
Lectura del consumo de energía eléctrica en medidores analógicos utilizando servicios de visión artificial en la nube

Reading electrical energy consumption in analog meters using artificial vision services in the cloud

Juan Jimmy Medina Tinoco

<https://orcid.org/0000-0001-5003-9956>

juan.medina15@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

RECIBIDO: 13/05/2024 - ACEPTADO: 15/06/2024 - PUBLICADO: 31/07/2024

RESUMEN

Actualmente, en el Perú, todavía se mantiene el proceso manual de lecturas del consumo eléctrico que se realizan casa por casa. En dicho proceso existen errores en la lectura, lo cual conlleva a una facturación errónea del consumo eléctrico. Ante ello, se propone una alternativa de solución de lectura en base a imágenes y utilizando la tecnología de visión artificial o visión por computadora. Para tal fin, se generó un conjunto de imágenes con lecturas de consumos de un medidor analógico de la localidad de Barranca, el cual, las imágenes, tal cual fueron tomadas, pasaron por un mecanismo automatizado que utilizaron cada uno de los servicios de visión artificial de los 3 principales proveedores de nube Azure, Amazon, Google. El estudio tiene como objetivo determinar que tecnología de visión por computadora tiene la mayor precisión en la lectura del valor del consumo eléctrico en base a la imagen de un medidor analógico. Se utilizaron los servicios de visión artificial que disponibilizan cada proveedor de nube, para Azure se consumió el servicio de Visión de Azure AI, para Amazon se consumió el servicio de Amazon Rekognition y para Google se consumió el servicio de Visión AI. Se recopiló 100 imágenes de medidores con su consumo eléctrico, el cual sirvió como el conjunto de datos de la presente investigación. Para la propuesta de solución se implementó un modelo con 6 etapas: Recopilar Imágenes, Identificar la Región Consumo Eléctrico, Procesar Detección Consumo Eléctrico con Azure Computer Visión, Procesar Detección Consumo Eléctrico con Amazon Rekognition, Procesar Detección Consumo Eléctrico con Google Visión AI y Evaluar Resultados. El modelo implementado obtuvo como resultados que el proveedor de nube Amazon con su servicio de visión artificial Amazon Rekognition tuvo la más alta precisión en la lectura del valor del consumo de eléctrico.

Palabras clave: Medidor de electricidad, Lectura consumo eléctrico, Computación en la nube, Visión Artificial, Visión por computadora, Amazon Rekognition, Google Cloud Visión AI.

ABSTRACT

Currently, in Peru, the manual process of electricity consumption readings carried out house by house is still maintained. In this process there are errors in the reading, which leads to erroneous billing of electrical consumption. Given this, an alternative reading solution is proposed based on images and using computer vision or artificial vision technology. For this purpose, a set of images was generated with consumption readings from an analog meter in the town of Barranca, which, the images, as they were taken, went through an automated mechanism that each of the vision services used. computer from top 3 cloud providers Azure, Amazon, Google. The study aims to determine which computer vision technology has the greatest precision in determining the value of electrical consumption based on the image of an analog meter. The computer vision services made available by each cloud provider were used, for Azure the Azure AI Vision service was consumed, for Amazon the Amazon Rekognition service was consumed and for Google the AI Vision service was consumed. 100 images of meters with their electrical consumption were collected, which served as the data set of this investigation. For the solution proposal, a model with 6 stages was implemented: Collect Images, Identify the Electrical Consumption Region, Process Electrical Consumption Detection with Azure Computer Vision, Process Electrical Consumption Detection with Amazon Rekognition, Process Electrical Consumption Detection with Google Vision AI and Evaluate Results. The implemented model obtained the results that the cloud provider Amazon with its computer vision service Amazon Rekognition had the highest precision in detecting the value of electricity consumption.

Keywords: Electricity meter, Electrical consumption reading, Cloud computing, Artificial Vision, Computer Vision, Amazon Rekognition, Google Cloud AI Vision.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, la migración en la utilización de los medidores inteligentes de los hogares de los ciudadanos es un proceso en el cual la transición puede demorar años, la implementación de la infraestructura todavía está en proceso de análisis (Cordano, 2017), iniciación por el cual, ante los problemas de lecturas erróneas del consumo eléctrico el cual se realiza manualmente, se requiere de una alternativa de solución rápida y eficaz que permita automatizar las lecturas.

Actualmente, el crecimiento de soluciones en visión artificial por los diferentes proveedores de la computación en la nube son alternativas tecnológicas de debemos aprovecharlas y utilizarlas para plantear propuestas de solución ante algún problema de nuestra organización, para ello vamos a evaluar que tecnología de visión artificial que nos ofrecen los proveedores de la nube como servicio es la mejor para poder determinar cuál se debe usar en el modelo de la propuesta de solución.

Las soluciones planteadas para automatizar la lectura del consumo eléctrico de un medidor, están orientadas a mecanismos complejos, como la utilización de redes neuronales en base a videos o imágenes, en la cual conllevan a resultados que se obtienen pasando por fases de pre procesamiento hasta la implementación de la solución final. Otras propuestas están orientadas a la migración hacia los medidores inteligentes, el cual si bien es cierto trae buenos beneficios en la operatividad y control del consumo eléctrico, todavía se están evaluando su implementación por temas de seguridad y el costo-beneficio de su despliegue.

Las distribuidoras de energía eléctrica todavía mantienen personal de campo para la toma manual de lecturas del consumo eléctrico (Gabriel Salomon, 2020), el cual se dirigen a cada casa para obtener, de forma visual, el consumo de energía del medidor analógico que es registrado en su padrón manualmente para luego ser derivado a oficina para su posterior registro en el sistema informático para la respectiva facturación. Este proceso, por ser manualmente, está propenso a errores humanos en la mala lectura de la energía eléctrica el cual origina reclamos de los ciudadanos por el monto errores en su facturación mensual.

¿De qué manera una tecnología de visión por computadora de la computación en la nube permitirá detectar correctamente la lectura del consumo eléctrico?

El objetivo del presente trabajo de investigación es comparar los servicios actuales de visión por computadora que nos ofrecen los diferentes proveedores de la computación en la nube e identificar cual es la que nos brinda la mayor precisión para la propuesta de solución al problema de las lecturas erróneas del consumo eléctrico que se producen actualmente por el proceso manual de lectura. Para tal fin, se generará un conjunto de imágenes con lecturas de consumos de un medidor analógico en la localidad de Barranca, el cual, las imágenes, tal cual fueron tomadas, por medio de un mecanismo automatizado serán consumidas por cada uno de los servicios de visión por computadora de los 3 proveedores principales y líderes del mercado en inteligencia artificial (Jim Scheibmeir, 2023): Azure AI , AWS Rekognition, Google Cloud Visión , para así poder determinar que tecnología de visión artificial tiene la mayor potencia

y precisión en determinar el valor del consumo eléctrico en base a la imagen sin procesar de un medidor analógico.

El contenido del documento se organiza de la siguiente manera: Los materiales y métodos se presenta en la Sección II. Los resultados se detallan en la Sección III y finalmente, se explica la conclusión en la Sección IV

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. MATERIALES

En esta parte de la investigación se menciona las tecnologías de visión por computadora que se van a utilizar en la presente investigación y también se describe el conjunto de datos que está formado por imágenes del medidor analógico con su consumo eléctrico.

1. Tecnologías de Visión por Computadora

a) *Google Visión AI*

Es un servicio de la empresa Google, el cual mediante su plataforma de Visión AI el cual ofrece las siguientes funcionalidades:

- Utiliza el aprendizaje automático para entender las imágenes con una alta precisión.
- Entrena modelos de aprendizaje automático que clasifican imágenes a partir de tus etiquetas personalizadas con AutoML Visión.
- Detecta objetos y caras, lee texto manuscrito y consigue metadatos de imágenes de gran valor gracias a la API de Visión. (Google Cloud, s.f)

Donde por medio de la API de Cloud Visión permite a los desarrolladores integrar con facilidad las funciones de detección de visión en las aplicaciones, como el etiquetado de imágenes, la detección de rostros y de puntos de referencia, el reconocimiento óptico de caracteres y el etiquetado de contenido explícito. (Google Cloud, 2024)

b) *Amazon Rekognition*

Amazon Rekognition es un servicio de Amazon que facilita la incorporación de análisis de imagen y vídeo a las aplicaciones mediante las capacidades avanzadas de visión artificial que éste posee. El servicio se basa en la tecnología de aprendizaje profundo altamente escalable desarrollada por los científicos de visión informática de Amazon

para analizar miles de imágenes y vídeos al día. El servicio puede identificar objetos, personas, texto, escenas y actividades. Asimismo, puede detectar cualquier contenido inadecuado. Amazon Rekognition proporciona además funcionalidades de análisis, comparación y búsqueda de rostros altamente precisas en imágenes y videos. (Amazon Web Services, 2024)

Amazon Rekognition permite reconocer y extraer contenido de texto a partir de imágenes y videos. Para la detección de texto en imágenes, es capaz de detectar el texto y números en diferentes orientaciones, como los que se suelen utilizar en pancartas y carteles. Después de detectar texto, crea una representación de palabras y líneas de texto detectadas, con una relación entre ellas e indicando donde se encuentra el texto en una imagen. (Amazon Web Services, 2024)

c) *Visión de Azure AI*

Es un servicio de inteligencia artificial de Microsoft que analiza el contenido de imágenes y vídeos.

Mediante el uso de sus servicios, ofrece funcionalidades innovadoras de computer vision como el análisis de imágenes (detección, clasificación de objetos y sus características), análisis espacial (detección de personas en movimiento y en tiempo real), reconocimiento óptico de caracteres (extracción de textos de imágenes y manuscritos) y el reconocimiento facial. (Microsoft, 2024)

Asimismo, provee a los desarrolladores el acceso a algoritmos avanzados para procesar imágenes y devolver información. Al cargar una imagen o al especificar una URL de imagen, los algoritmos de Visión de Azure AI pueden analizar el contenido visual de diferentes maneras basándose en las entradas y las opciones del usuario. (Microsoft, 2024). Mediante el servicio de reconocimiento óptico de caracteres permite extraer textos de imágenes, para ello dicho servicio utiliza modelos basados en aprendizaje profundo que están entrenados para extraer textos de varias superficies y fondos. (Microsoft, 2023)

2. Características del Conjunto de Datos

El conjunto de datos estará conformado por 100 imágenes tomadas con diferentes lecturas de un medidor analógico medidor monofásico de tres hilos, clase 1 y de tipo CO-U449MT (Figura 1) de la urbanización La Florida, provincia de Barranca. Para la recolección de estas imágenes se va

a utilizar un celular con una cámara de 12 megapíxeles, con el cual se van a realizar fotografías del consumo eléctrico de un medidor analógico. Estas imágenes serán tomadas en determinados días, en el turno de la mañana (horario entre las 09:00 – 13:00) y en el turno de la tarde (horario de 14:00 a 18:00). Las imágenes tendrán una dimensión de 3072 x 4096 en formato jpg.

Figura 1
Medidor Analógico.



Fuente: Elaboración propia

B. MÉTODOS

El enfoque del estudio es cuantitativo y el diseño es experimental, ya que los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula. En ese sentido, se manipulará la variable independiente, que es la variable de interés de la investigación

y se procederá a observar el efecto que causa ésta en la variable dependiente. (Sampieri, 2014)

La población de estudio es el medidor analógico (electromecánicos) de consumo eléctrico que se todavía se utilizan en los hogares de la urbanización La Florida, provincia de Barranca, la denominación técnica del equipo es medidor monofásico de tres hilos, clase 1 y de tipo CO-U449MT.

1. Etapas del Método Propuesto

La propuesta de solución estará compuesta de las siguientes etapas. (Figura 2):

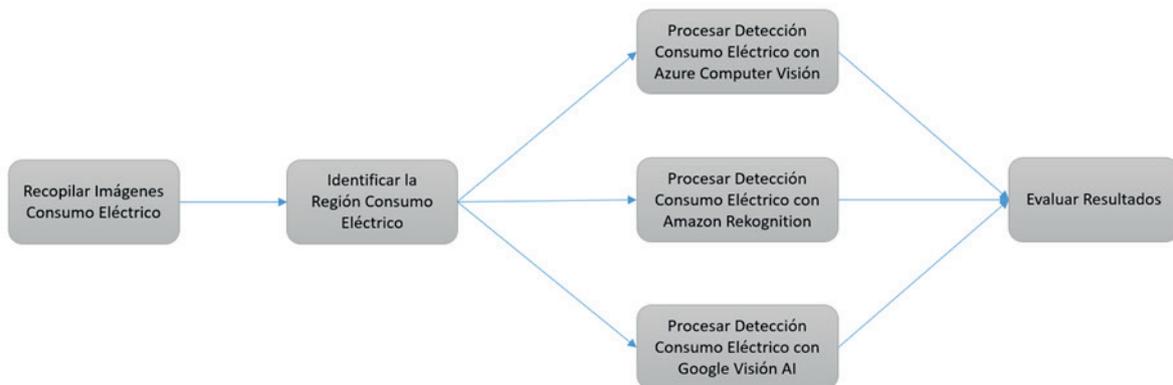
a) Recopilar Imágenes Consumo Eléctrico

Se recopila un total de 100 imágenes de los consumos eléctricos de un medidor analógico, dichas imágenes formaran el conjunto de datos en el cual será el input para el algoritmo que se encargará de procesar la detección del consumo eléctrico.

b) Identificar la Región Consumo Eléctrico

Se utilizó la herramienta Visual Studio Code para implementar el algoritmo en python 3.10.4 que se encarga de procesar las imágenes con las 3 tecnologías de computación en la nube. En esta etapa, el algoritmo se encarga de identificar la región de interés de la imagen, es decir la sección donde se encuentra específicamente el valor del consumo eléctrico. (Figura 3)

Figura 2
Flujo del modelo propuesto.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3
Identificar Región Consumo.



Fuente: Elaboración propia

Para ello, el algoritmo ha utilizado las librerías de OpenCV (OpenCV, 2022), para establecer los contornos e identificar la región de interés, teniendo como resultado una nueva imagen con el valor del consumo eléctrico. (Figura 4)

Figura 4
Extraer Región Consumo.



Fuente: Elaboración propia

c. Procesar Detección Consumo Eléctrico con Azure AI

En esta etapa, el algoritmo desarrollado en python utiliza el servicio de reconocimiento óptico de caracteres de Azure AI, donde por medio de su motor de OCR, el cual está basado en múltiples modelos avanzados de aprendizaje automático (Microsoft, 2024)], permitirá extraer de la imagen el texto con el valor del consumo eléctrico. Se utilizó la última versión del servicio de OCR, la Image Analysis 4.0, la cual esta nueva versión ofrece el conocido motor Read OCR en una API sincrónica unificada de rendimiento mejorado que facilita la obtención del reconocimiento óptico de caracteres (Microsoft, 2024). Se instaló el kit de desarrollo de software(SDK) de cliente azure de Image Analysis para Python, la cual es la librería azure-ai-vision-imageanalysis (Microsoft, 2024), que el proveedor de nube Azure tiene disponible para procesar las imágenes que contiene el valor del consumo eléctrico. El algoritmo procesará las 100 imágenes y se tendrá como resultado la detección del valor numérico del consumo eléctrico.

d) Procesar Detección Consumo Eléctrico con Amazon Rekognition

En esta etapa, el algoritmo desarrollado en python utiliza el servicio de Detección de Texto de Amazon Rekognition, donde para su uso se instaló el kit de desarrollo de software (SDK) denominado AWS SDK para python, la cual es la librería boto3 (Amazon Web Services, 2024), que el proveedor de nube Amazon tiene disponible para procesar las imágenes que contiene el valor del consumo eléctrico. El algoritmo procesará las 100 imágenes y se tendrá como resultado la detección del valor numérico del consumo eléctrico.

e) Procesar Detección Consumo Eléctrico con Google Visión AI

En esta etapa, el algoritmo desarrollado en python utiliza el servicio de reconocimiento óptico de caracteres que ofrece Google Vision, para ello se instaló las bibliotecas cliente de cloud para utilizar las funcionalidades de Google Vision, la cual, para Python se instaló la librería google-cloud-vision (Google Cloud, 2024) , que el proveedor de nube Google tiene disponible para procesar las imágenes que contiene el valor del consumo eléctrico. El algoritmo procesará las 100 imágenes y se tendrá como resultado la detección del valor numérico del consumo eléctrico.

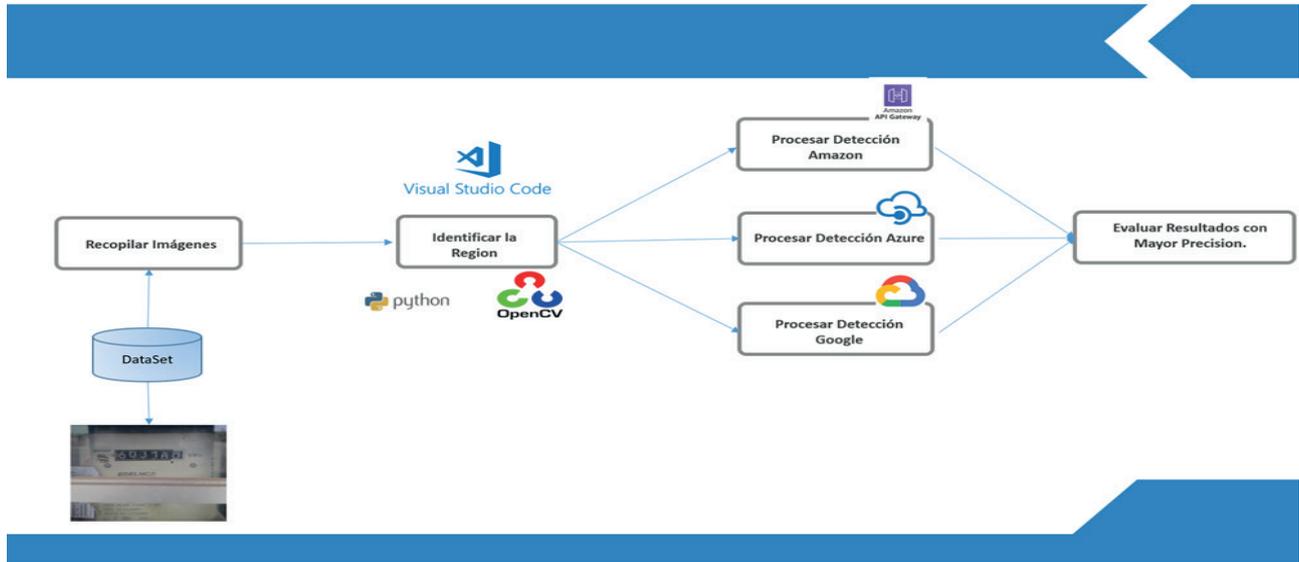
f) Evaluar Resultados

En esta etapa se compararán los resultados obtenidos del procesamiento de detección del consumo eléctrico ejecutados por los 3 proveedores de nube de Azure, Amazon y Google. Por cada resultado se tiene la cantidad de detecciones correctas y la cantidad de detecciones fallidas, en base a esos datos obtenidos se determinará cual es el proveedor de nube utilizando la visión por computadora tiene el mayor porcentaje de precisión en la detección del consumo eléctrico basado en imágenes.

III. RESULTADOS

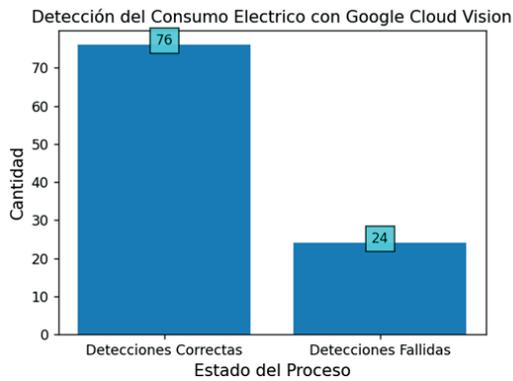
En esta parte del documento se presentan los resultados que se han obtenido al ejecutar el algoritmo del modelo propuesto consumiendo los servicios de visión por computadora de los proveedores de nube de Azure, Amazon y Google. En total se tuvo 3 ejecuciones, en el cual cada una de ellas procesó 100 imágenes y se obtuvo las detecciones del valor del consumo por cada una.

Figura 5
Propuesta Técnica.



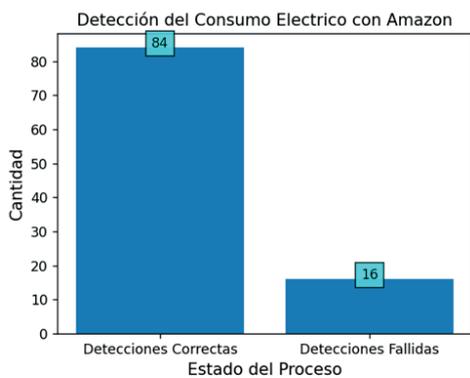
Fuente: Elaboración propia

Figura 6
Resultados de Detección con el proveedor de nube Google.



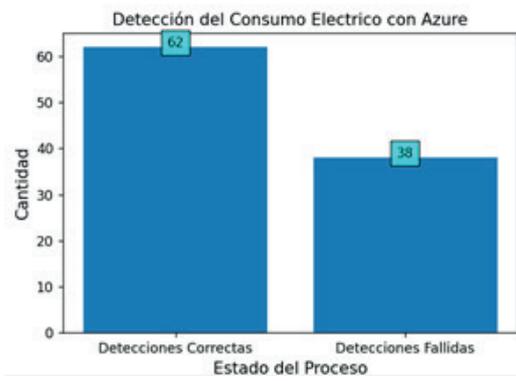
Fuente: Elaboración propia

Figura 7
Resultados de Detección con el proveedor de nube Amazon.



Fuente: Elaboración propia

Figura 8
Resultados de Detección con el proveedor de nube Azure.



Fuente: Elaboración propia

Para obtener la precisión en la detección que tuvo cada proveedor de nube, se utilizó la siguiente fórmula simple, donde el 100% nos indica que hay una precisión completa y precisa en la detección del valor del consumo eléctrico.

$$Precisión = \frac{Detecciones\ Correctas}{Cantidad\ Total} \times 100$$

Donde,

Detecciones Correctas: Cantidad donde se detectó correctamente el valor del consumo eléctrico.

Cantidad Total: Total de imágenes procesadas.

Con los resultados obtenidos se tiene la siguiente Tabla 1 donde se puede observar que el proveedor

de nube Amazon con su tecnología de visión por computadora tiene la más alta precisión en la lectura del valor del consumo eléctrico con un 84%, a comparación con los proveedores de nube Google y Azure que tienen un 76% y 66%.

Tabla 1

Resumen de los resultados de detección.

Proveedor Nube	Lecturas Correctas	Lecturas Fallidas	Precisión
Amazon	84	16	84%
Google	76	24	76%
Azure	62	38	62%

Fuente: Elaboración propia

IV. CONCLUSIONES

En este artículo se presentó un modelo como una propuesta de solución para la lectura del consumo eléctrico utilizando las tecnologías de visión por computadora de los 3 principales de proveedores de nube: Azure, Amazon y Google.

El objetivo de la investigación era comparar y determinar que proveedor de nube con su tecnología de visión por computadora nos brinda la mayor precisión en la lectura del consumo eléctrico en base a imágenes de un medidor analógico. Los resultados mostraron que el sistema puede reconocer el valor del consumo eléctrico desde una imagen en 6 etapas, teniendo la más alta precisión con un 84% el proveedor de nube Amazon en comparación con Azure y Google.

Estos resultados son de alta relevancia ya que nos indica que el modelo de computación en la nube y sus tecnologías de visión por computadora pueden brindar componentes de vanguardia que pueden ayudar o mejorar los procesos de negocio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Amazon Web Services. (2024). ¿Qué es Amazon Rekognition? Recuperado el 15 de Marzo de 2024, de AWS: https://docs.aws.amazon.com/es_es/rekognition/latest/dg/what-is.html
- [2] Amazon Web Services. (2024). Detección de texto. Recuperado el 15 de Marzo de 2024, de AWS: https://docs.aws.amazon.com/es_es/rekognition/latest/dg/text-detection.html
- [3] Amazon Web Services. (2024). Uso de Rekognition con un AWS SDK. Recuperado el 20 de Marzo de 2024, de AWS: https://docs.aws.amazon.com/es_es/rekognition/latest/dg/sdk-general-information-section.html
- [4] Cordano, A. V. (2017). Aspectos económicos de la implementación de redes inteligentes (smart grids) en el sector eléctrico peruano. Documento de Trabajo No 38, Gerencia de Políticas y Análisis Económico – Osinerghmin.
- [5] Gabriel Salomon, R. L. (2020). Deep Learning for Image-based Automatic Dial Meter Reading: Dataset and Baselines. 2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) (págs. 1-8). IEEE.
- [6] Google Cloud. (03 de Abril de 2024). Bibliotecas cliente para Vision. Recuperado el 04 de Abril de 2024, de Google: <https://cloud.google.com/vision/docs/libraries?hl=es-419#client-libraries-usage-python>
- [7] Google Cloud. (11 de Marzo de 2024). Documentación de Cloud Vision. Recuperado el 15 de Marzo de 2024, de Google: <https://cloud.google.com/vision/docs?hl=es-419>
- [8] Google Cloud. (s.f). Cloud Visio API. Recuperado el 15 de Marzo de 2024, de Google: <https://cloud.google.com/vision>
- [9] Jim Scheibmeir, S. S. (22 de Mayo de 2023). Magic Quadrant for Cloud AI Developer Services. Recuperado el 15 de Marzo de 2024, de Gartner: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-2DQSO1TM&ct=230522&st=sb>
- [10] Microsoft. (14 de Agosto de 2023). OCR: reconocimiento óptico de caracteres. Recuperado el 16 de Marzo de 2024, de Azure: <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/ai-services/computer-vision/overview-ocr>
- [11] Microsoft. (20 de Febrero de 2024). ¿Qué es Image Analysis? Recuperado el 16 de Marzo de 2024, de Azure: <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/ai-services/computer-vision/overview-image-analysis?source=recommendations&tabs=4-0>
- [12] Microsoft. (21 de Febrero de 2024). ¿Qué es Visión de Azure AI? Recuperado el 16 de Marzo de 2024, de Azure: <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/ai-services/computer-vision/overview>
- [13] Microsoft. (2024). Documentación de Visión de Azure AI. Recuperado el 16 de Marzo de 2024, de Azure: <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/ai-services/computer-vision/>

- [14] Microsoft. (27 de Febrero de 2024). Inicio rápido: Image Analysis 4.0. Recuperado el 16 de Marzo de 2024, de Azure: <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/ai-services/computer-vision/quickstarts-sdk/image-analysis-client-library-40?tabs=visual-studio%2Cwindows&pivots=programming-language-python>
- [15] Microsoft. (2024). Visión de Azure AI. Recuperado el 16 de Marzo de 2024, de Azure: <https://azure.microsoft.com/es-es/products/ai-services/ai-vision#features>
- [16] OpenCV. (5 de Junio de 2022). Open Source Computer Vision. Recuperado el 11 de Febrero de 2024, de OpenCV: https://docs.opencv.org/4.6.0/d2/d96/tutorial_py_table_of_contents_imgproc.html
- [17] Sampieri, R. H. (2014). Metodología de la Investigación 6a. Edición. McGRAW-HILL.

Financiamiento

Propia.

Conflictos de interés:

Declaro que no existe conflicto de interés de ninguna índole que haya influido en la investigación y/o en los resultados obtenidos.