ¿HACIA DÓNDE APUNTAR?* (2023). COMEXPERU - Sociedad de Comercio Exterior Del Perú. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportaciones-de-artesantias-hacia-donde-apuntar>

Ferreira, A., & Giraldi, G. (2017). Convolutional Neural Network approaches to granite tiles classification. *Expert Systems with Applications*, 84, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.04.053>

Francis, L. M., & Sreenath, N. (2019). Live detection of text in the natural environment using Convolutional Neural Network. *Future Generation Computer Systems*, 98, 444-455. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.03.054>

- Géron, A. (2017). *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow*. O' REILLY.  
[https://www.clc.hcmus.edu.vn/wp-content/uploads/2017/11/Hands\\_On\\_Machine\\_Learning\\_with\\_Scikit\\_Learn\\_and\\_TensorFlow.pdf](https://www.clc.hcmus.edu.vn/wp-content/uploads/2017/11/Hands_On_Machine_Learning_with_Scikit_Learn_and_TensorFlow.pdf)
- Gong, Y., Liu, G., Xue, Y., Li, R., & Meng, L. (2023). A survey on dataset quality in machine learning. *Information and Software Technology*, 162, 107268.  
<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2023.107268>
- Guallazaca González, C. A., & Hernandez, V. (2020). Clasificador de Productos Agrícolas para Control de Calidad basado en Machine Learning e Industria 4.0. *Revista Perspectivas*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.47187/perspectivas.vol2iss2.pp21-28.2020>
- Heras, D. (2017). Clasificador de imágenes de frutas basado en inteligencia artificial. *Killkana Técnica*, 1(2), 21. [https://doi.org/10.26871/killkana\\_tecnica.v1i2.79](https://doi.org/10.26871/killkana_tecnica.v1i2.79)
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 5° EDICIÓN*. Mc Graw Hill Education.  
<https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 6° EDICIÓN*. Mc Graw Hill Education.  
<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista- Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Kaur, R., & Doegar, A. (2022). 14 - Brain tumor segmentation using deep learning: Taxonomy, survey and challenges. En J. Chaki (Ed.), *Brain Tumor MRI Image Segmentation Using Deep Learning Techniques* (pp. 225-238). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91171-9.00003-X>
- Kingma, D., & Lei Ba, J. (2017). *Adam: A Method for Stochastic Optimization*.  
<http://arxiv.org/abs/1412.6980>

- Liu, E., Jin, Q., Liu, L., Wang, J., Yao, C., & Ying, F. (2020). An Online Community Applying CNN Technology for ICH Craftsmanship Inheritance and Preservation. *2020 IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 382-389. <https://doi.org/10.1109/ICIEA49774.2020.9101983>
- Meza Andrade, L., Ramirez Freyle, E., & Romero Zuñiga, C. (2017). Estándares de competitividad empresarial en las pymes de artesanías wayuu en el distrito turístico y cultural de Riohacha. *Revista Espacios*.
- Mihaich, F. (2014). *Aplicación de redes neuronales en la clasificación de imágenes*. <https://lc.fie.umich.mx/~a1039048f/ST/bueno%20para%20basarce.pdf>
- Moreno Pallares, M. G., & Moreno Pallares, R. R. (2020). Análisis de incidentes de tránsito mediante la calidad del modelo KNN. *Polo del Conocimiento: Revista científico*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7659383>
- Neuman, W. L. (2015). *Social research methods: Qualitative and quantitative approaches* (7th edition). Pearson Education. <http://lib.myilibrary.com?id=526927>
- Pandey, P., & Mishra Pandey, M. (2015). *RESEARCH METHODOLOGY: TOOLS AND TECHNIQUES*. <https://www.euacademic.org/BookUpload/9.pdf>
- Percimil Pino, L., & Tafur Vera, D. (2018). *SISTEMA DE VISIÓN COMPUTACIONAL MÓVIL EN LA IDENTIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE QUINUA BLANCA* [Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/15004>
- Pineda Pertuz, C. (2022). *Aprendizaje automático y profundo en Python: Una mirada hacia la inteligencia artificial*. RA-MA Editorial. <https://elibro.bibliotecaupn.elogim.com/es/ereader/upnorte/230579>

- Pokorni, S. J. (2021). Current state of the application of artificial intelligence in reliability and maintenance. *Vojnotehnicki Glasnik/Military Technical Courier*, 69(3), 578-593.
- Quintero, C., Merchán, F., Cornejo, A., & Sánchez Galán, J. (2018). Uso de Redes Neuronales Convolucionales para el Reconocimiento Automático de Imágenes de Macroinvertebrados para el Biomonitorio Participativo. *KnE Engineering*, 585-596. <https://doi.org/10.18502/keg.v3i1.1462>
- Reinoso García, Ó., Jimenez García, L., & Payá Castelló, L. (2022). *Ejemplos Prácticos de Redes Neuronales Mediante MATLAB y PYTHON*. Universidad Miguel Hernández. <https://ebookcentral.bibliotecaupn.elogim.com/lib/upnpe/reader.action?docID=30293464&query=redes+neuronales#>
- Riera Iziga, M., & Sotelo Hernández, W. (2022). *Clasificación de Imágenes Médicas para la Detección del Cáncer de mama mediante Redes Neuronales* [Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/31701>
- Rodríguez, P., & Alesanco, S. (2018). *Aplicación de redes neuronales convolucionales y recurrentes al diagnóstico de autismo a partir de resonancias magnéticas funcionales*. [https://oa.upm.es/50400/1/TFG\\_PABLO\\_RODRIGUEZ\\_SAHAGUN\\_ALESANCO.pdf](https://oa.upm.es/50400/1/TFG_PABLO_RODRIGUEZ_SAHAGUN_ALESANCO.pdf)
- Sabarís, M. (2022, octubre 20). *La artesanía de Europa*. <https://fundaciongaliciaeuropa.eu/es/proteccion-de-la-artesania-de-europa/>
- Seo, Y., & Shin, K. (2019). Hierarchical convolutional neural networks for fashion image classification. *Expert Systems with Applications*, 116, 328-339. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.09.022>
- Sharma, N., Jain, V., & Mishra, A. (2018). An Analysis Of Convolutional Neural Networks For Image Classification. *Procedia Computer Science*, 132, 377-384. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.198>

- Singh, P., Singh, N., Singh, K. K., & Singh, A. (2021). Diagnosing of disease using machine learning. *Machine Learning and the Internet of Medical Things in Healthcare*, 89-111. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821229-5.00003-3>
- Smarandache, F. (2022). *Collected Papers. Volume XI: On Physics, Artificial Intelligence, Health Issues, Decision Making, Economics, Statistics*. Infinite Study. <https://books.google.com.pe/books?id=-2OjEAAAQBAJ>
- Tena, S., Hartano, R., & Ardiyanto, I. (2022). *A New Benchmark Dataset for Indonesian Traditional Woven Fabric Image Recognition and Image Retrieval*. <https://doi.org/10.1109/ICITACEE55701.2022.9924111>
- Tianmei Guo, Jiwen Dong, & Henjian LiYunxing Gao. (2017). *Simple convolutional neural network on image classification*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8078730/>
- Valero Carreras, D., Alcaraz, J., & Landete, M. (2023). Comparing two SVM models through different metrics based on the confusion matrix. *Computers & Operations Research*, 152, 106131. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2022.106131>
- Vargas Salas, J. F. (2018). Implantación de un modelo para Clasificación Automática de Textos en Grupo Coril. *Universidad César Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33123>
- Wang, P., Fan, E., & Wang, P. (2021). Comparative analysis of image classification algorithms based on traditional machine learning and deep learning. *Pattern Recognition Letters*, 141, 61-67. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2020.07.042>
- Winiarti, S., Prahara, A., Murinto, & Ismi, D. P. (2018). *Pre-trained convolutional neural network for classification of tanning leather image*. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090129>

## ANEXOS

### Anexo N° 1. Matriz de consistencia.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿De qué manera el modelo en redes neuronales convolucionales impacta en la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix?	Determinar si el diseño en redes neuronales convolucionales impacta en la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix.	El diseño del modelo basado en redes neuronales convolucionales impacta positivamente en la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix.	Modelo redes neuronales convolucionales	<p>Eficacia: <math>T / N * 100</math>                      Donde:                      T: Resultado correctos de la evaluación de la muestra.                      N: total de muestras</p> <p>Precisión:  <math display="block">P = \frac{VP}{VP + FP}</math></p> <p>Sensibilidad:  <math display="block">S = \frac{VP}{VP + FN}</math></p> <p>Especificidad:  <math display="block">E = \frac{VN}{VN + FP}</math></p>	<p><b>Tipo de investigación:</b>                      Aplicada</p> <p><b>Diseño de la investigación:</b>                      Experimental</p> <p><b>Tipo:</b> Pre-Exp</p> <p><b>Población:</b>                      2000 imágenes</p> <p><b>Muestra:</b>                      323 imágenes</p> <p><b>Técnica:</b>                      Observación</p> <p><b>Instrumento:</b>                      Ficha de observación</p>

PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPÓTESIS ESPECIFICO	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES
¿De qué manera el modelo en redes neuronales convolucionales impacta en la eficiencia de la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix?	Determinar si el diseño en redes neuronales convolucionales impacta en la eficiencia de la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix.	El diseño del modelo basado en redes neuronales convolucionales impacta significativamente en la eficiencia de la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix.	Clasificación de imágenes	Eficiencia= clasificación correcta del producto/ tiempo
¿De qué manera el modelo en redes neuronales convolucionales impacta en el tiempo de la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix?	Determinar si el diseño en redes neuronales convolucionales impacta en el tiempo de la clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix.	El diseño del modelo basado en redes neuronales convolucionales impacta significativamente en el tiempo de clasificación de imágenes de artesanía en la empresa Artelix.		Tiempo=segundos

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo N° 2. Matriz de operacionalización.**

<b>MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN</b>			
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
<p>Modelo redes neuronales convolucionales</p>	<p>Según Reinoso García et al. (2022) , indica que las redes neuronales convolucionales o CNN están diseñadas específicamente para reconocer y clasificar a partir de imágenes que se utilizan como entrada.</p> <p>Además Casas Roma et al.(2020),menciona que para evaluar un modelo de clasificación, existen métricas que son un conjunto de medidas que permiten evaluar la calidad de un modelo de clasificación.</p> <p>Por últimos, los autores Percimil Pi&amp; Tafur (2018) usaron el indicador de eficacia para verificar el rendimiento del algoritmo. Del mismo modo , el autor Heras (2017) utiliza la eficacia para evaluar el rendimiento del modelo basado en inteligencia artificial.</p>	<p>El algoritmo entrega el resultado a través de un reporte donde se la encuentra la matriz de confusión y los valores de cada indicador (precisión, sensibilidad y especificidad).</p> <p>Para calcular la eficacia del modelo se toma en cuenta las clasificaciones correctas a partir de la matriz de confusión.</p>	<p>Eficacia: <math>T / N * 100</math></p> <p>Donde:</p> <p>T: Resultado correctos de la evaluación de la muestra.</p> <p>N: total de muestras</p> <p>Precisión:</p> $P = \frac{VP}{VP + FP}$ <p>Sensibilidad:</p> $S = \frac{VP}{VP + FN}$ <p>Especificidad:</p> $E = \frac{VN}{VN + FP}$

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
Clasificación de imágenes	<p>Heras (2017), destaca la importancia de la clasificación de imágenes en la automatización de tareas dentro de una empresa. El análisis de imágenes ofrece soluciones en diversos sectores como la industria, la ciencia y la seguridad. En este contexto, la imagen se convierte en un componente fundamental, y la automatización de la clasificación que ayuda a reducir el riesgo de errores humanos como el cansancio.</p> <p>Además los autores , Aguilar &amp; Campoverde (2020) , enfatizan que la clasificación desempeña en la optimización de procesos industriales. La validación de los tiempos de respuesta, determinan la eficiencia y constituyen la base para el desarrollo de sistemas autónomos encargados en las tareas de clasificación.</p>	<p>Para la recolección de datos se hace uso de una ficha de observación para calcular el tiempo y la eficiencia en la clasificación manual y en el modelo.</p>	<p>Eficiencia = clasificación correcta del producto/tiempo (la eficiencia en la clasificación de cada producto)</p>
			<p>Tiempo= segundos.</p>

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N° 3. Validación de juicio de expertos

#### VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS

Apellidos y Nombres del experto: Juan Ricardo Tapia Carbajal

Título y/o Grado académico: **Doctor ( ) Magister (X)** Fecha: 01/12/2023

Título de la investigación: **Modelo basado en redes neuronales convolucionales para clasificar artesanía en la empresa Artelix**

Nombre del instrumento: **Ficha de observación**

Motivo de evaluación: **Indicador eficiencia y tiempo**

Indicador	Fórmula	Descripción
Eficiencia	$E = \text{Clasificación correcta del producto} / \text{tiempo}$	Se da un valor de "1" cuando se realiza una clasificación correcta y "0" cuando es una clasificación incorrecta. Con esta fórmula se calcula la eficiencia en la velocidad de clasificación del producto.
Tiempo	T=segundos	Es el tiempo que se realiza en la clasificación del producto.

#### Aspectos de la validación

Marque con una (X) para validar el instrumento utilizado en esta investigación.

CRITERIOS	Si	No
La fórmula utilizada para calcular la eficiencia y tiempo es apropiada.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El instrumento utilizado para recopilar datos sobre los indicadores eficiencia y tiempo es adecuado para el tipo de investigación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El instrumento es adecuado al avance de la ciencia y tecnología para la clasificación automatizada de productos de artesanía.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Observaciones:

---

---

---

---

---

Firma del experto:



**VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS**

Apellidos y Nombres del experto: Mg. Fernandez Tello Zanelly

Título y/o Grado académico: Doctor ( ) **Magister (X)** Fecha: 01/12/2023

Título de la investigación: Modelo basado en redes neuronales convolucionales para clasificar artesanía en la empresa Artelix

Nombre del instrumento: Ficha de observación

Motivo de evaluación: Indicador eficiencia y tiempo

Indicador	Fórmula	Descripción
Eficiencia	E= Clasificación correcta del producto / tiempo	Se da un valor de "1" cuando se realiza una clasificación correcta y "0" cuando es una clasificación incorrecta. Con esta fórmula se calcula la eficiencia en la velocidad de clasificación del producto.
Tiempo	T=segundos	Es el tiempo que se realiza en la clasificación del producto.

**Aspectos de la validación**

Marque con una (X) para validar el instrumento utilizado en esta investigación.

CRITERIOS	Si	No
La fórmula utilizada para calcular la eficiencia y tiempo es apropiada.	<u>X</u>	
El instrumento utilizado para recopilar datos sobre los indicadores eficiencia y tiempo es adecuado para el tipo de investigación.	<u>X</u>	
El instrumento es adecuado al avance de la ciencia y tecnología para la clasificación automatizada de productos de artesanía.	<u>X</u>	

Observaciones:

\_\_\_\_\_

Firma del experto:  \_\_\_\_\_

**Anexo N° 4. Ficha de observación del pre test del indicador eficiencia.**

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DEL INDICADOR EFICIENCIA</b>			
Investigadores:	Jurado Moreno Pedro Manuel Antonio Jurado Moreno Pedro Jesús		
Título de la investigación:	Modelo basado en redes neuronales convolucionales para clasificar artesanía en la empresa Artelix		
Organización:	Artesanía Artelix		
Dirección:	Jr. las lajas nro. 872 urb. Inca Manco Capac, San Juan de Lurigancho		
Levantamiento De información	PRE-TEST	Fecha inicio:	05/06/2023
		Fecha fin:	09/06/2023
Descripción: La clasificación de artesanía lo realizan de manera manual, teniendo en consideración ciertas categorías (anillos, aretes, collares y pulseras) <b>Eficiencia = clasificación correcta del producto / tiempo</b>			

Nro.	Producto	Clasificación	Correcto	Tiempo	Eficiencia
1	producto 1	anillos	1	4 segundos	0.25
2	producto 2	anillos	1	4 segundos	0.25
3	producto 3	anillos	1	4 segundos	0.25
4	producto 4	anillos	1	5 segundos	0.20
5	producto 5	anillos	1	4 segundos	0.25
6	producto 6	anillos	1	4 segundos	0.25
7	producto 7	anillos	1	4 segundos	0.25
8	producto 8	anillos	1	4 segundos	0.25
9	producto 9	anillos	1	4 segundos	0.25
10	producto 10	anillos	1	4 segundos	0.25
11	producto 11	anillos	1	4 segundos	0.25
12	producto 12	anillos	1	4 segundos	0.25
13	producto 13	anillos	1	4 segundos	0.25
14	producto 14	anillos	1	4 segundos	0.25
15	producto 15	anillos	1	4 segundos	0.25
16	producto 16	anillos	1	4 segundos	0.25
17	producto 17	anillos	1	4 segundos	0.25
18	producto 18	anillos	1	5 segundos	0.20
19	producto 19	anillos	1	5 segundos	0.20
20	producto 20	anillos	1	4 segundos	0.25
21	producto 21	anillos	1	4 segundos	0.25
22	producto 22	anillos	1	4 segundos	0.25
23	producto 23	anillos	1	4 segundos	0.25
24	producto 24	anillos	1	4 segundos	0.25

25	producto 25	anillos	1	4 segundos	0.25
26	producto 26	anillos	1	4 segundos	0.25
27	producto 27	anillos	1	4 segundos	0.25
28	producto 28	anillos	1	4 segundos	0.25
29	producto 29	anillos	1	5 segundos	0.20
30	producto 30	anillos	1	5 segundos	0.20
31	producto 31	anillos	1	4 segundos	0.25
32	producto 32	anillos	1	4 segundos	0.25
33	producto 33	anillos	1	4 segundos	0.25
34	producto 34	anillos	1	5 segundos	0.20
35	producto 35	anillos	1	4 segundos	0.25
36	producto 36	anillos	1	4 segundos	0.25
37	producto 37	anillos	1	4 segundos	0.25
38	producto 38	anillos	1	4 segundos	0.25
39	producto 39	anillos	1	5 segundos	0.20
40	producto 40	anillos	1	4 segundos	0.25
41	producto 41	anillos	1	4 segundos	0.25
42	producto 42	anillos	1	4 segundos	0.25
43	producto 43	anillos	1	4 segundos	0.25
44	producto 44	anillos	1	4 segundos	0.25
45	producto 45	anillos	1	4 segundos	0.25
46	producto 46	anillos	1	5 segundos	0.20
47	producto 47	anillos	1	4 segundos	0.25
48	producto 48	anillos	1	4 segundos	0.25
49	producto 49	anillos	1	4 segundos	0.25
50	producto 50	anillos	1	4 segundos	0.25
51	producto 51	anillos	1	4 segundos	0.25
52	producto 52	anillos	1	5 segundos	0.20
53	producto 53	anillos	1	4 segundos	0.25
54	producto 54	anillos	1	4 segundos	0.25
55	producto 55	anillos	1	4 segundos	0.25
56	producto 56	anillos	1	5 segundos	0.20
57	producto 57	anillos	1	4 segundos	0.25
58	producto 58	anillos	1	4 segundos	0.25
59	producto 59	anillos	1	4 segundos	0.25
60	producto 60	anillos	1	4 segundos	0.25
61	producto 61	anillos	1	4 segundos	0.25
62	producto 62	anillos	1	4 segundos	0.25
63	producto 63	anillos	1	5 segundos	0.20
64	producto 64	anillos	1	4 segundos	0.25
65	producto 65	anillos	1	4 segundos	0.25
66	producto 66	anillos	1	4 segundos	0.25
67	producto 67	anillos	1	4 segundos	0.25

68	producto 68	anillos	1	5 segundos	0.20
69	producto 69	anillos	1	4 segundos	0.25
70	producto 70	anillos	1	4 segundos	0.25
71	producto 71	anillos	1	4 segundos	0.25
72	producto 72	anillos	1	5 segundos	0.20
73	producto 73	anillos	1	4 segundos	0.25
74	producto 74	anillos	1	4 segundos	0.25
75	producto 75	anillos	1	4 segundos	0.25
76	producto 76	anillos	1	5 segundos	0.20
77	producto 77	anillos	1	4 segundos	0.25
78	producto 78	anillos	1	4 segundos	0.25
79	producto 79	anillos	1	5 segundos	0.20
80	producto 80	anillos	1	4 segundos	0.25
81	producto 81	anillos	1	4 segundos	0.25
82	producto 82	aretes	1	4 segundos	0.25
83	producto 83	aretes	1	4 segundos	0.25
84	producto 84	aretes	1	4 segundos	0.25
85	producto 85	aretes	1	4 segundos	0.25
86	producto 86	aretes	1	5 segundos	0.20
87	producto 87	aretes	1	4 segundos	0.25
88	producto 88	aretes	1	4 segundos	0.25
89	producto 89	aretes	1	4 segundos	0.25
90	producto 90	aretes	1	4 segundos	0.25
91	producto 91	aretes	1	4 segundos	0.25
92	producto 92	aretes	1	5 segundos	0.20
93	producto 93	aretes	1	4 segundos	0.25
94	producto 94	aretes	1	4 segundos	0.25
95	producto 95	aretes	1	4 segundos	0.25
96	producto 96	aretes	1	4 segundos	0.25
97	producto 97	aretes	1	4 segundos	0.25
98	producto 98	aretes	1	4 segundos	0.25
99	producto 99	aretes	1	4 segundos	0.25
100	producto 100	aretes	1	5 segundos	0.20
101	producto 101	aretes	1	5 segundos	0.20
102	producto 102	aretes	1	4 segundos	0.25
103	producto 103	aretes	1	4 segundos	0.25
104	producto 104	aretes	1	4 segundos	0.25
105	producto 105	aretes	1	5 segundos	0.20
106	producto 106	aretes	1	4 segundos	0.25
107	producto 107	aretes	1	5 segundos	0.20
108	producto 108	aretes	1	5 segundos	0.20
109	producto 109	aretes	1	5 segundos	0.20
110	producto 110	aretes	1	5 segundos	0.20

111	producto 111	aretes	1	4 segundos	0.25
112	producto 112	aretes	1	5 segundos	0.20
113	producto 113	aretes	1	4 segundos	0.25
114	producto 114	aretes	1	5 segundos	0.20
115	producto 115	aretes	1	4 segundos	0.25
116	producto 116	aretes	1	4 segundos	0.25
117	producto 117	aretes	1	4 segundos	0.25
118	producto 118	aretes	1	4 segundos	0.25
119	producto 119	aretes	1	4 segundos	0.25
120	producto 120	aretes	1	4 segundos	0.25
121	producto 121	aretes	1	4 segundos	0.25
122	producto 122	aretes	1	4 segundos	0.25
123	producto 123	aretes	1	4 segundos	0.25
124	producto 124	aretes	1	4 segundos	0.25
125	producto 125	aretes	1	5 segundos	0.20
126	producto 126	aretes	1	4 segundos	0.25
127	producto 127	aretes	1	4 segundos	0.25
128	producto 128	aretes	1	4 segundos	0.25
129	producto 129	aretes	1	4 segundos	0.25
130	producto 130	aretes	1	4 segundos	0.25
131	producto 131	aretes	1	4 segundos	0.25
132	producto 132	aretes	1	4 segundos	0.25
133	producto 133	aretes	1	4 segundos	0.25
134	producto 134	aretes	1	5 segundos	0.20
135	producto 135	aretes	1	4 segundos	0.25
136	producto 136	aretes	1	4 segundos	0.25
137	producto 137	aretes	1	4 segundos	0.25
138	producto 138	aretes	1	4 segundos	0.25
139	producto 139	aretes	1	4 segundos	0.25
140	producto 140	aretes	1	4 segundos	0.25
141	producto 141	aretes	1	4 segundos	0.25
142	producto 142	aretes	1	4 segundos	0.25
143	producto 143	aretes	1	5 segundos	0.20
144	producto 144	aretes	1	4 segundos	0.25
145	producto 145	aretes	1	5 segundos	0.20
146	producto 146	aretes	1	4 segundos	0.25
147	producto 147	aretes	1	4 segundos	0.25
148	producto 148	aretes	1	4 segundos	0.25
149	producto 149	aretes	1	4 segundos	0.25
150	producto 150	aretes	1	5 segundos	0.20
151	producto 151	aretes	1	4 segundos	0.25
152	producto 152	aretes	1	4 segundos	0.25
153	producto 153	aretes	1	4 segundos	0.25

154	producto 154	aretes	1	4 segundos	0.25
155	producto 155	aretes	1	5 segundos	0.20
156	producto 156	aretes	1	4 segundos	0.25
157	producto 157	aretes	1	4 segundos	0.25
158	producto 158	aretes	1	4 segundos	0.25
159	producto 159	aretes	1	4 segundos	0.25
160	producto 160	aretes	1	4 segundos	0.25
161	producto 161	aretes	1	4 segundos	0.25
162	producto 162	aretes	1	4 segundos	0.25
163	producto 163	collares	1	4 segundos	0.25
164	producto 164	collares	1	4 segundos	0.25
165	producto 165	collares	1	4 segundos	0.25
166	producto 166	collares	1	4 segundos	0.25
167	producto 167	collares	1	4 segundos	0.25
168	producto 168	collares	1	5 segundos	0.20
169	producto 169	collares	1	4 segundos	0.25
170	producto 170	collares	1	4 segundos	0.25
171	producto 171	collares	1	4 segundos	0.25
172	producto 172	collares	1	4 segundos	0.25
173	producto 173	collares	1	4 segundos	0.25
174	producto 174	collares	1	4 segundos	0.25
175	producto 175	collares	1	4 segundos	0.25
176	producto 176	collares	1	4 segundos	0.25
177	producto 177	collares	1	4 segundos	0.25
178	producto 178	collares	1	4 segundos	0.25
179	producto 179	collares	1	4 segundos	0.25
180	producto 180	collares	1	4 segundos	0.25
181	producto 181	collares	1	5 segundos	0.20
182	producto 182	collares	1	4 segundos	0.25
183	producto 183	collares	1	4 segundos	0.25
184	producto 184	collares	1	5 segundos	0.20
185	producto 185	collares	1	4 segundos	0.25
186	producto 186	collares	1	4 segundos	0.25
187	producto 187	collares	1	5 segundos	0.20
188	producto 188	collares	1	4 segundos	0.25
189	producto 189	collares	1	4 segundos	0.25
190	producto 190	collares	1	4 segundos	0.25
191	producto 191	collares	1	4 segundos	0.25
192	producto 192	collares	1	4 segundos	0.25
193	producto 193	collares	1	4 segundos	0.25
194	producto 194	collares	1	5 segundos	0.20
195	producto 195	collares	1	4 segundos	0.25
196	producto 196	collares	1	4 segundos	0.25

197	producto 197	collares	1	4 segundos	0.25
198	producto 198	collares	1	4 segundos	0.25
199	producto 199	collares	1	5 segundos	0.20
200	producto 200	collares	1	4 segundos	0.25
201	producto 201	collares	1	4 segundos	0.25
202	producto 202	collares	1	4 segundos	0.25
203	producto 203	collares	1	4 segundos	0.25
204	producto 204	collares	1	4 segundos	0.25
205	producto 205	collares	1	4 segundos	0.25
206	producto 206	collares	1	5 segundos	0.20
207	producto 207	collares	1	4 segundos	0.25
208	producto 208	collares	1	4 segundos	0.25
209	producto 209	collares	1	5 segundos	0.20
210	producto 210	collares	1	5 segundos	0.20
211	producto 211	collares	1	4 segundos	0.25
212	producto 212	collares	1	4 segundos	0.25
213	producto 213	collares	1	5 segundos	0.20
214	producto 214	collares	1	4 segundos	0.25
215	producto 215	collares	1	4 segundos	0.25
216	producto 216	collares	1	4 segundos	0.25
217	producto 217	collares	1	4 segundos	0.25
218	producto 218	collares	1	4 segundos	0.25
219	producto 219	collares	1	4 segundos	0.25
220	producto 220	collares	1	5 segundos	0.20
221	producto 221	collares	1	4 segundos	0.25
222	producto 222	collares	1	4 segundos	0.25
223	producto 223	collares	1	4 segundos	0.25
224	producto 224	collares	1	4 segundos	0.25
225	producto 225	collares	1	4 segundos	0.25
226	producto 226	collares	1	4 segundos	0.25
227	producto 227	collares	1	5 segundos	0.20
228	producto 228	collares	1	4 segundos	0.25
229	producto 229	collares	1	4 segundos	0.25
230	producto 230	collares	1	4 segundos	0.25
231	producto 231	collares	1	4 segundos	0.25
232	producto 232	collares	1	4 segundos	0.25
233	producto 233	collares	1	4 segundos	0.25
234	producto 234	collares	1	4 segundos	0.25
235	producto 235	collares	1	4 segundos	0.25
236	producto 236	collares	1	4 segundos	0.25
237	producto 237	collares	1	5 segundos	0.20
238	producto 238	collares	1	4 segundos	0.25
239	producto 239	collares	1	4 segundos	0.25

240	producto 240	collares	1	5 segundos	0.20
241	producto 241	collares	1	4 segundos	0.25
242	producto 242	collares	1	4 segundos	0.25
243	producto 243	collares	1	4 segundos	0.25
244	producto 244	pulseras	1	4 segundos	0.25
245	producto 245	pulseras	1	4 segundos	0.25
246	producto 246	pulseras	1	4 segundos	0.25
247	producto 247	pulseras	1	4 segundos	0.25
248	producto 248	pulseras	1	5 segundos	0.20
249	producto 249	pulseras	1	4 segundos	0.25
250	producto 250	pulseras	1	4 segundos	0.25
251	producto 251	pulseras	1	4 segundos	0.25
252	producto 252	pulseras	1	4 segundos	0.25
253	producto 253	pulseras	1	5 segundos	0.20
254	producto 254	pulseras	1	4 segundos	0.25
255	producto 255	pulseras	1	4 segundos	0.25
256	producto 256	pulseras	1	4 segundos	0.25
257	producto 257	pulseras	1	4 segundos	0.25
258	producto 258	pulseras	1	4 segundos	0.25
259	producto 259	pulseras	1	4 segundos	0.25
260	producto 260	pulseras	1	4 segundos	0.25
261	producto 261	pulseras	1	4 segundos	0.25
262	producto 262	pulseras	1	4 segundos	0.25
263	producto 263	pulseras	1	4 segundos	0.25
264	producto 264	pulseras	1	4 segundos	0.25
265	producto 265	pulseras	1	5 segundos	0.20
266	producto 266	pulseras	1	4 segundos	0.25
267	producto 267	pulseras	1	4 segundos	0.25
268	producto 268	pulseras	1	4 segundos	0.25
269	producto 269	pulseras	1	4 segundos	0.25
270	producto 270	pulseras	1	4 segundos	0.25
271	producto 271	pulseras	1	4 segundos	0.25
272	producto 272	pulseras	1	4 segundos	0.25
273	producto 273	pulseras	1	4 segundos	0.25
274	producto 274	pulseras	1	4 segundos	0.25
275	producto 275	pulseras	1	4 segundos	0.25
276	producto 276	pulseras	1	5 segundos	0.20
277	producto 277	pulseras	1	4 segundos	0.25
278	producto 278	pulseras	1	4 segundos	0.25
279	producto 279	pulseras	1	4 segundos	0.25
280	producto 280	pulseras	1	4 segundos	0.25
281	producto 281	pulseras	1	4 segundos	0.25
282	producto 282	pulseras	1	4 segundos	0.25

283	producto 283	pulseras	1	4 segundos	0.25
284	producto 284	pulseras	1	4 segundos	0.25
285	producto 285	pulseras	1	4 segundos	0.25
286	producto 286	pulseras	1	5 segundos	0.20
287	producto 287	pulseras	1	4 segundos	0.25
288	producto 288	pulseras	1	4 segundos	0.25
289	producto 289	pulseras	1	4 segundos	0.25
290	producto 290	pulseras	1	4 segundos	0.25
291	producto 291	pulseras	1	4 segundos	0.25
292	producto 292	pulseras	1	4 segundos	0.25
293	producto 293	pulseras	1	4 segundos	0.25
294	producto 294	pulseras	1	4 segundos	0.25
295	producto 295	pulseras	1	4 segundos	0.25
296	producto 296	pulseras	1	4 segundos	0.25
297	producto 297	pulseras	1	4 segundos	0.25
298	producto 298	pulseras	1	4 segundos	0.25
299	producto 299	pulseras	1	4 segundos	0.25
300	producto 300	pulseras	1	4 segundos	0.25
301	producto 301	pulseras	1	5 segundos	0.20
302	producto 302	pulseras	1	4 segundos	0.25
303	producto 303	pulseras	1	4 segundos	0.25
304	producto 304	pulseras	1	4 segundos	0.25
305	producto 305	pulseras	1	4 segundos	0.25
306	producto 306	pulseras	1	5 segundos	0.20
307	producto 307	pulseras	1	5 segundos	0.20
308	producto 308	pulseras	1	4 segundos	0.25
309	producto 309	pulseras	1	4 segundos	0.25
310	producto 310	pulseras	1	4 segundos	0.25
311	producto 311	pulseras	1	5 segundos	0.20
312	producto 312	pulseras	1	5 segundos	0.20
313	producto 313	pulseras	1	5 segundos	0.20
314	producto 314	pulseras	1	4 segundos	0.25
315	producto 315	pulseras	1	4 segundos	0.25
316	producto 316	pulseras	1	4 segundos	0.25
317	producto 317	pulseras	1	4 segundos	0.25
318	producto 318	pulseras	1	4 segundos	0.25
319	producto 319	pulseras	1	5 segundos	0.20
320	producto 320	pulseras	1	4 segundos	0.25
321	producto 321	pulseras	1	4 segundos	0.25
322	producto 322	pulseras	1	4 segundos	0.25
323	producto 323	pulseras	1	4 segundos	0.25

**Anexo N° 5. Ficha de observación del post test del indicador eficiencia.**

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DEL INDICADOR EFICIENCIA</b>			
Investigadores	Jurado Moreno Pedro Manuel Antonio Jurado Moreno Pedro Jesús		
Título de la investigación:	Modelo basado en redes neuronales convolucionales para clasificar artesanía en la empresa Artelix		
Organización:	Artesanía Artelix		
Dirección:	Jr. las lajas nro. 872 urb. Inca Manco Capac, San Juan de Lurigancho		
Levantamiento De información	POST-TEST	Fecha inicio:	12/09/2023
		Fecha fin:	13/09/2023
Descripción: Se crea un modelo de red neuronal convolucional, que emplea las imágenes de los productos con la finalidad de clasificarlo en su categoría correspondiente. Los resultados son generados por el dicho modelo. <b>Eficiencia = clasificación correcta del producto / tiempo</b>			

Nro.	Imagen del producto	Clasificación	Correcto	Tiempo	Eficiencia
1	anillos 100.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
2	anillos 111.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
3	anillos 114.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33
4	anillos 118.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33
5	anillos 130.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33
6	anillos 135.png	anillos	1	0.027 segundos	37.04
7	anillos 137.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
8	anillos 147.png	anillos	1	0.056 segundos	17.86
9	anillos 154.png	anillos	1	0.027 segundos	37.04
10	anillos 16.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
11	anillos 166.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
12	anillos 17.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
13	anillos 19.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33
14	anillos 2.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
15	anillos 20.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
16	anillos 208.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
17	anillos 264.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
18	anillos 274.png	anillos	1	0.027 segundos	37.04
19	anillos 286.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
20	anillos 29.png	anillos	1	0.027 segundos	37.04
21	anillos 31.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
22	anillos 311.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
23	anillos 312.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
24	anillos 315.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71

25	anillos 317.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
26	anillos 318.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
27	anillos 319.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
28	anillos 320.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33
29	anillos 336.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
30	anillos 338.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33
31	anillos 354.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
32	anillos 362.png	aretes	0	0.029 segundos	0.00
33	anillos 375.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
34	anillos 377.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
35	anillos 379.png	anillos	1	0.027 segundos	37.04
36	anillos 38.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
37	anillos 380.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
38	anillos 383.png	aretes	0	0.028 segundos	0.00
39	anillos 404.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
40	anillos 406.png	aretes	0	0.04 segundos	0.00
41	anillos 41.png	anillos	1	0.038 segundos	26.32
42	anillos 412.png	anillos	1	0.033 segundos	30.30
43	anillos 426.png	anillos	1	0.04 segundos	25.00
44	anillos 43.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
45	anillos 431.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33
46	anillos 436.png	anillos	1	0.031 segundos	32.26
47	anillos 44.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33
48	anillos 440.png	anillos	1	0.044 segundos	22.73
49	anillos 441.png	anillos	1	0.036 segundos	27.78
50	anillos 442.png	anillos	1	0.031 segundos	32.26
51	anillos 443.png	aretes	0	0.03 segundos	0.00
52	anillos 444.png	aretes	0	0.03 segundos	0.00
53	anillos 445.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
54	anillos 446.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33
55	anillos 447.png	anillos	1	0.037 segundos	27.03
56	anillos 448.png	anillos	1	0.032 segundos	31.25
57	anillos 449.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
58	anillos 450.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
59	anillos 455.png	anillos	1	0.028 segundos	35.71
60	anillos 456.png	anillos	1	0.034 segundos	29.41
61	anillos 457.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
62	anillos 458.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
63	anillos 459.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33
64	anillos 469.png	anillos	1	0.031 segundos	32.26
65	anillos 474.png	anillos	1	0.031 segundos	32.26
66	anillos 482.png	anillos	1	0.031 segundos	32.26
67	anillos 485.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33

68	anillos 487.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33
69	anillos 498.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
70	anillos 5.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33
71	anillos 50.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33
72	anillos 54.png	anillos	1	0.032 segundos	31.25
73	anillos 55.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
74	anillos 6.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
75	anillos 66.png	anillos	1	0.033 segundos	30.30
76	anillos 73.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
77	anillos 79.png	anillos	1	0.032 segundos	31.25
78	anillos 81.png	anillos	1	0.031 segundos	32.26
79	anillos 89.png	anillos	1	0.03 segundos	33.33
80	anillos 9.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
81	anillos 99.png	anillos	1	0.029 segundos	34.48
82	aretes 1.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
83	aretes 10.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
84	aretes 100.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
85	aretes 105.png	aretes	1	0.03 segundos	33.33
86	aretes 106.png	aretes	1	0.031 segundos	32.26
87	aretes 11.png	aretes	1	0.034 segundos	29.41
88	aretes 116.png	aretes	1	0.032 segundos	31.25
89	aretes 12.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
90	aretes 122.png	aretes	1	0.031 segundos	32.26
91	aretes 13.png	aretes	1	0.03 segundos	33.33
92	aretes 130.png	aretes	1	0.032 segundos	31.25
93	aretes 137.png	aretes	1	0.032 segundos	31.25
94	aretes 139.png	aretes	1	0.03 segundos	33.33
95	aretes 14.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
96	aretes 140.png	aretes	1	0.033 segundos	30.30
97	aretes 141.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
98	aretes 15.png	aretes	1	0.033 segundos	30.30
99	aretes 16.png	aretes	1	0.03 segundos	33.33
100	aretes 160.png	aretes	1	0.028 segundos	35.71
101	aretes 162.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
102	aretes 17.png	aretes	1	0.033 segundos	30.30
103	aretes 177.png	aretes	1	0.03 segundos	33.33
104	aretes 18.png	aretes	1	0.028 segundos	35.71
105	aretes 183.png	aretes	1	0.03 segundos	33.33
106	aretes 19.png	aretes	1	0.031 segundos	32.26
107	aretes 2.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
108	aretes 20.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
109	aretes 200.png	aretes	1	0.032 segundos	31.25
110	aretes 207.png	aretes	1	0.032 segundos	31.25

111	aretes 21.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
112	aretes 216.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
113	aretes 22.png	aretes	1	0.028 segundos	35.71
114	aretes 221.png	aretes	1	0.036 segundos	27.78
115	aretes 23.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
116	aretes 231.png	aretes	1	0.03 segundos	33.33
117	aretes 233.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
118	aretes 24.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
119	aretes 25.png	aretes	1	0.031 segundos	32.26
120	aretes 26.png	aretes	1	0.03 segundos	33.33
121	aretes 260.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
122	aretes 27.png	aretes	1	0.028 segundos	35.71
123	aretes 273.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
124	aretes 28.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
125	aretes 289.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
126	aretes 29.png	aretes	1	0.032 segundos	31.25
127	aretes 293.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
128	aretes 3.png	aretes	1	0.031 segundos	32.26
129	aretes 30.png	aretes	1	0.03 segundos	33.33
130	aretes 303.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
131	aretes 31.png	aretes	1	0.03 segundos	33.33
132	aretes 32.png	aretes	1	0.031 segundos	32.26
133	aretes 325.png	aretes	1	0.028 segundos	35.71
134	aretes 33.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
135	aretes 339.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
136	aretes 34.png	aretes	1	0.033 segundos	30.30
137	aretes 355.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
138	aretes 377.png	aretes	1	0.03 segundos	33.33
139	aretes 4.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
140	aretes 400.png	aretes	1	0.031 segundos	32.26
141	aretes 416.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
142	aretes 429.png	aretes	1	0.031 segundos	32.26
143	aretes 435.png	aretes	1	0.033 segundos	30.30
144	aretes 440.png	aretes	1	0.04 segundos	25.00
145	aretes 443.png	aretes	1	0.032 segundos	31.25
146	aretes 461.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
147	aretes 476.png	aretes	1	0.03 segundos	33.33
148	aretes 481.png	aretes	1	0.035 segundos	28.57
149	aretes 488.png	aretes	1	0.034 segundos	29.41
150	aretes 491.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
151	aretes 499.png	aretes	1	0.031 segundos	32.26
152	aretes 5.png	aretes	1	0.032 segundos	31.25
153	aretes 50.png	aretes	1	0.028 segundos	35.71

154	aretes 6.png	aretes	1	0.031 segundos	32.26
155	aretes 64.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
156	aretes 79.png	aretes	1	0.028 segundos	35.71
157	aretes 86.png	aretes	1	0.03 segundos	33.33
158	aretes 87.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
159	aretes 88.png	aretes	1	0.036 segundos	27.78
160	aretes 92.png	aretes	1	0.031 segundos	32.26
161	aretes 93.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
162	aretes 94.png	aretes	1	0.029 segundos	34.48
163	collares 1.png	collares	1	0.028 segundos	35.71
164	collares 10.png	collares	1	0.027 segundos	37.04
165	collares 113.png	collares	1	0.028 segundos	35.71
166	collares 13.png	collares	1	0.028 segundos	35.71
167	collares 14.png	collares	1	0.027 segundos	37.04
168	collares 140.png	collares	1	0.028 segundos	35.71
169	collares 141.png	collares	1	0.029 segundos	34.48
170	collares 15.png	collares	1	0.028 segundos	35.71
171	collares 16.png	collares	1	0.027 segundos	37.04
172	collares 162.png	collares	1	0.028 segundos	35.71
173	collares 177.png	collares	1	0.031 segundos	32.26
174	collares 182.png	collares	1	0.03 segundos	33.33
175	collares 19.png	collares	1	0.031 segundos	32.26
176	collares 2.png	collares	1	0.029 segundos	34.48
177	collares 20.png	collares	1	0.03 segundos	33.33
178	collares 202.png	collares	1	0.032 segundos	31.25
179	collares 21.png	collares	1	0.031 segundos	32.26
180	collares 22.png	collares	1	0.029 segundos	34.48
181	collares 228.png	collares	1	0.03 segundos	33.33
182	collares 25.png	collares	1	0.032 segundos	31.25
183	collares 254.png	collares	1	0.03 segundos	33.33
184	collares 28.png	collares	1	0.036 segundos	27.78
185	collares 282.png	collares	1	0.032 segundos	31.25
186	collares 285.png	collares	1	0.033 segundos	30.30
187	collares 29.png	collares	1	0.034 segundos	29.41
188	collares 297.png	collares	1	0.034 segundos	29.41
189	collares 3.png	collares	1	0.03 segundos	33.33
190	collares 305.png	collares	1	0.031 segundos	32.26
191	collares 308.png	collares	1	0.03 segundos	33.33
192	collares 317.png	collares	1	0.03 segundos	33.33
193	collares 33.png	collares	1	0.03 segundos	33.33
194	collares 335.png	collares	1	0.029 segundos	34.48
195	collares 34.png	collares	1	0.03 segundos	33.33
196	collares 354.png	collares	1	0.03 segundos	33.33

197	collares 371.png	collares	1	0.03 segundos	33.33
198	collares 383.png	collares	1	0.031 segundos	32.26
199	collares 39.png	collares	1	0.029 segundos	34.48
200	collares 4.png	collares	1	0.029 segundos	34.48
201	collares 41.png	collares	1	0.03 segundos	33.33
202	collares 410.png	aretes	0	0.029 segundos	0.00
203	collares 42.png	collares	1	0.031 segundos	32.26
204	collares 427.png	aretes	0	0.03 segundos	0.00
205	collares 45.png	collares	1	0.029 segundos	34.48
206	collares 450.png	aretes	0	0.032 segundos	0.00
207	collares 457.png	aretes	0	0.035 segundos	0.00
208	collares 458.png	aretes	0	0.039 segundos	0.00
209	collares 459.png	aretes	0	0.033 segundos	0.00
210	collares 463.png	aretes	0	0.03 segundos	0.00
211	collares 464.png	aretes	0	0.031 segundos	0.00
212	collares 465.png	collares	1	0.037 segundos	27.03
213	collares 466.png	aretes	0	0.031 segundos	0.00
214	collares 469.png	collares	1	0.036 segundos	27.78
215	collares 470.png	aretes	0	0.034 segundos	0.00
216	collares 471.png	aretes	0	0.03 segundos	0.00
217	collares 475.png	aretes	0	0.031 segundos	0.00
218	collares 476.png	aretes	0	0.044 segundos	0.00
219	collares 477.png	collares	1	0.034 segundos	29.41
220	collares 478.png	aretes	0	0.031 segundos	0.00
221	collares 481.png	collares	1	0.034 segundos	29.41
222	collares 482.png	aretes	0	0.033 segundos	0.00
223	collares 483.png	aretes	0	0.034 segundos	0.00
224	collares 487.png	aretes	0	0.038 segundos	0.00
225	collares 488.png	aretes	0	0.033 segundos	0.00
226	collares 489.png	collares	1	0.034 segundos	29.41
227	collares 493.png	collares	1	0.041 segundos	24.39
228	collares 494.png	aretes	0	0.033 segundos	0.00
229	collares 495.png	aretes	0	0.036 segundos	0.00
230	collares 497.png	collares	1	0.042 segundos	23.81
231	collares 498.png	aretes	0	0.032 segundos	0.00
232	collares 500.png	collares	1	0.031 segundos	32.26
233	collares 53.png	collares	1	0.033 segundos	30.30
234	collares 54.png	collares	1	0.035 segundos	28.57
235	collares 56.png	collares	1	0.033 segundos	30.30
236	collares 68.png	collares	1	0.038 segundos	26.32
237	collares 7.png	collares	1	0.034 segundos	29.41
238	collares 8.png	collares	1	0.034 segundos	29.41
239	collares 82.png	collares	1	0.031 segundos	32.26

240	collares 85.png	collares	1	0.036 segundos	27.78
241	collares 89.png	collares	1	0.035 segundos	28.57
242	collares 9.png	collares	1	0.034 segundos	29.41
243	collares 98.png	collares	1	0.034 segundos	29.41
244	pulseras 103.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
245	pulseras 109.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
246	pulseras 111.png	pulseras	1	0.029 segundos	34.48
247	pulseras 114.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
248	pulseras 117.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
249	pulseras 118.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
250	pulseras 119.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
251	pulseras 122.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
252	pulseras 125.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
253	pulseras 129.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
254	pulseras 13.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
255	pulseras 151.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
256	pulseras 170.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
257	pulseras 18.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
258	pulseras 188.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
259	pulseras 205.png	pulseras	1	0.029 segundos	34.48
260	pulseras 21.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
261	pulseras 210.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
262	pulseras 231.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
263	pulseras 235.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
264	pulseras 242.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
265	pulseras 247.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
266	pulseras 255.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
267	pulseras 258.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
268	pulseras 259.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
269	pulseras 273.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
270	pulseras 278.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
271	pulseras 280.png	aretes	0	0.026 segundos	0.00
272	pulseras 291.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
273	pulseras 293.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
274	pulseras 30.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
275	pulseras 301.png	pulseras	1	0.029 segundos	34.48
276	pulseras 302.png	pulseras	1	0.028 segundos	35.71
277	pulseras 325.png	pulseras	1	0.027 segundos	37.04
278	pulseras 326.png	pulseras	1	0.037 segundos	27.03
279	pulseras 327.png	pulseras	1	0.031 segundos	32.26
280	pulseras 330.png	pulseras	1	0.029 segundos	34.48
281	pulseras 331.png	pulseras	1	0.029 segundos	34.48
282	pulseras 332.png	pulseras	1	0.031 segundos	32.26

283	pulseras 333.png	pulseras	1	0.029 segundos	34.48
284	pulseras 336.png	pulseras	1	0.031 segundos	32.26
285	pulseras 337.png	pulseras	1	0.032 segundos	31.25
286	pulseras 338.png	aretes	0	0.029 segundos	0.00
287	pulseras 339.png	pulseras	1	0.029 segundos	34.48
288	pulseras 342.png	pulseras	1	0.029 segundos	34.48
289	pulseras 343.png	pulseras	1	0.036 segundos	27.78
290	pulseras 344.png	pulseras	1	0.03 segundos	33.33
291	pulseras 345.png	pulseras	1	0.03 segundos	33.33
292	pulseras 347.png	pulseras	1	0.031 segundos	32.26
293	pulseras 348.png	pulseras	1	0.035 segundos	28.57
294	pulseras 349.png	pulseras	1	0.03 segundos	33.33
295	pulseras 351.png	pulseras	1	0.029 segundos	34.48
296	pulseras 357.png	pulseras	1	0.032 segundos	31.25
297	pulseras 36.png	pulseras	1	0.029 segundos	34.48
298	pulseras 362.png	pulseras	1	0.032 segundos	31.25
299	pulseras 371.png	pulseras	1	0.03 segundos	33.33
300	pulseras 376.png	pulseras	1	0.031 segundos	32.26
301	pulseras 383.png	pulseras	1	0.029 segundos	34.48
302	pulseras 39.png	pulseras	1	0.031 segundos	32.26
303	pulseras 398.png	pulseras	1	0.033 segundos	30.30
304	pulseras 400.png	pulseras	1	0.031 segundos	32.26
305	pulseras 416.png	pulseras	1	0.036 segundos	27.78
306	pulseras 418.png	pulseras	1	0.033 segundos	30.30
307	pulseras 421.png	pulseras	1	0.03 segundos	33.33
308	pulseras 427.png	pulseras	1	0.034 segundos	29.41
309	pulseras 431.png	pulseras	1	0.035 segundos	28.57
310	pulseras 437.png	pulseras	1	0.03 segundos	33.33
311	pulseras 445.png	aretes	0	0.03 segundos	0.00
312	pulseras 448.png	aretes	0	0.032 segundos	0.00
313	pulseras 451.png	pulseras	1	0.03 segundos	33.33
314	pulseras 454.png	pulseras	1	0.03 segundos	33.33
315	pulseras 46.png	pulseras	1	0.03 segundos	33.33
316	pulseras 466.png	pulseras	1	0.03 segundos	33.33
317	pulseras 478.png	pulseras	1	0.03 segundos	33.33
318	pulseras 490.png	pulseras	1	0.031 segundos	32.26
319	pulseras 57.png	pulseras	1	0.03 segundos	33.33
320	pulseras 64.png	pulseras	1	0.036 segundos	27.78
321	pulseras 75.png	pulseras	1	0.03 segundos	33.33
322	pulseras 84.png	pulseras	1	0.031 segundos	32.26
323	pulseras 90.png	pulseras	1	0.031 segundos	32.26

**Anexo N° 6. Ficha de observación del pre test del indicador tiempo.**

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DEL INDICADOR TIEMPO</b>			
Investigadores:	Jurado Moreno Pedro Manuel Antonio Jurado Moreno Pedro Jesús		
Título de la investigación:	Modelo basado en redes neuronales convolucionales para clasificar artesanía en la empresa Artelix		
Organización:	Artesanía Artelix		
Dirección:	Jr. las lajas nro. 872 urb. Inca Manco Capac, San Juan de Lurigancho		
Levantamiento De información	PRE-TEST	Fecha inicio:	05-06-2023
		Fecha fin:	09-06-2023
<b>Descripción:</b> La clasificación de artesanía lo realiza de manera manual, teniendo en consideración ciertas categorías (anillos, aretes, collares y pulseras).			

Nro.	Producto	Tiempo	Nro.	Producto	Tiempo
1	producto 1	4 segundos	163	producto 163	4 segundos
2	producto 2	4 segundos	164	producto 164	4 segundos
3	producto 3	4 segundos	165	producto 165	4 segundos
4	producto 4	5 segundos	166	producto 166	4 segundos
5	producto 5	4 segundos	167	producto 167	4 segundos
6	producto 6	4 segundos	168	producto 168	5 segundos
7	producto 7	4 segundos	169	producto 169	4 segundos
8	producto 8	4 segundos	170	producto 170	4 segundos
9	producto 9	4 segundos	171	producto 171	4 segundos
10	producto 10	4 segundos	172	producto 172	4 segundos
11	producto 11	4 segundos	173	producto 173	4 segundos
12	producto 12	4 segundos	174	producto 174	4 segundos
13	producto 13	4 segundos	175	producto 175	4 segundos
14	producto 14	4 segundos	176	producto 176	4 segundos
15	producto 15	4 segundos	177	producto 177	4 segundos
16	producto 16	4 segundos	178	producto 178	4 segundos
17	producto 17	4 segundos	179	producto 179	4 segundos
18	producto 18	5 segundos	180	producto 180	4 segundos
19	producto 19	5 segundos	181	producto 181	5 segundos
20	producto 20	4 segundos	182	producto 182	4 segundos
21	producto 21	4 segundos	183	producto 183	4 segundos
22	producto 22	4 segundos	184	producto 184	5 segundos
23	producto 23	4 segundos	185	producto 185	4 segundos
24	producto 24	4 segundos	186	producto 186	4 segundos
25	producto 25	4 segundos	187	producto 187	5 segundos
26	producto 26	4 segundos	188	producto 188	4 segundos
27	producto 27	4 segundos	189	producto 189	4 segundos

28	producto 28	4 segundos	190	producto 190	4 segundos
29	producto 29	5 segundos	191	producto 191	4 segundos
30	producto 30	5 segundos	192	producto 192	4 segundos
31	producto 31	4 segundos	193	producto 193	4 segundos
32	producto 32	4 segundos	194	producto 194	5 segundos
33	producto 33	4 segundos	195	producto 195	4 segundos
34	producto 34	5 segundos	196	producto 196	4 segundos
35	producto 35	4 segundos	197	producto 197	4 segundos
36	producto 36	4 segundos	198	producto 198	4 segundos
37	producto 37	4 segundos	199	producto 199	5 segundos
38	producto 38	4 segundos	200	producto 200	4 segundos
39	producto 39	5 segundos	201	producto 201	4 segundos
40	producto 40	4 segundos	202	producto 202	4 segundos
41	producto 41	4 segundos	203	producto 203	4 segundos
42	producto 42	4 segundos	204	producto 204	4 segundos
43	producto 43	4 segundos	205	producto 205	4 segundos
44	producto 44	4 segundos	206	producto 206	5 segundos
45	producto 45	4 segundos	207	producto 207	4 segundos
46	producto 46	5 segundos	208	producto 208	4 segundos
47	producto 47	4 segundos	209	producto 209	5 segundos
48	producto 48	4 segundos	210	producto 210	5 segundos
49	producto 49	4 segundos	211	producto 211	4 segundos
50	producto 50	4 segundos	212	producto 212	4 segundos
51	producto 51	4 segundos	213	producto 213	5 segundos
52	producto 52	5 segundos	214	producto 214	4 segundos
53	producto 53	4 segundos	215	producto 215	4 segundos
54	producto 54	4 segundos	216	producto 216	4 segundos
55	producto 55	4 segundos	217	producto 217	4 segundos
56	producto 56	5 segundos	218	producto 218	4 segundos
57	producto 57	4 segundos	219	producto 219	4 segundos
58	producto 58	4 segundos	220	producto 220	5 segundos
59	producto 59	4 segundos	221	producto 221	4 segundos
60	producto 60	4 segundos	222	producto 222	4 segundos
61	producto 61	4 segundos	223	producto 223	4 segundos
62	producto 62	4 segundos	224	producto 224	4 segundos
63	producto 63	5 segundos	225	producto 225	4 segundos
64	producto 64	4 segundos	226	producto 226	4 segundos
65	producto 65	4 segundos	227	producto 227	5 segundos
66	producto 66	4 segundos	228	producto 228	4 segundos
67	producto 67	4 segundos	229	producto 229	4 segundos
68	producto 68	5 segundos	230	producto 230	4 segundos
69	producto 69	4 segundos	231	producto 231	4 segundos
70	producto 70	4 segundos	232	producto 232	4 segundos

71	producto 71	4 segundos	233	producto 233	4 segundos
72	producto 72	5 segundos	234	producto 234	4 segundos
73	producto 73	4 segundos	235	producto 235	4 segundos
74	producto 74	4 segundos	236	producto 236	4 segundos
75	producto 75	4 segundos	237	producto 237	5 segundos
76	producto 76	5 segundos	238	producto 238	4 segundos
77	producto 77	4 segundos	239	producto 239	4 segundos
78	producto 78	4 segundos	240	producto 240	5 segundos
79	producto 79	5 segundos	241	producto 241	4 segundos
80	producto 80	4 segundos	242	producto 242	4 segundos
81	producto 81	4 segundos	243	producto 243	4 segundos
82	producto 82	4 segundos	244	producto 244	4 segundos
83	producto 83	4 segundos	245	producto 245	4 segundos
84	producto 84	4 segundos	246	producto 246	4 segundos
85	producto 85	4 segundos	247	producto 247	4 segundos
86	producto 86	5 segundos	248	producto 248	5 segundos
87	producto 87	4 segundos	249	producto 249	4 segundos
88	producto 88	4 segundos	250	producto 250	4 segundos
89	producto 89	4 segundos	251	producto 251	4 segundos
90	producto 90	4 segundos	252	producto 252	4 segundos
91	producto 91	4 segundos	253	producto 253	5 segundos
92	producto 92	5 segundos	254	producto 254	4 segundos
93	producto 93	4 segundos	255	producto 255	4 segundos
94	producto 94	4 segundos	256	producto 256	4 segundos
95	producto 95	4 segundos	257	producto 257	4 segundos
96	producto 96	4 segundos	258	producto 258	4 segundos
97	producto 97	4 segundos	259	producto 259	4 segundos
98	producto 98	4 segundos	260	producto 260	4 segundos
99	producto 99	4 segundos	261	producto 261	4 segundos
100	producto 100	5 segundos	262	producto 262	4 segundos
101	producto 101	5 segundos	263	producto 263	4 segundos
102	producto 102	4 segundos	264	producto 264	4 segundos
103	producto 103	4 segundos	265	producto 265	5 segundos
104	producto 104	4 segundos	266	producto 266	4 segundos
105	producto 105	5 segundos	267	producto 267	4 segundos
106	producto 106	4 segundos	268	producto 268	4 segundos
107	producto 107	5 segundos	269	producto 269	4 segundos
108	producto 108	5 segundos	270	producto 270	4 segundos
109	producto 109	5 segundos	271	producto 271	4 segundos
110	producto 110	5 segundos	272	producto 272	4 segundos
111	producto 111	4 segundos	273	producto 273	4 segundos
112	producto 112	5 segundos	274	producto 274	4 segundos
113	producto 113	4 segundos	275	producto 275	4 segundos

114	producto 114	5 segundos	276	producto 276	5 segundos
115	producto 115	4 segundos	277	producto 277	4 segundos
116	producto 116	4 segundos	278	producto 278	4 segundos
117	producto 117	4 segundos	279	producto 279	4 segundos
118	producto 118	4 segundos	280	producto 280	4 segundos
119	producto 119	4 segundos	281	producto 281	4 segundos
120	producto 120	4 segundos	282	producto 282	4 segundos
121	producto 121	4 segundos	283	producto 283	4 segundos
122	producto 122	4 segundos	284	producto 284	4 segundos
123	producto 123	4 segundos	285	producto 285	4 segundos
124	producto 124	4 segundos	286	producto 286	5 segundos
125	producto 125	5 segundos	287	producto 287	4 segundos
126	producto 126	4 segundos	288	producto 288	4 segundos
127	producto 127	4 segundos	289	producto 289	4 segundos
128	producto 128	4 segundos	290	producto 290	4 segundos
129	producto 129	4 segundos	291	producto 291	4 segundos
130	producto 130	4 segundos	292	producto 292	4 segundos
131	producto 131	4 segundos	293	producto 293	4 segundos
132	producto 132	4 segundos	294	producto 294	4 segundos
133	producto 133	4 segundos	295	producto 295	4 segundos
134	producto 134	5 segundos	296	producto 296	4 segundos
135	producto 135	4 segundos	297	producto 297	4 segundos
136	producto 136	4 segundos	298	producto 298	4 segundos
137	producto 137	4 segundos	299	producto 299	4 segundos
138	producto 138	4 segundos	300	producto 300	4 segundos
139	producto 139	4 segundos	301	producto 301	5 segundos
140	producto 140	4 segundos	302	producto 302	4 segundos
141	producto 141	4 segundos	303	producto 303	4 segundos
142	producto 142	4 segundos	304	producto 304	4 segundos
143	producto 143	5 segundos	305	producto 305	4 segundos
144	producto 144	4 segundos	306	producto 306	5 segundos
145	producto 145	5 segundos	307	producto 307	5 segundos
146	producto 146	4 segundos	308	producto 308	4 segundos
147	producto 147	4 segundos	309	producto 309	4 segundos
148	producto 148	4 segundos	310	producto 310	4 segundos
149	producto 149	4 segundos	311	producto 311	5 segundos
150	producto 150	5 segundos	312	producto 312	5 segundos
151	producto 151	4 segundos	313	producto 313	5 segundos
152	producto 152	4 segundos	314	producto 314	4 segundos
153	producto 153	4 segundos	315	producto 315	4 segundos
154	producto 154	4 segundos	316	producto 316	4 segundos
155	producto 155	5 segundos	317	producto 317	4 segundos
156	producto 156	4 segundos	318	producto 318	4 segundos

157	producto 157	4 segundos	319	producto 319	5 segundos
158	producto 158	4 segundos	320	producto 320	4 segundos
159	producto 159	4 segundos	321	producto 321	4 segundos
160	producto 160	4 segundos	322	producto 322	4 segundos
161	producto 161	4 segundos	323	producto 323	4 segundos
162	producto 162	4 segundos			

**Anexo N° 7. Ficha de observación del post test del indicador tiempo.**

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DEL INDICADOR TIEMPO</b>			
Investigadores	Jurado Moreno Pedro Manuel Antonio Jurado Moreno Pedro Jesús		
Título de la investigación:	Modelo basado en redes neuronales convolucionales para clasificar artesanía en la empresa Artelix		
Organización:	Artesanía Artelix		
Dirección:	Jr. las lajas nro. 872 urb. Inca Manco Capac, San Juan de Lurigancho		
Levantamiento De información	POST-TEST	Fecha inicio:	12/09/2023
		Fecha fin:	13/09/2023
<b>Descripción:</b> Se crea un modelo de red neuronal convolucional, que emplea las imágenes de los productos con la finalidad de clasificarlo en su categoría correspondiente, los resultados son generados por el modelo en milisegundos, se tuvo que convertir a segundos.			

Nro.	Imagen del producto	Tiempo	Nro.	Imagen del producto	Tiempo
1	anillos 100.png	0.029 segundos	163	collares 1.png	0.028 segundos
2	anillos 111.png	0.028 segundos	164	collares 10.png	0.027 segundos
3	anillos 114.png	0.03 segundos	165	collares 113.png	0.028 segundos
4	anillos 118.png	0.03 segundos	166	collares 13.png	0.028 segundos
5	anillos 130.png	0.03 segundos	167	collares 14.png	0.027 segundos
6	anillos 135.png	0.027 segundos	168	collares 140.png	0.028 segundos
7	anillos 137.png	0.029 segundos	169	collares 141.png	0.029 segundos
8	anillos 147.png	0.056 segundos	170	collares 15.png	0.028 segundos
9	anillos 154.png	0.027 segundos	171	collares 16.png	0.027 segundos
10	anillos 16.png	0.029 segundos	172	collares 162.png	0.028 segundos
11	anillos 166.png	0.029 segundos	173	collares 177.png	0.031 segundos
12	anillos 17.png	0.029 segundos	174	collares 182.png	0.03 segundos
13	anillos 19.png	0.03 segundos	175	collares 19.png	0.031 segundos
14	anillos 2.png	0.028 segundos	176	collares 2.png	0.029 segundos
15	anillos 20.png	0.029 segundos	177	collares 20.png	0.03 segundos
16	anillos 208.png	0.029 segundos	178	collares 202.png	0.032 segundos
17	anillos 264.png	0.028 segundos	179	collares 21.png	0.031 segundos
18	anillos 274.png	0.027 segundos	180	collares 22.png	0.029 segundos
19	anillos 286.png	0.028 segundos	181	collares 228.png	0.03 segundos
20	anillos 29.png	0.027 segundos	182	collares 25.png	0.032 segundos
21	anillos 31.png	0.028 segundos	183	collares 254.png	0.03 segundos
22	anillos 311.png	0.028 segundos	184	collares 28.png	0.036 segundos
23	anillos 312.png	0.029 segundos	185	collares 282.png	0.032 segundos
24	anillos 315.png	0.028 segundos	186	collares 285.png	0.033 segundos
25	anillos 317.png	0.029 segundos	187	collares 29.png	0.034 segundos

26	anillos 318.png	0.028 segundos	188	collares 297.png	0.034 segundos
27	anillos 319.png	0.029 segundos	189	collares 3.png	0.03 segundos
28	anillos 320.png	0.03 segundos	190	collares 305.png	0.031 segundos
29	anillos 336.png	0.029 segundos	191	collares 308.png	0.03 segundos
30	anillos 338.png	0.03 segundos	192	collares 317.png	0.03 segundos
31	anillos 354.png	0.029 segundos	193	collares 33.png	0.03 segundos
32	anillos 362.png	0.029 segundos	194	collares 335.png	0.029 segundos
33	anillos 375.png	0.028 segundos	195	collares 34.png	0.03 segundos
34	anillos 377.png	0.028 segundos	196	collares 354.png	0.03 segundos
35	anillos 379.png	0.027 segundos	197	collares 371.png	0.03 segundos
36	anillos 38.png	0.028 segundos	198	collares 383.png	0.031 segundos
37	anillos 380.png	0.028 segundos	199	collares 39.png	0.029 segundos
38	anillos 383.png	0.028 segundos	200	collares 4.png	0.029 segundos
39	anillos 404.png	0.028 segundos	201	collares 41.png	0.03 segundos
40	anillos 406.png	0.04 segundos	202	collares 410.png	0.029 segundos
41	anillos 41.png	0.038 segundos	203	collares 42.png	0.031 segundos
42	anillos 412.png	0.033 segundos	204	collares 427.png	0.03 segundos
43	anillos 426.png	0.04 segundos	205	collares 45.png	0.029 segundos
44	anillos 43.png	0.028 segundos	206	collares 450.png	0.032 segundos
45	anillos 431.png	0.03 segundos	207	collares 457.png	0.035 segundos
46	anillos 436.png	0.031 segundos	208	collares 458.png	0.039 segundos
47	anillos 44.png	0.03 segundos	209	collares 459.png	0.033 segundos
48	anillos 440.png	0.044 segundos	210	collares 463.png	0.03 segundos
49	anillos 441.png	0.036 segundos	211	collares 464.png	0.031 segundos
50	anillos 442.png	0.031 segundos	212	collares 465.png	0.037 segundos
51	anillos 443.png	0.03 segundos	213	collares 466.png	0.031 segundos
52	anillos 444.png	0.03 segundos	214	collares 469.png	0.036 segundos
53	anillos 445.png	0.029 segundos	215	collares 470.png	0.034 segundos
54	anillos 446.png	0.03 segundos	216	collares 471.png	0.03 segundos
55	anillos 447.png	0.037 segundos	217	collares 475.png	0.031 segundos
56	anillos 448.png	0.032 segundos	218	collares 476.png	0.044 segundos
57	anillos 449.png	0.028 segundos	219	collares 477.png	0.034 segundos
58	anillos 450.png	0.029 segundos	220	collares 478.png	0.031 segundos
59	anillos 455.png	0.028 segundos	221	collares 481.png	0.034 segundos
60	anillos 456.png	0.034 segundos	222	collares 482.png	0.033 segundos
61	anillos 457.png	0.029 segundos	223	collares 483.png	0.034 segundos
62	anillos 458.png	0.029 segundos	224	collares 487.png	0.038 segundos
63	anillos 459.png	0.03 segundos	225	collares 488.png	0.033 segundos
64	anillos 469.png	0.031 segundos	226	collares 489.png	0.034 segundos
65	anillos 474.png	0.031 segundos	227	collares 493.png	0.041 segundos
66	anillos 482.png	0.031 segundos	228	collares 494.png	0.033 segundos
67	anillos 485.png	0.03 segundos	229	collares 495.png	0.036 segundos
68	anillos 487.png	0.03 segundos	230	collares 497.png	0.042 segundos

69	anillos 498.png	0.029 segundos	231	collares 498.png	0.032 segundos
70	anillos 5.png	0.03 segundos	232	collares 500.png	0.031 segundos
71	anillos 50.png	0.03 segundos	233	collares 53.png	0.033 segundos
72	anillos 54.png	0.032 segundos	234	collares 54.png	0.035 segundos
73	anillos 55.png	0.029 segundos	235	collares 56.png	0.033 segundos
74	anillos 6.png	0.029 segundos	236	collares 68.png	0.038 segundos
75	anillos 66.png	0.033 segundos	237	collares 7.png	0.034 segundos
76	anillos 73.png	0.029 segundos	238	collares 8.png	0.034 segundos
77	anillos 79.png	0.032 segundos	239	collares 82.png	0.031 segundos
78	anillos 81.png	0.031 segundos	240	collares 85.png	0.036 segundos
79	anillos 89.png	0.03 segundos	241	collares 89.png	0.035 segundos
80	anillos 9.png	0.029 segundos	242	collares 9.png	0.034 segundos
81	anillos 99.png	0.029 segundos	243	collares 98.png	0.034 segundos
82	aretes 1.png	0.029 segundos	244	pulseras 103.png	0.027 segundos
83	aretes 10.png	0.029 segundos	245	pulseras 109.png	0.028 segundos
84	aretes 100.png	0.029 segundos	246	pulseras 111.png	0.029 segundos
85	aretes 105.png	0.03 segundos	247	pulseras 114.png	0.027 segundos
86	aretes 106.png	0.031 segundos	248	pulseras 117.png	0.028 segundos
87	aretes 11.png	0.034 segundos	249	pulseras 118.png	0.027 segundos
88	aretes 116.png	0.032 segundos	250	pulseras 119.png	0.028 segundos
89	aretes 12.png	0.029 segundos	251	pulseras 122.png	0.028 segundos
90	aretes 122.png	0.031 segundos	252	pulseras 125.png	0.028 segundos
91	aretes 13.png	0.03 segundos	253	pulseras 129.png	0.027 segundos
92	aretes 130.png	0.032 segundos	254	pulseras 13.png	0.027 segundos
93	aretes 137.png	0.032 segundos	255	pulseras 151.png	0.027 segundos
94	aretes 139.png	0.03 segundos	256	pulseras 170.png	0.028 segundos
95	aretes 14.png	0.029 segundos	257	pulseras 18.png	0.027 segundos
96	aretes 140.png	0.033 segundos	258	pulseras 188.png	0.027 segundos
97	aretes 141.png	0.029 segundos	259	pulseras 205.png	0.029 segundos
98	aretes 15.png	0.033 segundos	260	pulseras 21.png	0.028 segundos
99	aretes 16.png	0.03 segundos	261	pulseras 210.png	0.028 segundos
100	aretes 160.png	0.028 segundos	262	pulseras 231.png	0.028 segundos
101	aretes 162.png	0.029 segundos	263	pulseras 235.png	0.028 segundos
102	aretes 17.png	0.033 segundos	264	pulseras 242.png	0.028 segundos
103	aretes 177.png	0.03 segundos	265	pulseras 247.png	0.027 segundos
104	aretes 18.png	0.028 segundos	266	pulseras 255.png	0.027 segundos
105	aretes 183.png	0.03 segundos	267	pulseras 258.png	0.027 segundos
106	aretes 19.png	0.031 segundos	268	pulseras 259.png	0.027 segundos
107	aretes 2.png	0.029 segundos	269	pulseras 273.png	0.028 segundos
108	aretes 20.png	0.029 segundos	270	pulseras 278.png	0.027 segundos
109	aretes 200.png	0.032 segundos	271	pulseras 280.png	0.026 segundos
110	aretes 207.png	0.032 segundos	272	pulseras 291.png	0.027 segundos
111	aretes 21.png	0.029 segundos	273	pulseras 293.png	0.028 segundos

112	aretes 216.png	0.029 segundos	274	pulseras 30.png	0.028 segundos
113	aretes 22.png	0.028 segundos	275	pulseras 301.png	0.029 segundos
114	aretes 221.png	0.036 segundos	276	pulseras 302.png	0.028 segundos
115	aretes 23.png	0.029 segundos	277	pulseras 325.png	0.027 segundos
116	aretes 231.png	0.03 segundos	278	pulseras 326.png	0.037 segundos
117	aretes 233.png	0.029 segundos	279	pulseras 327.png	0.031 segundos
118	aretes 24.png	0.029 segundos	280	pulseras 330.png	0.029 segundos
119	aretes 25.png	0.031 segundos	281	pulseras 331.png	0.029 segundos
120	aretes 26.png	0.03 segundos	282	pulseras 332.png	0.031 segundos
121	aretes 260.png	0.029 segundos	283	pulseras 333.png	0.029 segundos
122	aretes 27.png	0.028 segundos	284	pulseras 336.png	0.031 segundos
123	aretes 273.png	0.029 segundos	285	pulseras 337.png	0.032 segundos
124	aretes 28.png	0.029 segundos	286	pulseras 338.png	0.029 segundos
125	aretes 289.png	0.029 segundos	287	pulseras 339.png	0.029 segundos
126	aretes 29.png	0.032 segundos	288	pulseras 342.png	0.029 segundos
127	aretes 293.png	0.029 segundos	289	pulseras 343.png	0.036 segundos
128	aretes 3.png	0.031 segundos	290	pulseras 344.png	0.03 segundos
129	aretes 30.png	0.03 segundos	291	pulseras 345.png	0.03 segundos
130	aretes 303.png	0.029 segundos	292	pulseras 347.png	0.031 segundos
131	aretes 31.png	0.03 segundos	293	pulseras 348.png	0.035 segundos
132	aretes 32.png	0.031 segundos	294	pulseras 349.png	0.03 segundos
133	aretes 325.png	0.028 segundos	295	pulseras 351.png	0.029 segundos
134	aretes 33.png	0.029 segundos	296	pulseras 357.png	0.032 segundos
135	aretes 339.png	0.029 segundos	297	pulseras 36.png	0.029 segundos
136	aretes 34.png	0.033 segundos	298	pulseras 362.png	0.032 segundos
137	aretes 355.png	0.029 segundos	299	pulseras 371.png	0.03 segundos
138	aretes 377.png	0.03 segundos	300	pulseras 376.png	0.031 segundos
139	aretes 4.png	0.029 segundos	301	pulseras 383.png	0.029 segundos
140	aretes 400.png	0.031 segundos	302	pulseras 39.png	0.031 segundos
141	aretes 416.png	0.029 segundos	303	pulseras 398.png	0.033 segundos
142	aretes 429.png	0.031 segundos	304	pulseras 400.png	0.031 segundos
143	aretes 435.png	0.033 segundos	305	pulseras 416.png	0.036 segundos
144	aretes 440.png	0.04 segundos	306	pulseras 418.png	0.033 segundos
145	aretes 443.png	0.032 segundos	307	pulseras 421.png	0.03 segundos
146	aretes 461.png	0.029 segundos	308	pulseras 427.png	0.034 segundos
147	aretes 476.png	0.03 segundos	309	pulseras 431.png	0.035 segundos
148	aretes 481.png	0.035 segundos	310	pulseras 437.png	0.03 segundos
149	aretes 488.png	0.034 segundos	311	pulseras 445.png	0.03 segundos
150	aretes 491.png	0.029 segundos	312	pulseras 448.png	0.032 segundos
151	aretes 499.png	0.031 segundos	313	pulseras 451.png	0.03 segundos
152	aretes 5.png	0.032 segundos	314	pulseras 454.png	0.03 segundos
153	aretes 50.png	0.028 segundos	315	pulseras 46.png	0.03 segundos
154	aretes 6.png	0.031 segundos	316	pulseras 466.png	0.03 segundos

155	aretes 64.png	0.029 segundos	317	pulseras 478.png	0.03 segundos
156	aretes 79.png	0.028 segundos	318	pulseras 490.png	0.031 segundos
157	aretes 86.png	0.03 segundos	319	pulseras 57.png	0.03 segundos
158	aretes 87.png	0.029 segundos	320	pulseras 64.png	0.036 segundos
159	aretes 88.png	0.036 segundos	321	pulseras 75.png	0.03 segundos
160	aretes 92.png	0.031 segundos	322	pulseras 84.png	0.031 segundos
161	aretes 93.png	0.029 segundos	323	pulseras 90.png	0.031 segundos
162	aretes 94.png	0.029 segundos			

**Anexo N° 8. Predicciones del modelo de transferencia de aprendizaje.**

Modelo de transferencia de aprendizaje					
Nro.	Nombre del archivo	predicción	Nro.	Nombre del archivo	predicción
1	test_images\anillos 100.png	anillos	163	test_images\collares 1.png	collares
2	test_images\anillos 111.png	anillos	164	test_images\collares 10.png	collares
3	test_images\anillos 114.png	anillos	165	test_images\collares 113.png	collares
4	test_images\anillos 118.png	anillos	166	test_images\collares 13.png	collares
5	test_images\anillos 130.png	anillos	167	test_images\collares 14.png	collares
6	test_images\anillos 135.png	anillos	168	test_images\collares 140.png	collares
7	test_images\anillos 137.png	anillos	169	test_images\collares 141.png	collares
8	test_images\anillos 147.png	anillos	170	test_images\collares 15.png	collares
9	test_images\anillos 154.png	anillos	171	test_images\collares 16.png	collares
10	test_images\anillos 16.png	anillos	172	test_images\collares 162.png	collares
11	test_images\anillos 166.png	anillos	173	test_images\collares 177.png	collares
12	test_images\anillos 17.png	anillos	174	test_images\collares 182.png	collares
13	test_images\anillos 19.png	anillos	175	test_images\collares 19.png	collares
14	test_images\anillos 2.png	anillos	176	test_images\collares 2.png	collares
15	test_images\anillos 20.png	anillos	177	test_images\collares 20.png	collares
16	test_images\anillos 208.png	anillos	178	test_images\collares 202.png	collares
17	test_images\anillos 264.png	anillos	179	test_images\collares 21.png	collares
18	test_images\anillos 274.png	anillos	180	test_images\collares 22.png	collares
19	test_images\anillos 286.png	anillos	181	test_images\collares 228.png	collares
20	test_images\anillos 29.png	anillos	182	test_images\collares 25.png	collares
21	test_images\anillos 31.png	anillos	183	test_images\collares 254.png	collares
22	test_images\anillos 311.png	anillos	184	test_images\collares 28.png	collares
23	test_images\anillos 312.png	anillos	185	test_images\collares 282.png	collares
24	test_images\anillos 315.png	anillos	186	test_images\collares 285.png	collares
25	test_images\anillos 317.png	anillos	187	test_images\collares 29.png	collares
26	test_images\anillos 318.png	anillos	188	test_images\collares 297.png	collares
27	test_images\anillos 319.png	anillos	189	test_images\collares 3.png	collares
28	test_images\anillos 320.png	anillos	190	test_images\collares 305.png	collares
29	test_images\anillos 336.png	anillos	191	test_images\collares 308.png	collares
30	test_images\anillos 338.png	anillos	192	test_images\collares 317.png	collares
31	test_images\anillos 354.png	anillos	193	test_images\collares 33.png	collares
32	test_images\anillos 362.png	aretes	194	test_images\collares 335.png	collares
33	test_images\anillos 375.png	anillos	195	test_images\collares 34.png	collares
34	test_images\anillos 377.png	anillos	196	test_images\collares 354.png	collares
35	test_images\anillos 379.png	anillos	197	test_images\collares 371.png	collares
36	test_images\anillos 38.png	anillos	198	test_images\collares 383.png	collares
37	test_images\anillos 380.png	anillos	199	test_images\collares 39.png	collares

38	test_images\anillos 383.png	aretes	200	test_images\collares 4.png	collares
39	test_images\anillos 404.png	anillos	201	test_images\collares 41.png	collares
40	test_images\anillos 406.png	aretes	202	test_images\collares 410.png	aretes
41	test_images\anillos 41.png	anillos	203	test_images\collares 42.png	collares
42	test_images\anillos 412.png	anillos	204	test_images\collares 427.png	aretes
43	test_images\anillos 426.png	anillos	205	test_images\collares 45.png	collares
44	test_images\anillos 43.png	anillos	206	test_images\collares 450.png	aretes
45	test_images\anillos 431.png	anillos	207	test_images\collares 457.png	aretes
46	test_images\anillos 436.png	anillos	208	test_images\collares 458.png	aretes
47	test_images\anillos 44.png	anillos	209	test_images\collares 459.png	aretes
48	test_images\anillos 440.png	anillos	210	test_images\collares 463.png	aretes
49	test_images\anillos 441.png	anillos	211	test_images\collares 464.png	aretes
50	test_images\anillos 442.png	anillos	212	test_images\collares 465.png	collares
51	test_images\anillos 443.png	aretes	213	test_images\collares 466.png	aretes
52	test_images\anillos 444.png	aretes	214	test_images\collares 469.png	collares
53	test_images\anillos 445.png	anillos	215	test_images\collares 470.png	aretes
54	test_images\anillos 446.png	anillos	216	test_images\collares 471.png	aretes
55	test_images\anillos 447.png	anillos	217	test_images\collares 475.png	aretes
56	test_images\anillos 448.png	anillos	218	test_images\collares 476.png	aretes
57	test_images\anillos 449.png	anillos	219	test_images\collares 477.png	collares
58	test_images\anillos 450.png	anillos	220	test_images\collares 478.png	aretes
59	test_images\anillos 455.png	anillos	221	test_images\collares 481.png	collares
60	test_images\anillos 456.png	anillos	222	test_images\collares 482.png	aretes
61	test_images\anillos 457.png	anillos	223	test_images\collares 483.png	aretes
62	test_images\anillos 458.png	anillos	224	test_images\collares 487.png	aretes
63	test_images\anillos 459.png	anillos	225	test_images\collares 488.png	aretes
64	test_images\anillos 469.png	anillos	226	test_images\collares 489.png	collares
65	test_images\anillos 474.png	anillos	227	test_images\collares 493.png	collares
66	test_images\anillos 482.png	anillos	228	test_images\collares 494.png	aretes
67	test_images\anillos 485.png	anillos	229	test_images\collares 495.png	aretes
68	test_images\anillos 487.png	anillos	230	test_images\collares 497.png	collares
69	test_images\anillos 498.png	anillos	231	test_images\collares 498.png	aretes
70	test_images\anillos 5.png	anillos	232	test_images\collares 500.png	collares
71	test_images\anillos 50.png	anillos	233	test_images\collares 53.png	collares
72	test_images\anillos 54.png	anillos	234	test_images\collares 54.png	collares
73	test_images\anillos 55.png	anillos	235	test_images\collares 56.png	collares
74	test_images\anillos 6.png	anillos	236	test_images\collares 68.png	collares
75	test_images\anillos 66.png	anillos	237	test_images\collares 7.png	collares
76	test_images\anillos 73.png	anillos	238	test_images\collares 8.png	collares
77	test_images\anillos 79.png	anillos	239	test_images\collares 82.png	collares
78	test_images\anillos 81.png	anillos	240	test_images\collares 85.png	collares

79	test_images\anillos 89.png	anillos	241	test_images\collares 89.png	collares
80	test_images\anillos 9.png	anillos	242	test_images\collares 9.png	collares
81	test_images\anillos 99.png	anillos	243	test_images\collares 98.png	collares
82	test_images\aretes 1.png	aretes	244	test_images\pulseras 103.png	pulseras
83	test_images\aretes 10.png	aretes	245	test_images\pulseras 109.png	pulseras
84	test_images\aretes 100.png	aretes	246	test_images\pulseras 111.png	pulseras
85	test_images\aretes 105.png	aretes	247	test_images\pulseras 114.png	pulseras
86	test_images\aretes 106.png	aretes	248	test_images\pulseras 117.png	pulseras
87	test_images\aretes 11.png	aretes	249	test_images\pulseras 118.png	pulseras
88	test_images\aretes 116.png	aretes	250	test_images\pulseras 119.png	pulseras
89	test_images\aretes 12.png	aretes	251	test_images\pulseras 122.png	pulseras
90	test_images\aretes 122.png	aretes	252	test_images\pulseras 125.png	pulseras
91	test_images\aretes 13.png	aretes	253	test_images\pulseras 129.png	pulseras
92	test_images\aretes 130.png	aretes	254	test_images\pulseras 13.png	pulseras
93	test_images\aretes 137.png	aretes	255	test_images\pulseras 151.png	pulseras
94	test_images\aretes 139.png	aretes	256	test_images\pulseras 170.png	pulseras
95	test_images\aretes 14.png	aretes	257	test_images\pulseras 18.png	pulseras
96	test_images\aretes 140.png	aretes	258	test_images\pulseras 188.png	pulseras
97	test_images\aretes 141.png	aretes	259	test_images\pulseras 205.png	pulseras
98	test_images\aretes 15.png	aretes	260	test_images\pulseras 21.png	pulseras
99	test_images\aretes 16.png	aretes	261	test_images\pulseras 210.png	pulseras
100	test_images\aretes 160.png	aretes	262	test_images\pulseras 231.png	pulseras
101	test_images\aretes 162.png	aretes	263	test_images\pulseras 235.png	pulseras
102	test_images\aretes 17.png	aretes	264	test_images\pulseras 242.png	pulseras
103	test_images\aretes 177.png	aretes	265	test_images\pulseras 247.png	pulseras
104	test_images\aretes 18.png	aretes	266	test_images\pulseras 255.png	pulseras
105	test_images\aretes 183.png	aretes	267	test_images\pulseras 258.png	pulseras
106	test_images\aretes 19.png	aretes	268	test_images\pulseras 259.png	pulseras
107	test_images\aretes 2.png	aretes	269	test_images\pulseras 273.png	pulseras
108	test_images\aretes 20.png	aretes	270	test_images\pulseras 278.png	pulseras
109	test_images\aretes 200.png	aretes	271	test_images\pulseras 280.png	aretes
110	test_images\aretes 207.png	aretes	272	test_images\pulseras 291.png	pulseras
111	test_images\aretes 21.png	aretes	273	test_images\pulseras 293.png	pulseras
112	test_images\aretes 216.png	aretes	274	test_images\pulseras 30.png	pulseras
113	test_images\aretes 22.png	aretes	275	test_images\pulseras 301.png	pulseras
114	test_images\aretes 221.png	aretes	276	test_images\pulseras 302.png	pulseras
115	test_images\aretes 23.png	aretes	277	test_images\pulseras 325.png	pulseras
116	test_images\aretes 231.png	aretes	278	test_images\pulseras 326.png	pulseras
117	test_images\aretes 233.png	aretes	279	test_images\pulseras 327.png	pulseras
118	test_images\aretes 24.png	aretes	280	test_images\pulseras 330.png	pulseras
119	test_images\aretes 25.png	aretes	281	test_images\pulseras 331.png	pulseras

120	test_images\aretes 26.png	aretes	282	test_images\pulseras 332.png	pulseras
121	test_images\aretes 260.png	aretes	283	test_images\pulseras 333.png	pulseras
122	test_images\aretes 27.png	aretes	284	test_images\pulseras 336.png	pulseras
123	test_images\aretes 273.png	aretes	285	test_images\pulseras 337.png	pulseras
124	test_images\aretes 28.png	aretes	286	test_images\pulseras 338.png	aretes
125	test_images\aretes 289.png	aretes	287	test_images\pulseras 339.png	pulseras
126	test_images\aretes 29.png	aretes	288	test_images\pulseras 342.png	pulseras
127	test_images\aretes 293.png	aretes	289	test_images\pulseras 343.png	pulseras
128	test_images\aretes 3.png	aretes	290	test_images\pulseras 344.png	pulseras
129	test_images\aretes 30.png	aretes	291	test_images\pulseras 345.png	pulseras
130	test_images\aretes 303.png	aretes	292	test_images\pulseras 347.png	pulseras
131	test_images\aretes 31.png	aretes	293	test_images\pulseras 348.png	pulseras
132	test_images\aretes 32.png	aretes	294	test_images\pulseras 349.png	pulseras
133	test_images\aretes 325.png	aretes	295	test_images\pulseras 351.png	pulseras
134	test_images\aretes 33.png	aretes	296	test_images\pulseras 357.png	pulseras
135	test_images\aretes 339.png	aretes	297	test_images\pulseras 36.png	pulseras
136	test_images\aretes 34.png	aretes	298	test_images\pulseras 362.png	pulseras
137	test_images\aretes 355.png	aretes	299	test_images\pulseras 371.png	pulseras
138	test_images\aretes 377.png	aretes	300	test_images\pulseras 376.png	pulseras
139	test_images\aretes 4.png	aretes	301	test_images\pulseras 383.png	pulseras
140	test_images\aretes 400.png	aretes	302	test_images\pulseras 39.png	pulseras
141	test_images\aretes 416.png	aretes	303	test_images\pulseras 398.png	pulseras
142	test_images\aretes 429.png	aretes	304	test_images\pulseras 400.png	pulseras
143	test_images\aretes 435.png	aretes	305	test_images\pulseras 416.png	pulseras
144	test_images\aretes 440.png	aretes	306	test_images\pulseras 418.png	pulseras
145	test_images\aretes 443.png	aretes	307	test_images\pulseras 421.png	pulseras
146	test_images\aretes 461.png	aretes	308	test_images\pulseras 427.png	pulseras
147	test_images\aretes 476.png	aretes	309	test_images\pulseras 431.png	pulseras
148	test_images\aretes 481.png	aretes	310	test_images\pulseras 437.png	pulseras
149	test_images\aretes 488.png	aretes	311	test_images\pulseras 445.png	aretes
150	test_images\aretes 491.png	aretes	312	test_images\pulseras 448.png	aretes
151	test_images\aretes 499.png	aretes	313	test_images\pulseras 451.png	pulseras
152	test_images\aretes 5.png	aretes	314	test_images\pulseras 454.png	pulseras
153	test_images\aretes 50.png	aretes	315	test_images\pulseras 46.png	pulseras
154	test_images\aretes 6.png	aretes	316	test_images\pulseras 466.png	pulseras
155	test_images\aretes 64.png	aretes	317	test_images\pulseras 478.png	pulseras
156	test_images\aretes 79.png	aretes	318	test_images\pulseras 490.png	pulseras
157	test_images\aretes 86.png	aretes	319	test_images\pulseras 57.png	pulseras
158	test_images\aretes 87.png	aretes	320	test_images\pulseras 64.png	pulseras
159	test_images\aretes 88.png	aretes	321	test_images\pulseras 75.png	pulseras
160	test_images\aretes 92.png	aretes	322	test_images\pulseras 84.png	pulseras

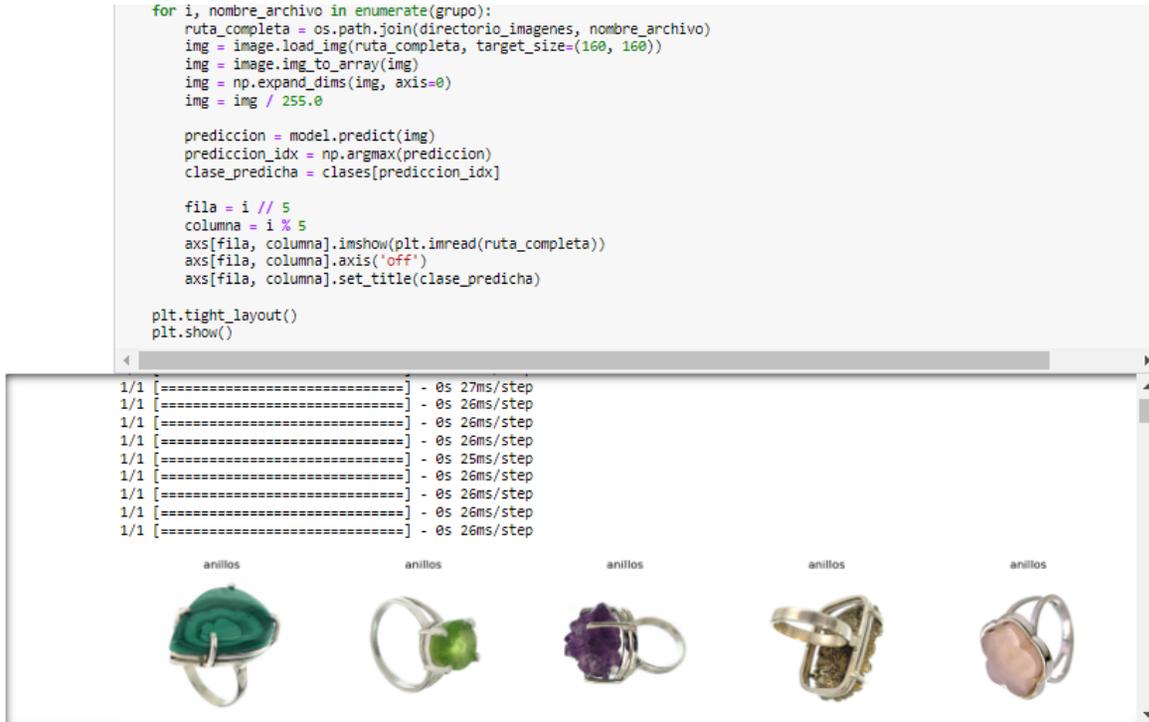
161	test_images\aretes 93.png	aretes	323	test_images\pulseras 90.png	pulseras
162	test_images\aretes 94.png	aretes			

Nota: Los resultados de las predicciones del modelo de transferencia aprendizaje, permitieron elaborar la tabla de matriz de confusión tomando los indicadores como: precisión, sensibilidad, especificidad y eficacia, como se muestra en el capítulo III.

### Anexo N°9. Resultados del tiempo en clasificar con el modelo de transferencia aprendizaje

Figura 53

Tiempo en clasificar con el modelo de transferencia aprendizaje en cada categoría

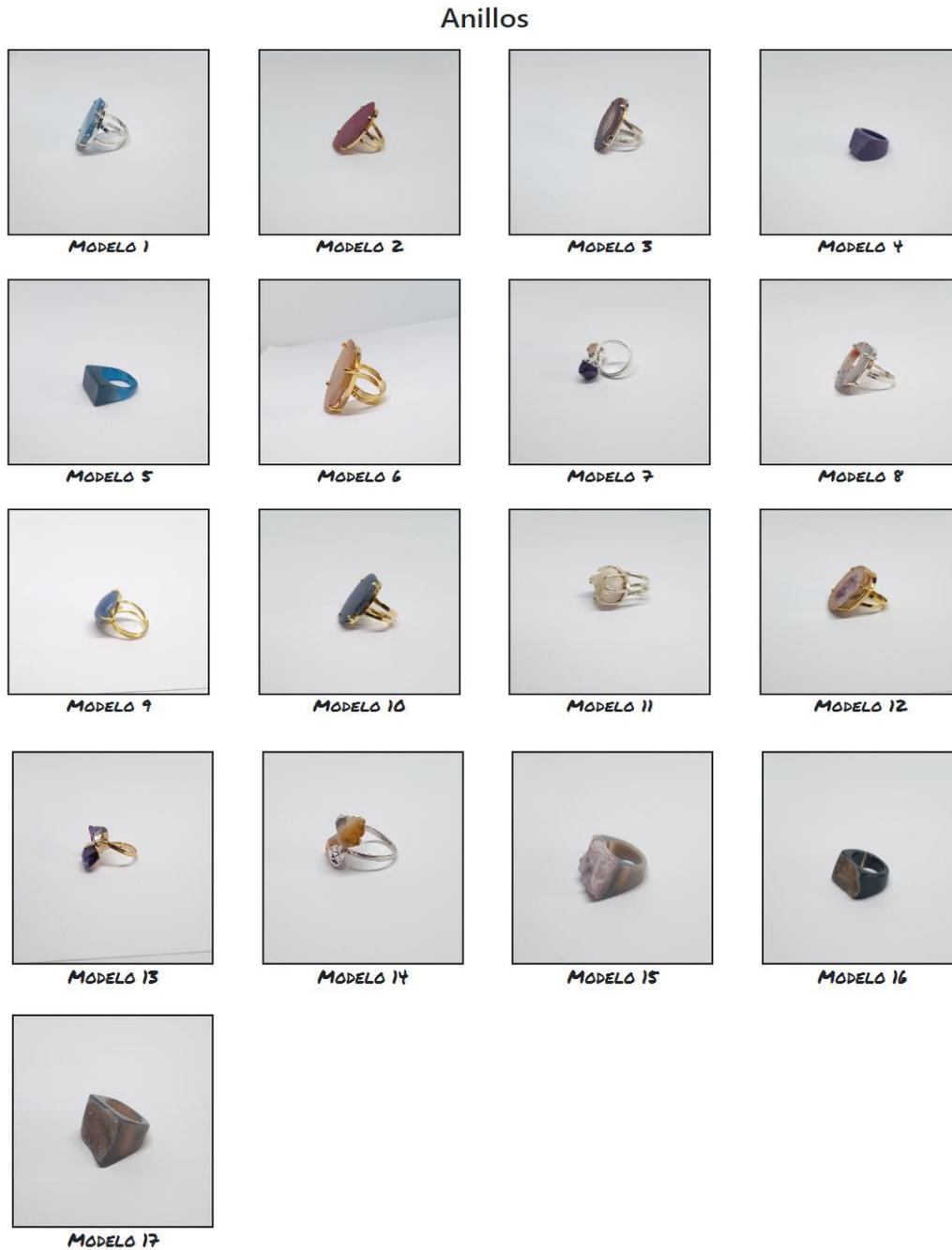


Fuente: Elaboración propia.

## Anexo N° 10. Elaboración del dataset de artesanía de bisutería

Figura 54

Modelos de anillos

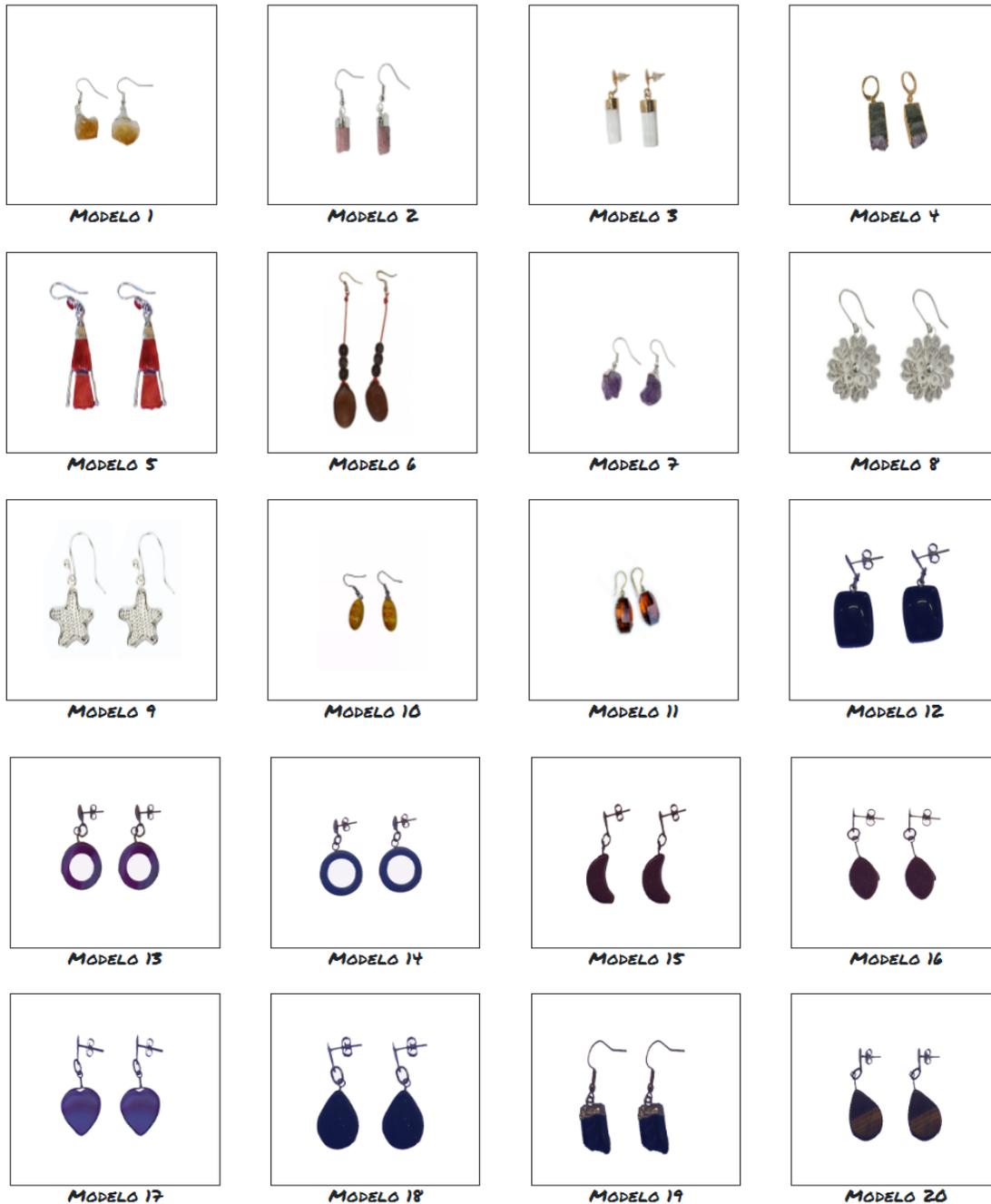


Fuente: Elaboración propia, imágenes de los modelos de anillos de la empresa Artelix.

**Figura 55**

*Modelos de aretes*

**Aretes**



Fuente: Elaboración propia, imágenes de los modelos de anillos de la empresa Artelix.

**Figura 56**

*Modelos de pulseras*

**Pulseras**



*Fuente:* Elaboración propia, imágenes de los modelos de anillos de la empresa Artelix.

**Figura 57**

*Modelos de collares*

**Collares**



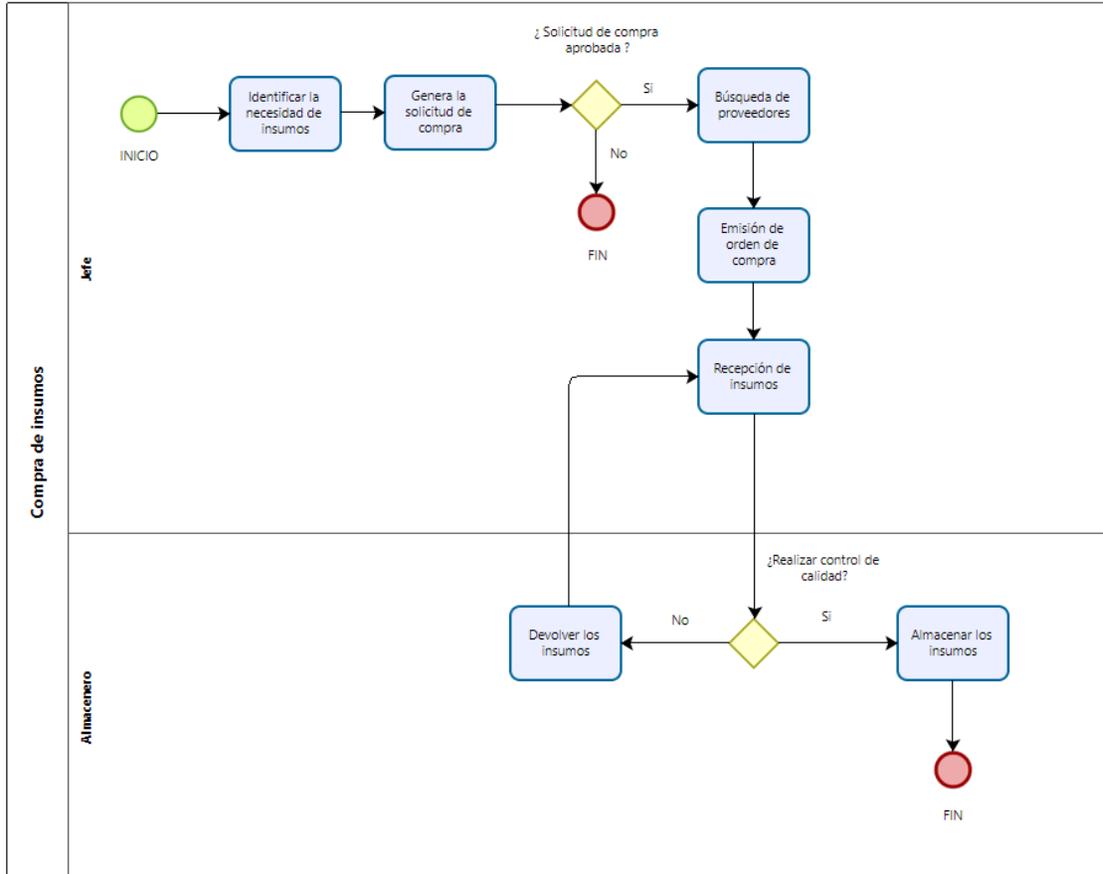


Fuente: Elaboración propia, imágenes de los modelos de anillos de la empresa Artelix.

## Anexo N° 11. Proceso de clasificación de bisutería

Figura 58

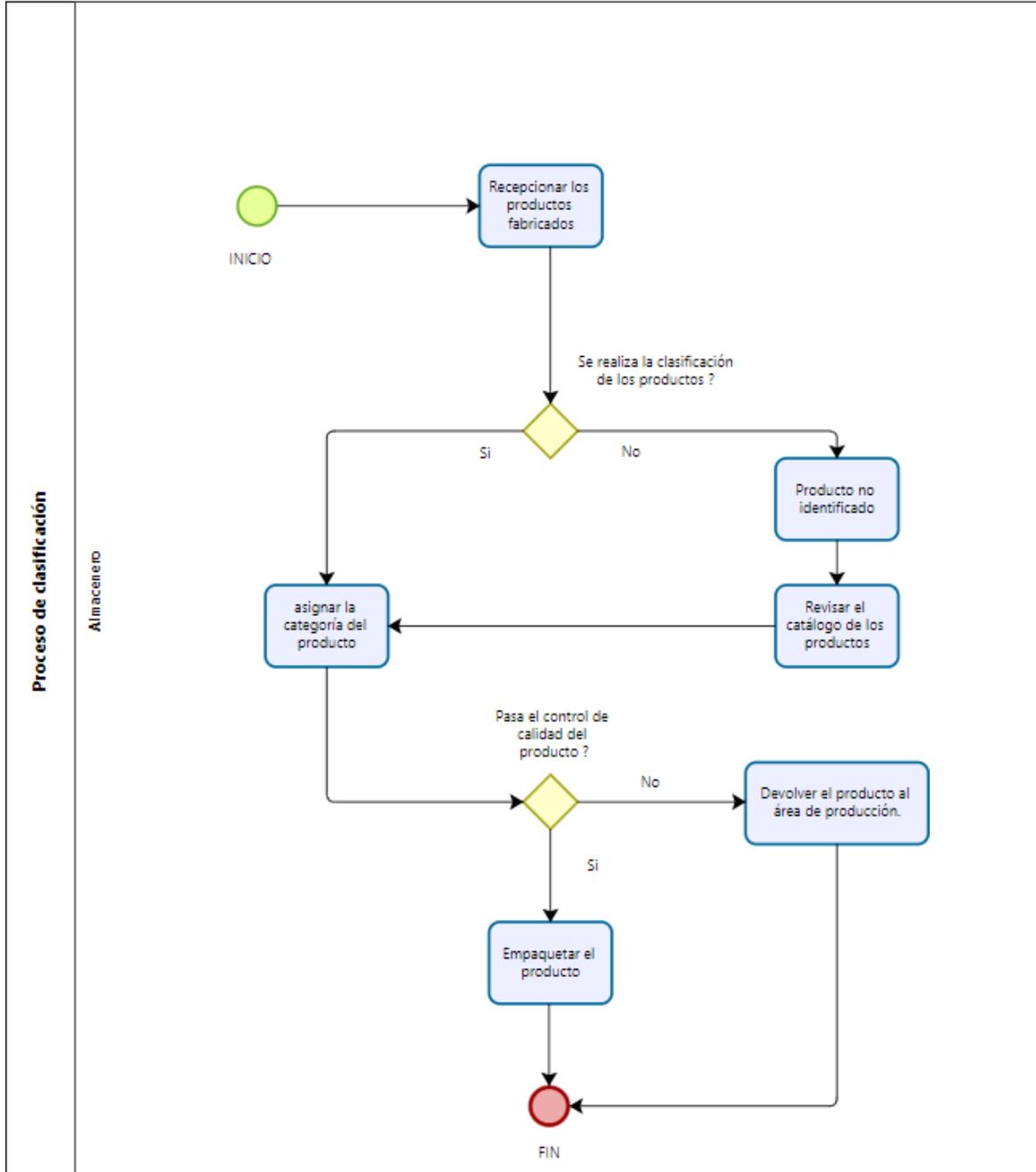
Proceso de compra de insumos



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 59**

*Proceso de clasificación de bisutería*



*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 60**

*Clasificación de bisutería*



*Fuente:* Elaboración propia.

## Anexo N° 12. Prototipo de aplicativo basado en el modelo de red neuronal convolucional de transferencia de aprendizaje

Figura 61

Clasificación anillos



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 62**

*Clasificación de aretes*



*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 63**

*Clasificación collares*



*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 64**

*Clasificación pulseras*

Clasificación de artesanía de bisutería



Clasificar

Categoría: pulseras

Tiempo de predicción en milisegundos: 102.20 ms

Tiempo de predicción en Segundos: 0.10 s

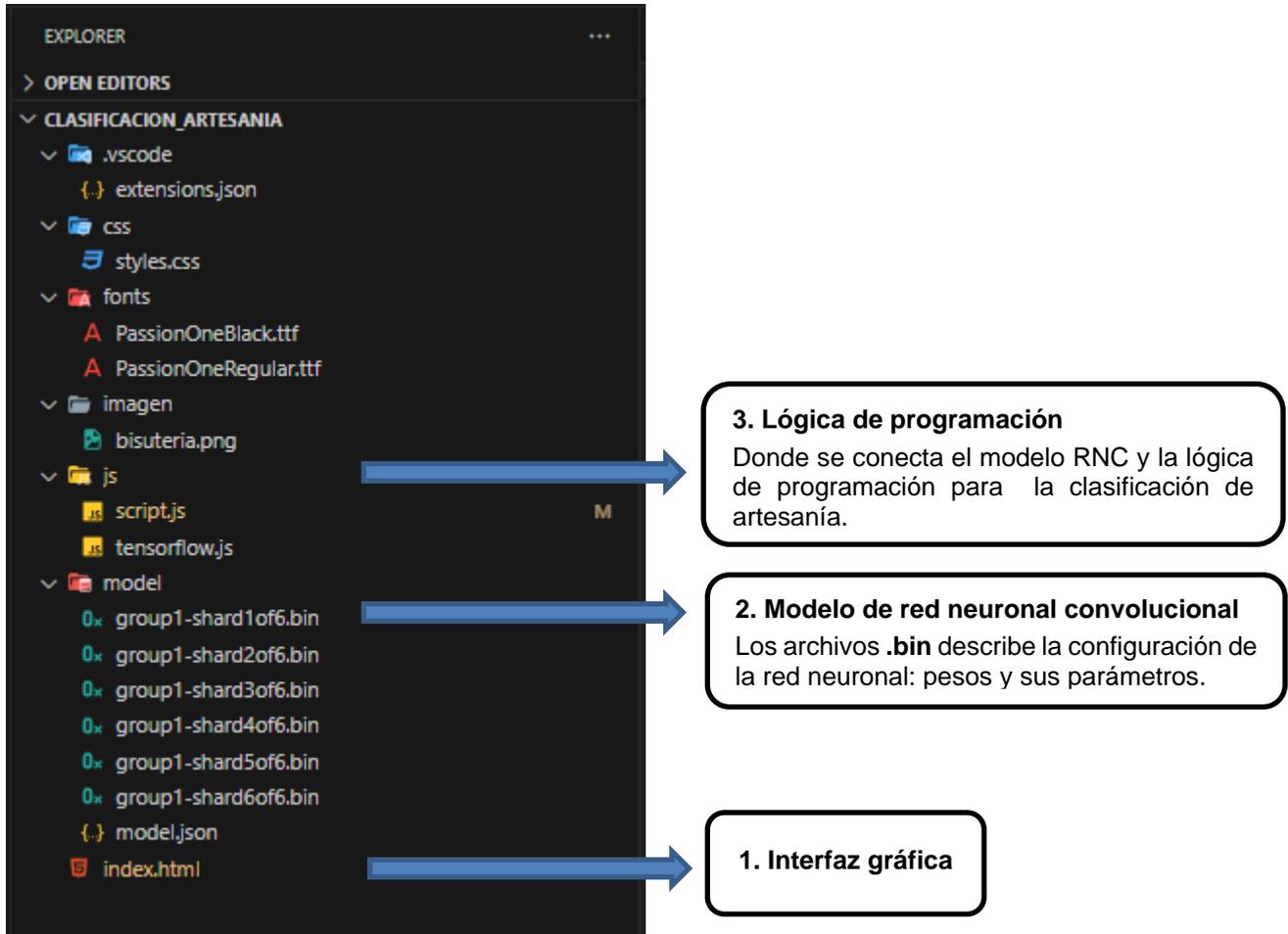


*Fuente:* Elaboración propia.

## Anexo N° 13. Código del prototipo de aplicativo basado en el modelo de red neuronal convolucional

Figura 65

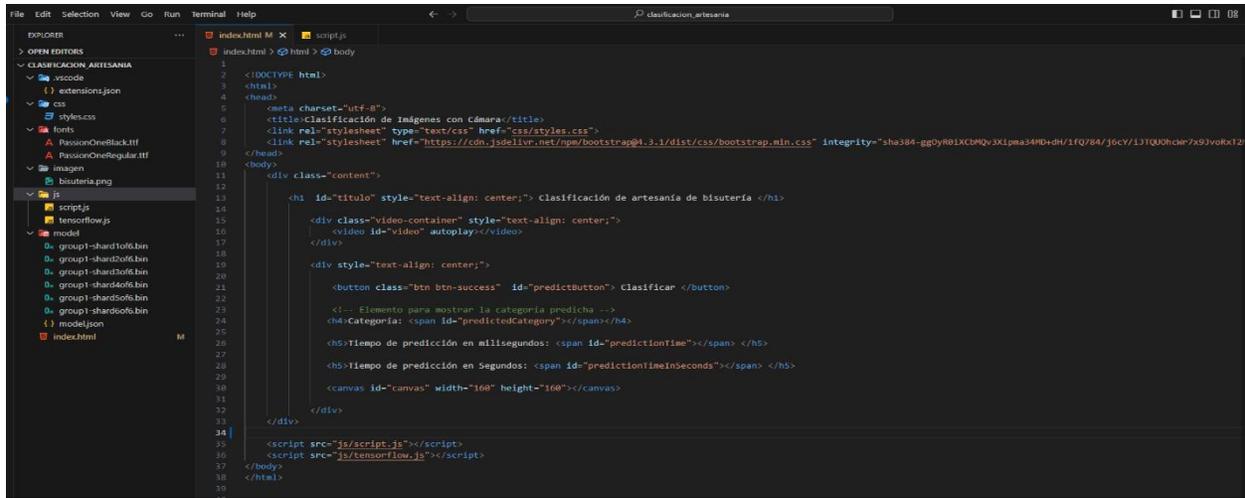
Estructuras de las carpetas del aplicativo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 66

Interfaz gráfica



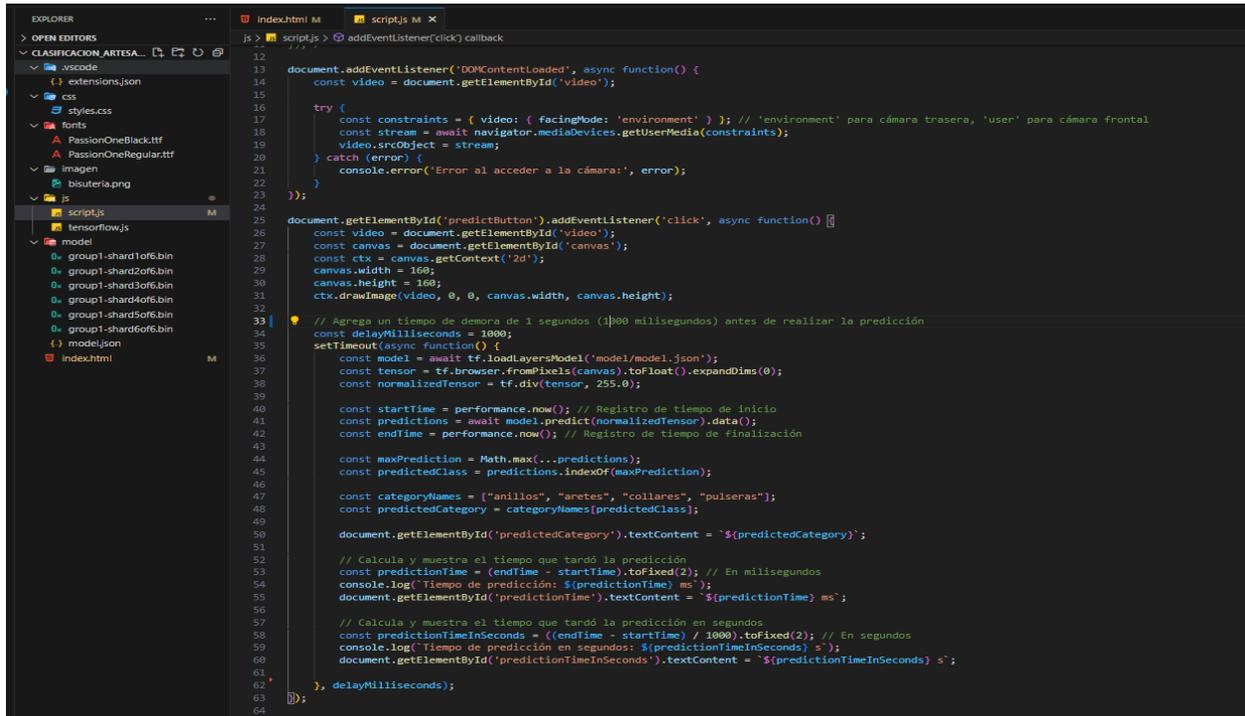
```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3 <head>
4 <meta charset="utf-8">
5 <title>Clasificación de Imágenes con Cámara</title>
6 <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/styles.css">
7 <link rel="stylesheet" href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@4.3.1/dist/css/bootstrap.min.css" integrity="sha384-ggoyR1XcBPMQv3Xl1pma34HD+h11fQ784/j6cV/13T000hclw7x9Jvol8X1Z"
8 </head>
9 <body>
10 <div class="content">
11 <div id="titulo" style="text-align: center;">Clasificación de artesanía de bisutería </div>
12 <div class="video-container" style="text-align: center;">
13 <video id="video" autoplay</video>
14 </div>
15 <div style="text-align: center;">
16 <button class="btn btn-success" id="predictButton"> Clasificar </button>
17 <div style="margin-top: 10px;">
18 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">
19 <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; border-radius: 5px; width: 150px; text-align: center;">
20 <div style="font-size: 0.8em; color: #666; margin-bottom: 5px;">Elemento para mostrar la categoría predicha -->
```

Fuente: Elaboración propia.

Figura 67

Lógica de programación



```

12 document.addEventListener('DOMContentLoaded', async function() {
13   const video = document.getElementById('video');
14
15   try {
16     const constraints = { video: { facingMode: 'environment' } }; // 'environment' para cámara trasera, 'user' para cámara frontal
17     const stream = await navigator.mediaDevices.getUserMedia(constraints);
18     video.srcObject = stream;
19   } catch (error) {
20     console.error('Error al acceder a la cámara:', error);
21   }
22 });
23
24 document.getElementById('predictButton').addEventListener('click', async function() {
25   const video = document.getElementById('video');
26   const canvas = document.getElementById('canvas');
27   const ctx = canvas.getContext('2d');
28   canvas.width = 160;
29   canvas.height = 160;
30   ctx.drawImage(video, 0, 0, canvas.width, canvas.height);
31
32   // Agrega un tiempo de demora de 1 segundos (1000 milisegundos) antes de realizar la predicción
33   const delayMilliseconds = 1000;
34   setTimeout(async function() {
35     const model = await tf.loadLayersModel('model/model.json');
36     const tensor = tf.browser.fromPixels(canvas).toFloat().expandDims(0);
37     const normalizedTensor = tf.div(tensor, 255.0);
38
39     const startTime = performance.now(); // Registro de tiempo de inicio
40     const predictions = await model.predict(normalizedTensor).data();
41     const endTime = performance.now(); // Registro de tiempo de finalización
42
43     const maxPrediction = Math.max(...predictions);
44     const predictedClass = predictions.indexOf(maxPrediction);
45
46     const categoryNames = ["anillos", "aretes", "collares", "pulseras"];
47     const predictedCategory = categoryNames[predictedClass];
48
49     document.getElementById('predictedCategory').textContent = `${predictedCategory}`;
50
51     // Calcula y muestra el tiempo que tardó la predicción
52     const predictionTime = (endTime - startTime).toFixed(2); // En milisegundos
53     console.log('Tiempo de predicción: ${predictionTime} ms');
54     document.getElementById('predictionTime').textContent = `${predictionTime} ms`;
55
56     // Calcula y muestra el tiempo que tardó la predicción en segundos
57     const predictionTimeInSeconds = ((endTime - startTime) / 1000).toFixed(2); // En segundos
58     console.log('Tiempo de predicción en segundos: ${predictionTimeInSeconds} s');
59     document.getElementById('predictionTimeInSeconds').textContent = `${predictionTimeInSeconds} s`;
60
61   }, delayMilliseconds);
62
63 });
64

```

Fuente: Elaboración propia.