



**Universidad Politécnica de Juventino  
Rosas**  
**Proyecto Integrador**  
**Implementación de GUI para análisis  
morfológico de defectos  
microestructurales**

**Presentan:**

Paloma Tovar Campos  
Laura Jacquelin Hernández González

**Asesor:**

Dr. Joel Quintanilla Domínguez

Santa Cruz de Juventino Rosas, Gto. April 3, 2025

## Contents

<b>1</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>MARCO TEORICO</b>	<b>7</b>
5.1	Procesamiento de Imágenes en Análisis Metalográfico . . . . .	7
5.2	Tecnologías Utilizadas en el Desarrollo del Proyecto . . . . .	7
5.3	Implementación en Entornos Web . . . . .	7
<b>6</b>	<b>¿Qué es un servidor?</b>	<b>8</b>
6.1	Tipos de servidores . . . . .	8
6.2	EJEMPLOS DE SERVIDORES . . . . .	8
<b>7</b>	<b>Antecedentes del Proyecto</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Fase Inicial: Implementacion en MATLAB</b>	<b>10</b>
<b>9</b>	<b>Actualizacion de la GUI</b>	<b>10</b>
<b>10</b>	<b>Implementación en PHP y Desarrollo Web</b>	<b>10</b>
<b>11</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>11</b>
11.1	ANTIGUO DISEÑO EN PHP . . . . .	11
<b>12</b>	<b>PROS Y CONTRAS DE ANTIGUO DISEÑO</b>	<b>12</b>
<b>13</b>	<b>PRESENTACIÓN INFOMATRIX 2025</b>	<b>13</b>
<b>14</b>	<b>Reporte Científico evento SOLACYT</b>	<b>16</b>
<b>15</b>	<b>Montaje en Servidor Web</b>	<b>28</b>
<b>16</b>	<b>Mejoras en la Interfaz de Usuario</b>	<b>28</b>
<b>17</b>	<b>Pruebas y Despliegue</b>	<b>28</b>
<b>18</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>29</b>
<b>19</b>	<b>PROCESO DE CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR INFIN- ITYFREE PARA ALOJAR GUI</b>	<b>30</b>
<b>20</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>32</b>



## List of Figures

1	.....	11
2	.....	14
3	.....	15
4	.....	16
5	.....	30
6	.....	30
7	.....	31
8	.....	31

# Capítulo 1

## 1 OBJETIVO GENERAL

Implementar la interfaz gráfica par el análisis de defectos microestructurales diseñada en PHP, en un sitio web, permitiendo la visualización, procesamiento y clasificación eficiente de imágenes metalográficas para su evaluación en entornos de investigación y control de calidad

## 2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar y desarrollar una interfaz gráfica intuitiva en PHP que facilite la carga, procesamiento y análisis de imágenes metalográficas.
- Integrar herramientas de procesamiento digital de imágenes que permitan la detección y clasificación de defectos microestructurales.
- Desplegar la aplicación en un entorno web accesible para los usuarios, asegurando compatibilidad y optimización en diferentes equipos.
- Validar el desempeño del sistema mediante pruebas.

## 3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El análisis de defectos microestructurales es una tarea fundamental en la caracterización de materiales en industrias como la metalurgia, la manufactura y la investigación científica. Actualmente, este proceso suele realizarse de manera manual o con software especializado que puede ser costoso y complejo de operar, lo que dificulta su accesibilidad en entornos con recursos limitados. La falta de una herramienta accesible y eficiente para la detección y clasificación de defectos en microestructuras puede llevar a errores en la evaluación de materiales, afectando la calidad del producto final y aumentando costos de producción por fallos no detectados a tiempo. Además, la dependencia de software propietario restringe la flexibilidad de análisis y dificulta la integración con otros sistemas.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar una interfaz gráfica en PHP que permita la carga, procesamiento y análisis de imágenes metalográficas, facilitando la identificación de defectos de manera eficiente y accesible para investigadores, ingenieros y técnicos.

## 4 JUSTIFICACIÓN

La implementación de una interfaz gráfica accesible y eficiente para el análisis de defectos microestructurales permitirá mejorar la precisión y rapidez en la detección de irregularidades en materiales, optimizando procesos de control de calidad en diversas industrias.

El uso de tecnologías web basadas en PHP garantiza una plataforma flexible, de bajo costo y con alta compatibilidad, permitiendo que cualquier usuario con acceso a internet pueda utilizar la herramienta sin necesidad de instalar software especializado.

# Capítulo 2

## 5 MARCO TEORICO

### 5.1 Procesamiento de Imágenes en Análisis Metalográfico

El procesamiento digital de imágenes permite automatizar la detección y clasificación de defectos en materiales. Técnicas como filtrado, segmentación y análisis morfológico facilitan la extracción de características relevantes para evaluar la calidad de una muestra. Entre los métodos más utilizados se encuentran:

**Conversión a escala de grises:** Reduce la complejidad del análisis eliminando información de color innecesaria.

**Binarización:** Permite segmentar las regiones de interés en la imagen.

**Dilatación y erosión:** Técnicas morfológicas utilizadas para mejorar la detección de estructuras en la imagen.

**Análisis de contornos:** Identificación y medición de defectos en función de su forma y tamaño.

### 5.2 Tecnologías Utilizadas en el Desarrollo del Proyecto

**PHP y su Aplicación en Interfaces Gráficas:** PHP es un lenguaje de programación de código abierto ampliamente utilizado en el desarrollo web. Su integración con HTML, CSS y JavaScript permite la creación de interfaces gráficas interactivas. En este proyecto, PHP facilitará la gestión de imágenes y la comunicación con el servidor para el procesamiento de datos.

### 5.3 Implementación en Entornos Web

El despliegue del sistema en un entorno web garantiza accesibilidad desde cualquier dispositivo con conexión a internet, eliminando la necesidad de instalar software especializado. Para ello, se emplearán tecnologías como:

**HTML, CSS y JavaScript:** Para la estructura y diseño de la interfaz gráfica.

**PHP y AJAX:** Para la comunicación entre cliente y servidor, permitiendo el procesamiento de imágenes sin recargar la página.

**Librerías de procesamiento de imágenes (GD, OpenCV):** Para aplicar algoritmos de análisis de defectos directamente en la aplicación web.

## 6 ¿Qué es un servidor?

Aparato informático que almacena, distribuye y suministra información. Los servidores funcionan basándose en el modelo “cliente-servidor”. El cliente puede ser tanto un ordenador como una aplicación que requiere información del servidor para funcionar. Por tanto, un servidor ofrecerá la información demandada por el cliente siempre y cuando el cliente esté autorizado. Los servidores pueden ser físicos o virtuales.

### 6.1 Tipos de servidores

**Servidor Web:** Almacena y organiza el contenido de las páginas web y se lo proporciona al usuario a través del navegador web del usuario. La transmisión de los datos se suele realizar con http (HyperText Transfer Protocol). El http se encarga de transmitir la información de la WWW (World Wide Web).

**DNS (Domain Name Server):** El dominio es el nombre que recibe una página web. El servidor DNS se encarga de relacionar una dirección de dominio.

**Proxy Server:** Es un servidor de puerta de entrada. Se encarga de conectar una red cliente (navegador web o aplicación) con un sistema externo para que se puede llevar a cabo la solicitud de conexión, mejor rendimiento y accesibilidad. Es decir, la conexión se beneficia del caché que almacena, haciendo que una página ya visitada por el usuario se cargue más rápido y reduciendo el ancho de banda de la red.

**Servidor de correo electrónico:** Se encarga del flujo de correo electrónico de los usuarios, permitiendo que se almacene, envíe, reciba y reenvíe los e-mails.

**Servidor FTP:** el nombre procede de File Transfer Protocol, también conocido como protocolo de transferencia de archivos en español. Sirve para transferir archivos entre un cliente y un servidor. De esta forma, el servidor puede recibir archivos del cliente y le posibilita la descarga de los archivos a los clientes.

### 6.2 EJEMPLOS DE SERVIDORES

#### GitHub

Es un servicio basado en la nube que aloja un sistema de control de versiones (VCS) llamado Git. Éste permite a los desarrolladores colaborar y realizar cambios en proyectos compartidos, a la vez que mantienen un seguimiento detallado de su progreso. El control de versiones es un sistema que ayuda a rastrear y gestionar los cambios realizados en un archivo o conjunto de archivos.

**Firebase de Google** Es una plataforma en la nube para el desarrollo de aplicaciones web y móvil. Está disponible para distintas plataformas (iOS, Android y web) Su función esencial es hacer más sencilla la creación de tanto



aplicaciones webs como móviles y su desarrollo, procurando que el trabajo sea más rápido, pero sin renunciar a la calidad requerida. Sus herramientas son variadas y de fácil uso, considerando que su agrupación simplifica las tareas de gestión a una misma plataforma. Las finalidades de las mismas se pueden dividir en cuatro grupos: desarrollo, crecimiento, monetización y análisis.

### **Netlify**

Es una plataforma de desarrollo web que facilita el despliegue de sitios estáticos y aplicaciones modernas. Fundada en 2014. Netlify automatiza gran parte del flujo de trabajo, desde la integración continua con repositorios de código hasta la entrega de contenido mediante su red de distribución de contenido (CDN). Esto permite a los desarrolladores centrarse en el desarrollo de su aplicación sin preocuparse por la infraestructura subyacente.

### **Heroku**

Es una plataforma de servicios en la nube (conocidos como PaaS o Platform as a Service) que permite manejar los servidores y sus configuraciones, escalamiento y la administración. Soporta diferentes lenguajes de programación: Node, Ruby, Java, Clojure, Scala, Go, Python, PHP, tiene una versión gratuita fácil de usar.

### **Oracle cloud**

Es un servicio de computación en nube ofrecido por Oracle Corporation que proporciona servidores, almacenamiento, redes, aplicaciones y servicios a través de una red global de centros de datos administrados por Oracle Corporation.

# Capítulo 3

## 7 Antecedentes del Proyecto

El proyecto de software de análisis morfológico para la detección de irregularidades en imágenes microscópicas ha pasado por diversas fases de desarrollo a lo largo de los cuatrimestres previos. A continuación, se presenta una cronología detallada de su evolución

## 8 Fase Inicial: Implementacion en MATLAB

Durante los primeros cuatrimestres, el proyecto comenzó como un conjunto de algoritmos desarrollados en MATLAB para el procesamiento de imagenes. En esta etapa, se exploraron distintas técnicas de segmentacion y filtrado morfologico para identificar irregularidades en imágenes obtenidas a partir de microscopios. Se trabajo con transformaciones morfologicas, detección de bordes y algoritmos de segmentacion avanzada. Sin embargo, se identificaron varias limitaciones en MATLAB, como la dependencia de licencias de software y la dificultad de integración con plataformas en linea. Esto motivo la migración a un entorno mas flexible y accesible.

## 9 Actualizacion de la GUI

Durante esta etapa se desarrollaron cambios a la interfaz mejorando la experiencia del usuario, pero sacrificando algunas funciones. Aun así, no quedamos satisfechos por lo que la interfaz recibió más de una actualización antes de conseguir su diseño final para esta versión de MATLAB.

## 10 Implementación en PHP y Desarrollo Web

Implementación en PHP y Desarrollo Web Para facilitar el acceso y la usabilidad del software, se realizó una transición a una plataforma web mediante PHP. Esta migración permitio desarrollar una interfaz accesible para los usuarios, facilitando la carga de imágenes y la visualización de los resultados del análisis morfológico sin necesidad de instalar software adicional. Uno de los aspectos clave de esta fase fue la incorporación de una base de datos en MySQL para la gestión de usuarios y almacenamiento de imágenes procesadas. Se desarrollo un sistema de autenticación con un módulo de inicio de sesión en PHP, permitiendo restringir el acceso a usuarios registrados y autorizados. Esto asegura una mayor seguridad en el manejo de los datos y la integridad de los resultados generados por el software.

# Capítulo 4

## 11 Desarrollo

Para este cuatrimestre, el enfoque principal del desarrollo sera la implementación y configuración del software en un servidor web, permitiendo su acceso desde cualquier navegador sin la necesidad de instalar software adicional en los dispositivos de los usuarios.

En el presente trabajo se llevó a cabo la actualización y rediseño de una interfaz previamente implementada en PHO, con el objetivo de mejorar su usabilidad y eficiencia. La nueva interfaz presenta una estructura optimizada que facilita la navegación del usuario, incorporando un diseño moderno y una disposición más intuitiva de los elementos gráficos e interactivos. Se trabajó en la mejora de la experiencia del usuario mediante la implementación de colores, tipografías y distribuciones más ergonómicas, asegurando una mayor accesibilidad y eficiencia en el manejo de datos. Además de la actualización estética y funcional de la interfaz, se realizaron modificaciones en el código para optimizar el análisis morfológico de defectos microestructurales. Se mejoraron los algoritmos de procesamiento de imágenes, lo que permite una identificación más precisa de defectos y una clasificación más eficiente de estos. La implementación de nuevas técnicas de filtrado y segmentación contribuyó a una mejor detección de irregularidades en las microestructuras analizadas, reduciendo el margen de error y mejorando la calidad del análisis. El nuevo diseño y las mejoras en el código permiten que el sistema sea más robusto y adaptable a distintas condiciones de análisis, garantizando una mayor precisión en los resultados obtenidos. Con estas modificaciones, se ha logrado optimizar el rendimiento de la herramienta, beneficiando a los usuarios en términos de rapidez, eficiencia y facilidad de uso.

### 11.1 ANTIGUO DISEÑO EN PHP



Figure 1:

### **Sección de Controles (Izquierda)**

En la parte izquierda de la interfaz, se encuentran tres botones en color azul que parecen estar destinados a la gestión de archivos: Cargar: Posiblemente permite al usuario seleccionar y cargar una imagen en la aplicación.

Eliminar: Puede estar diseñado para borrar la imagen actual o reiniciar el proceso. Guardar: Se usaría para almacenar la imagen procesada en el sistema.

### **Botones de Procesamiento (Parte Superior)**

En la parte superior de la interfaz, hay varios botones de color verde que representan diferentes etapas del procesamiento de la imagen. Estos incluyen: Escala de grises: Convierte la imagen a tonos de gris, eliminando la información de color. Imagen binaria: Aplica una segmentación de la imagen donde los píxeles se representan en blanco y negro, facilitando la detección de estructuras. Imagen con regiones eliminadas: filtra y elimina ciertas regiones no deseadas en la imagen. Imagen con relleno de objetos: Se refiere al procedimiento en el que se rellenan áreas de los objetos detectados para mejorar su análisis. Imagen final: Muestra el resultado final después de todos los procesos aplicados.

## **12 PROS Y CONTRAS DE ANTIGUO DISEÑO**

### **PROS**

#### **Diseño estructurado:**

La interfaz está organizada en secciones claras: controles, procesamiento y visualización.

#### **Botones bien diferenciados:**

Se usan colores distintos (azul y verde) para separar funciones de carga/gestión y procesamiento de imágenes.

#### **Vista previa del procesamiento:**

Sección en la parte inferior que permite ver el resultado de cada etapa del análisis.

#### **Facilidad de navegación:**

Los botones están etiquetados claramente, lo que facilita su uso.

#### **Botones bien diferenciados:**

Hay un área reservada específicamente para visualizar la imagen cargada.

### **CONTRAS**

#### **Diseño visual mejorable:**

La interfaz es algo básica en términos de estética y podría mejorarse con mejor alineación y espaciado.

#### **Falta de retroalimentación visual:**

No hay indicadores (como barras de carga o mensajes emergentes) que informen al usuario sobre el estado del proceso.

**Botones con tamaño inconsistente:**

Los botones verdes tienen distintos tamaños y ubicaciones que podrían organizarse mejor. No se indica el formato de imagen compatible: No hay información visible sobre qué tipos de archivos se pueden cargar.

## **13 PRESENTACIÓN INFOMATRIX 2025**

El concurso INFOMATRIX 2025, se llevó a cabo el pasado viernes 28 de marzo del presente año, con sede en SABES en la ciudad de León. Para dicha presentación se realizó una serie de actividades. Las cuales se enlistarán a continuación - Reporte detallado del proyecto - Diseño y realización de díptico de dimensión grande en el que muestre de manera clara y ordenada todo el proceso de la realización del proyecto

## RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar una interfaz gráfica de usuario (GUI) para facilitar el análisis morfológico de defectos microestructurales en materiales. La herramienta permite procesar imágenes microscópicas, mediante procesamiento de imagen como la segmentación para extraer parámetros cuantitativos clave, como tamaño, forma y distribución de defectos. La implementación se basa en el uso de funciones de procesamiento de imágenes, integrando herramientas interactivas como visualización de resultados. El proyecto busca beneficiar a investigadores y profesionales en ciencia de materiales y control de calidad, proporcionando una solución intuitiva y automatizada para la caracterización de defectos en estructuras microscópicas.

## PROBLEMÁTICA

Actualmente, la industria en México dedicada al desarrollo, formulado y tratamiento térmico de materiales utiliza equipamiento de caracterización morfológica de proveedores extranjeros de costos elevados. En particular, las licencias de programas para el análisis de las imágenes de morfología de materiales en los microscopios metalográficos están basados en normativas internacionales para que la medición sea exacta y por lo tanto tienen un costo adicional. En consecuencia, el uso de microscopios sin dicha capacidad vuelve a las empresas mexicanas grandes o pequeñas en menos competitivas con respecto a las empresas extranjeras que tienen la tecnología y convirtiendo sus procesos inexactos (fuera de norma), reproducibles y muchas veces dependiente del factor humano (debido a la estimación visual)

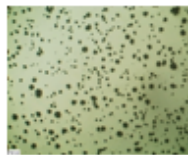


Ilustración 1: Imagen original de nodulos microestructurales

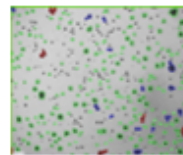


Ilustración 2: Resultado de imagen resaltando nodulos microestructurales

Figure 2:

# Diseño e implementación de GUI para análisis morfológico de defectos microestructurales

## SOLUCIÓN Y METODOLOGÍA

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar una interfaz gráfica de usuario (GUI) para facilitar el análisis morfológico de defectos microestructurales en materiales. La herramienta permite procesar imágenes microscópicas, mediante procesamiento de imagen como la segmentación para extraer parámetros cuantitativos clave, como tamaño, forma y distribución de defectos. La implementación se basa en el uso de funciones de procesamiento de imágenes, integrando herramientas interactivas para la selección de parámetros y visualización de resultados. El proyecto busca beneficiar a investigadores y profesionales en ciencia de materiales proporcionando una solución intuitiva y automatizada para la caracterización de defectos en estructuras microscópicas proporcionando una solución intuitiva y automatizada para la caracterización de defectos en estructuras microscópicas.

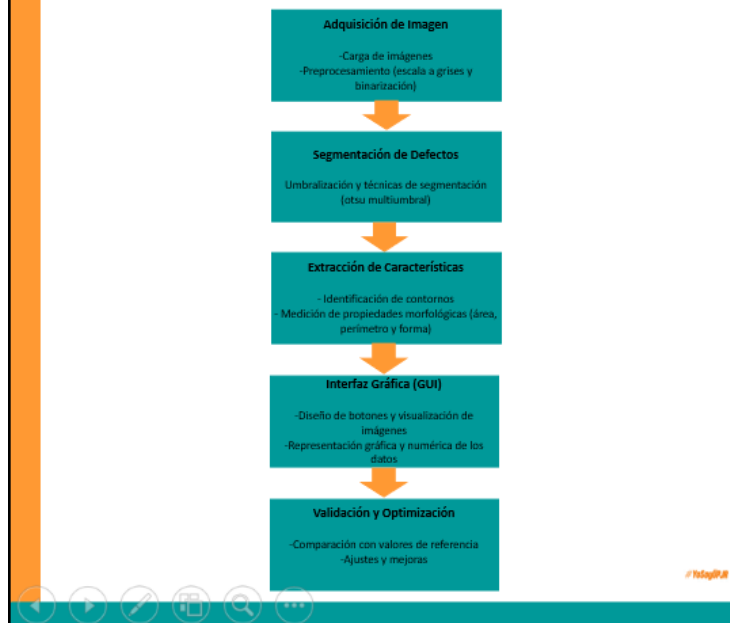
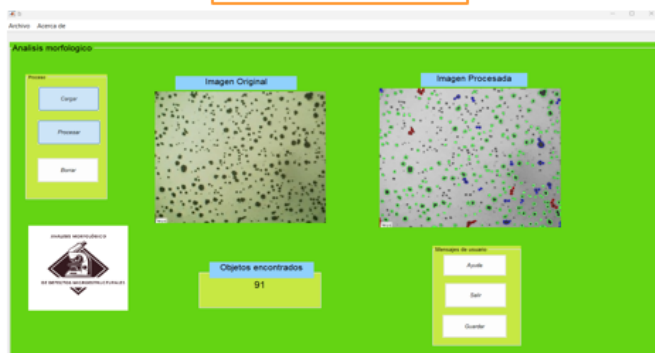


Figure 3:

## RESULTADOS



**Resumo:** O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da utilização de diferentes tipos de substratos na produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais.

En las imágenes anteriores se muestra la cantidad de objetos detectados en la imagen original después de su procesamiento. En este caso, el sistema ha identificado 91 objetos dentro de la imagen analizada. El resultado se presenta en un recuadro con la etiqueta "Objetos encontrados", ubicada en la parte central de la pantalla. Esto indica que el software ha aplicado técnicas de análisis morfológico para detectar nódulos particulares dentro de la muestra. La imagen procesada, ubicada a la derecha, muestra los objetos detectados resaltados con diferentes colores, lo que permite visualizar claramente las áreas de interés en la muestra. Esta información es crucial para el análisis morfológico de defectos microestructurales, ayudando a evaluar la calidad y características de la muestra en estudio.

## CONCLUSIÓN

La implementación de la GUI para el análisis morfológico de defectos microestructurales ha representado una gran innovación tecnológica en el campo. La versión desarrollada en MATLAB ha alcanzado un correcto funcionamiento, permitiendo un análisis preciso y eficiente. Además, se ha desarrollado una nueva versión en PHP, la cual ha sido montada en un servidor local, facilitando su acceso y uso. Esto marca un avance significativo en la automatización del análisis morfológico y abre la puerta a futuras mejoras y expansiones de la herramienta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- González, R., & Woods, R. E. (2018). *Digital image processing* (4th ed.). Pearson.
- Soille, P. (2003). *Morphological image analysis: principles and applications* (2nd ed.). Springer - Verlag.
- Bangaru, S. S., Wang, C., Zhou, X., & Hassan, M. (2022). Scanning electron microscopy (SEM) image segmentation for microstructure analysis of concrete using U-net convolutional neural network. *Automation in Construction*, 144, 104802.

Figure 4:



## Reporte Científico evento SOLACYT



### *Diseño e implementación de GUI para análisis morfológico de defectos microestructurales*

*Autor(es): Laura Jacquelin Hernández González*

*Asesor: Dr. Joel Quintanilla Domínguez*

*Escuela: Universidad Politécnica de Juventino Rosas*

Nivel: *Universidad*

Categoría: *Ciencia Aplicada*

Modalidad: ( X ) Presencial ( ) Virtual

*Santa Cruz de Juventino Rosas Guanajuato, a 10 de marzo de 2025*



## **Diseño e implementación de una GUI para análisis morfológico de defectos microestructurales**

### **Resumen**

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar una interfaz gráfica de usuario (GUI) para facilitar el análisis morfológico de defectos microestructurales en materiales. La herramienta permite procesar imágenes microscópicas, mediante procesamiento de imagen como la segmentación para extraer parámetros cuantitativos clave, como tamaño, forma y distribución de defectos. La implementación se basa en el uso de funciones de procesamiento de imágenes, integrando herramientas interactivas para la selección de parámetros y visualización de resultados. El proyecto busca beneficiar a investigadores y profesionales en ciencia de materiales y control de calidad, proporcionando una solución intuitiva y automatizada para la caracterización de defectos en estructuras microscópicas.

### **1. INTRODUCCIÓN**

El análisis morfológico de defectos microestructurales es una tarea fundamental en la caracterización de materiales, ya que permite evaluar la calidad, resistencia y comportamiento de distintas estructuras a nivel microscópico. La detección y cuantificación de estos defectos, como porosidades, grietas o inclusiones, son esenciales en áreas como la metalurgia, la ciencia de materiales y el control de calidad en procesos industriales. Sin embargo, este análisis suele requerir herramientas especializadas y procedimientos manuales que pueden ser tediosos y propensos a errores. Debido a esto la

finalidad del presente proyecto se centra en el desarrollo de una interfaz gráfica de usuario, GUI (Graphical User Interface, por sus siglas en inglés) para la identificación y análisis morfológico de defectos microestructurales. La herramienta proporciona un entorno intuitivo e interactivo que permite la carga y procesamiento de imágenes microscópicas, mediante la aplicación de técnicas procesamiento de imagen como la segmentación, así como la extracción de parámetros cuantitativos relevantes, como el tamaño, la forma y la distribución de los defectos.



## 1.1 Justificación

El desarrollo de Tecnología Mexicana para el análisis de imágenes de la morfología de materiales que cumpla con la normativa internacional estandarizada permitirá el desarrollo de un programa informático con una interfaz más amigable con los usuarios de los sectores automotriz o aeroespacial. Además, que realizará el análisis automático de las imágenes permitiendo los cálculos por unidad de superficie teórico) y el aporte que pretendemos hacer con el proyecto.

## 1.2 Problema

Actualmente, la industria en México dedicada al desarrollo, formulado y tratamiento térmico de materiales utiliza equipamiento de caracterización morfológica de proveedores extranjeros de costos elevados. En particular, las licencias de programas para el análisis de las imágenes de morfología de materiales en los microscopios metalográficos están basados en normativas internacionales para que la medición sea exacta y por lo tanto tienen un costo adicional. En consecuencia, el uso de microscopios sin dicha

capacidad vuelve a las empresas mexicanas grandes o pequeñas en menos competitivas con respecto a las empresas extranjeras que tienen la tecnología y convirtiendo sus procesos inexactos (fuera de norma), reproducibles y muchas veces dependiente del factor humano (debido a la dependencia de la estimación visual). En proyectos de ingeniería, la pregunta que delimita el problema puede plantearse como un enunciado que engloba la problemática a resolver.

**1.3 Hipótesis o Supuesto Metodológico de acuerdo al tipo de investigación que se pretende hacer utilizarás la hipótesis (cuantitativa) o el Supuesto metodológico (cualitativa)**

### 1.3.1 Hipótesis

El desarrollo de una interfaz gráfica de usuario (GUI) para el análisis morfológico de defectos microestructurales permitirá una identificación y caracterización más eficiente, precisa y accesible de estos defectos en comparación con los métodos manuales tradicionales. Se



espera que la implementación de esta herramienta reduzca el tiempo de procesamiento, minimice la subjetividad en la evaluación de las imágenes y facilite la interpretación de los resultados, beneficiando así a investigadores y profesionales en el ámbito de la ciencia de materiales y el control de calidad.

### **1.3.2 Supuesto metodológico o Preguntas de investigación.**

**Las investigaciones cualitativas se rigen por una pregunta rectora y 2 preguntas complementarias en lugar de la hipótesis.**

En este proyecto, la metodología cualitativa se centra en comprender cómo una GUI puede mejorar el análisis morfológico de defectos microestructurales en imágenes de materiales. En lugar de una hipótesis, se formulan las siguientes preguntas de investigación:

¿Cómo influye el diseño y la implementación de una GUI en MATLAB en la eficiencia y precisión del análisis morfológico de defectos microestructurales?

¿De qué manera la interfaz gráfica facilita la interpretación y visualización

de los resultados obtenidos en el análisis microestructural en comparación con los métodos tradicionales?

¿Qué beneficios y limitaciones experimentan los usuarios al emplear esta herramienta en términos de accesibilidad, tiempo de procesamiento y precisión en la identificación de defectos microestructurales?

### **1.4 Objetivos (general y específicos)**

**Objetivo general:** Diseñar e implementar una interfaz gráfica de usuario (GUI) aplicando de técnicas de procesamiento de imagen para análisis morfológico de defectos microestructurales

#### **Objetivos específicos:**

- Adquisición de las imágenes.
- Creación de la base de datos.
- Mejora de las imágenes aplicando preprocesamiento.
- Segmentación de imagen mediante morfología matemática.
- Identificación de los defectos mediante morfología matemática.



- Clasificación de los defectos por medio de la forma.

## 2. CONTEXTO TEÓRICO

El análisis morfológico de defectos microestructurales es un área clave en la investigación y el desarrollo de materiales, ya que la identificación y caracterización de defectos en las microestructuras de los materiales determinan en gran medida sus propiedades mecánicas y funcionales. Los defectos microestructurales, como grietas, porosidades, inclusiones y dislocaciones, pueden afectar la integridad estructural, la durabilidad y el rendimiento de los materiales en diversas aplicaciones industriales.

**Segmentación:** Consiste en dividir una imagen en diferentes regiones basadas en características como intensidad, textura o color. La segmentación es crucial para aislar los defectos de la imagen, permitiendo su análisis posterior. Los métodos más utilizados son la umbralización, la segmentación basada en bordes y la segmentación por regiones.

**Interfaz Gráfica de Usuario (GUI)** es una herramienta que permite a los usuarios interactuar con el sistema

mediante controles visuales como botones, deslizadores, y menús. El uso de una GUI facilita la interacción con software complejo, permitiendo a los usuarios, incluso aquellos sin experiencia en programación, ejecutar tareas como cargar imágenes, aplicar filtros, segmentar imágenes y medir parámetros morfológicos

**Medición morfológica:** Implica la cuantificación de las características geométricas de los defectos, como el área, la forma, el perímetro, la orientación, y la distribución. Estas métricas son esenciales para comprender las propiedades del material, ya que los defectos afectan estas propiedades.

## 3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

El diseño de la metodología experimental para el desarrollo y evaluación de la GUI para el análisis morfológico de defectos microestructurales se divide en varias fases estructuradas. A continuación, se detallan los pasos principales para la implementación de la GUI:

**Selección de Imágenes:** Obtener un conjunto de imágenes microscópicas que contengan defectos



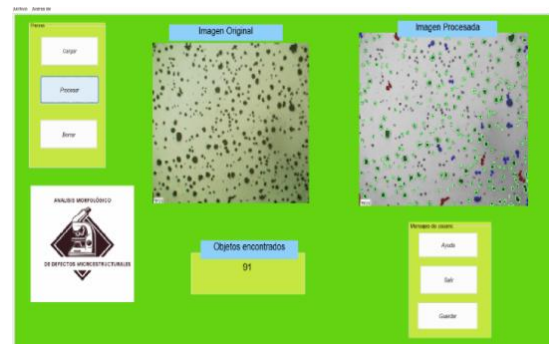
microestructurales representativos (porosidades, grietas, inclusiones, etc.).

**Implementación:** Fue llevada a cabo en MATLAB debido a la facilidad de la programación con el software. Las principales funciones son: carga, visualización y procesamiento de las imágenes seleccionadas, incluyendo herramientas de segmentación y medición de parámetros morfológicos. La herramienta debe incluir métodos automáticos de segmentación, basados en algoritmos como umbralización, detección de bordes.

#### 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos demuestran que la GUI para el análisis morfológico de defectos microestructurales es una herramienta eficaz y eficiente. La GUI no solo mejora la precisión y la consistencia del análisis, sino que también optimiza el tiempo de procesamiento, facilitando el trabajo de los profesionales en el campo de la ciencia de materiales. Si bien existen algunas limitaciones, éstas son menores en comparación con los beneficios globales de la herramienta, lo que sugiere que la implementación de la GUI tiene un gran potencial para

su adopción en diversos entornos industriales y académicos. A su vez, se desarrolló una interfaz gráfica en lenguaje PHP, la cual se montó en un servidor local para evaluar posibles resultados y hacer pruebas para que en un futuro se monté en un servidor y cualquier usuario pueda acceder a ella.



*Ilustración 1. Resultado de GUI*

La ilustración 1 muestra el resultado de la GUI diseñada en MATLAB, la cual cuenta con dos paneles principales, en la primera la imagen original, en el segundo panel la imagen procesada, cuenta con tres botones: cargar imagen, procesar y borrar. En un tercer cuadro se obtienen los objetos encontrados o defectos

#### 5. ANÁLISIS Y DISCUSIONES

Uno de los hallazgos más significativos fue la alta precisión de la GUI en la segmentación de defectos





microestructurales en comparación con los métodos manuales. La capacidad de la herramienta para identificar defectos en imágenes complejas, como las que presentan ruido o baja resolución, representa un avance sustancial en la automatización del análisis microestructural.

La diferencia de precisión entre la GUI y los métodos manuales en la identificación de bordes de defectos puede parecer modesta, pero en la práctica, esta mejora se traduce en una reducción de errores humanos y en una mayor consistencia en los resultados. La herramienta automatiza un proceso que, tradicionalmente, depende de la interpretación visual subjetiva, lo cual mejora la fiabilidad y la objetividad del análisis.

Es importante señalar que la GUI mostró una mayor capacidad para manejar defectos de tamaños y formas diversas. Sin embargo, las imágenes con defectos poco pronunciados o difusos presentaron un desafío, especialmente cuando la resolución de la imagen era baja o el contraste no era adecuado. Esto

sugiere que, aunque el rendimiento general es excelente, el algoritmo de segmentación podría beneficiarse de ajustes adicionales para mejorar el análisis en condiciones de imágenes de baja calidad.

### 5.1. Trabajo a futuro

El trabajo que se pretende realizar es montar la nueva versión de la interfaz gráfica desarrollada en el lenguaje PHP en un servidor para que cualquier usuario pueda acceder a ella.

## 6. CONCLUSIÓN

En general, la interfaz gráfica de usuario desarrollada para el análisis morfológico de defectos microestructurales demostró ser una herramienta eficaz y eficiente, capaz de mejorar tanto la precisión como la velocidad del análisis en comparación con los métodos tradicionales. La herramienta tiene un gran potencial para facilitar el análisis microestructural en diversos campos de la ciencia de materiales y la ingeniería. Sin embargo, la mejora en el rendimiento con imágenes de baja calidad y la optimización de tiempos de procesamiento para imágenes de alta resolución son áreas clave que



podrían llevarse a cabo para hacerla aún más robusta y aplicable a un mayor número de casos.

**Agradecimientos:** Los autores desean agradecer las aportaciones de la Dra. María Cristina Kantun Uicab de la M.I. Daysi Flor de Liz Ortega Romero.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

González, R., & Woods, R. E. (2018). Digital image processing (4th ed.).

Lee, W. H., & Lee, D. W. (2015). Morphological image processing techniques in materials science:

Applications and advancements. Springer.

Ebrahimi, M., & Wang, L. (2021). Segmentation techniques for microstructural analysis: An overview. Materials Characterization, 178, 111246.

<https://doi.org/10.1016/j.matchar.2021.111246>





## ANEXOS

En los anexos se incluye información o material extra, que no encajaba en las secciones anteriores, pero es importante para la investigación.

Por ejemplo:

- Explicación breve de metodologías utilizadas que no son muy conocidas y que tienen importancia en el proyecto.
- Cuestionarios, formularios, entrevistas, encuestas y otros instrumentos utilizados para la recolección de datos.
- Especificaciones técnicas de muestras, materiales o equipos utilizados.
- Datos demográficos o geográficos.
- Programas informáticos, algoritmos o procesos secundarios.
- Fórmulas, demostraciones matemáticas, otros algoritmos especiales y de relevancia.

**Si el proyecto utiliza alguno de los siguientes agentes para hacer la investigación, el reporte debe contener ciertas especificaciones en la sección de anexos, que se detallan a continuación.**

**Investigaciones con seres humanos:** Detallar todos los procedimientos, incluyendo lo que fue pedido a los participantes de la investigación. Describir la Evaluación de los riesgos y cómo estos fueron minimizados.

Describir la muestra (participantes de la investigación) estudiada:

- Número de participantes y datos generales de cada individuo (se pueden incluir datos como: edad, escolaridad, sexo, estatus socioeconómico, etc.; lo que se requiera para la investigación).
- Proceso de reclutamiento (dónde y cómo los participantes fueron reclutados).
- Procedimientos para la obtención del consentimiento (si hubo). Incluyendo la manera como se informó a los potenciales participantes sobre la naturaleza voluntaria de la participación y sobre el derecho de retirarse de la investigación en cualquier momento.
- Estrategias utilizadas para mantener la privacidad y la confidencialidad de los datos personales.

Si se realizaron cuestionarios, deben incluirse también.

- Listar y describir los medios utilizados (cuestionarios, investigaciones, etc.) y cómo se cuantificó la variable de interés (observaciones de comportamiento, tiempo, etc.).
- Describir el estrés emocional y las posibles consecuencias.

Describir cualquier actividad física o procedimientos, si hechos, y evaluar críticamente los riesgos:

- Tipo y duración de la actividad/ejercicio físico.
- Método de ingestión, cantidades, intervalos, etc.

**Investigaciones con animales vertebrados:** Discutir brevemente posibles alternativas al uso de animales vertebrados. Presentar una justificación detallada para el uso de esos animales.

Explicar cualquier impacto en potencia, o contribuciones del proyecto. Describir todos los procedimientos utilizados:



- Incluir los métodos utilizados para minimizar cualquier incomodidad (dolor, herida u otra incomodidad) al animal durante la experimentación.
- Dosis de drogas o fármacos y concentraciones químicas detalladas.

Describir los números (cantidad, especies, género, edad, etc.). Incluir una justificación para la cantidad planeada para la investigación. Describir la jaula/cercado en que el animal se resguardó durante la investigación, así como los cuidados que se requirió diariamente. Describir lo que ocurrirá a los animales después de terminada la experimentación.

**Agentes biológicos potencialmente peligrosos:** Describir el proceso final y la fuente de obtención de los agentes, las precauciones de seguridad y los métodos de descarte.

**Sustancias químicas, actividades o equipamientos peligrosos:** Describir el proceso de evaluación de riesgos, así como sus resultados. Detallar concentraciones químicas y dosis de medicamentos y/o drogas. Describir también precauciones de seguridad para minimizar el riesgo y los métodos de descarte (si utilizados).

**ANEXO A (obligatorio)**  
**Foto del Equipo**



***Pautas de formato***

*El reporte debe redactarse con mínimo 1500 y máximo 2000 palabras, incluyendo referencias, bibliografías, títulos, portada y anexos. El tipo de letra es Arial 12, con interlineado de 1.5 puntos y respetando el orden y la estructura de esta plantilla.*

## **15 Montaje en Servidor Web**

El sistema se implementaría en un servidor web utilizando tecnologías como Apache y MySQL. Se utilizarán herramientas como MAMP o XAMPP para pruebas locales antes de su despliegue en un servidor de producción. Se realizará la configuración necesaria para optimizar el rendimiento del servidor y garantizar la disponibilidad del sistema.

## **16 Mejoras en la Interfaz de Usuario**

Se mejorará la interfaz para ofrecer una experiencia de usuario más intuitiva y eficiente. Se emplearán frameworks como Bootstrap para el diseño responsivo y JavaScript para mejorar la interactividad. Se implementarán formularios de carga de imágenes mejorados, con validaciones para garantizar la calidad de los archivos subidos.

## **17 Pruebas y Despliegue**

Finalmente, se llevarán a cabo pruebas de funcionalidad y carga para asegurar que el sistema responde adecuadamente bajo diferentes condiciones. Se realizarán pruebas de usuario para evaluar la usabilidad y eficiencia del software. Una vez completadas las pruebas, el software será desplegado en un servidor accesible públicamente, garantizando su disponibilidad para los usuarios autorizados.

# Capítulo 5

## 18 RESULTADOS

Se presentan los cambios realizados en la interfaz del sistema de procesamiento de imágenes, las pruebas efectuadas en un entorno de desarrollo local y el posterior despliegue en el servidor de InfinityFree. Se analizaron y optimizaron varios parámetros, con especial enfoque en la detección de defectos con forma circular según la norma establecida.

### **Modificaciones en la Interfaz**

Se realizaron mejoras en la usabilidad y funcionalidad de la interfaz gráfica, asegurando una mejor experiencia de usuario. Entre los principales cambios destacan: Reestructuración de los botones y paneles: Se optimizó la disposición de los botones de carga, eliminación y guardado de imágenes para un acceso más intuitivo. Indicadores visuales mejorados: Se agregaron etiquetas más descriptivas y mensajes de estado que informan al usuario sobre el proceso actual de la imagen. Actualización del esquema de colores: Se adoptó un diseño más moderno y accesible, con colores contrastantes para facilitar la interacción.

### **Pruebas en Servidor Local**

Antes de proceder con la implementación en el servidor, se realizaron diversas pruebas en un entorno local para verificar el correcto funcionamiento del sistema. Se hicieron los siguientes ajustes y validaciones: Modificación de valores de umbral: Se ajustaron los parámetros de detección para mejorar la precisión en la identificación de defectos en las imágenes. Validación de detección de círculos: Se establecieron criterios más estrictos conforme a la norma aplicable, permitiendo que los defectos con forma circular sean detectados y resaltados en color rojo. Pruebas de procesamiento: Se ejecutaron diferentes pruebas con imágenes de prueba para verificar la correcta aplicación de los filtros y algoritmos de detección.

### **Despliegue en el Servidor InfinityFree**

Tras la validación en el entorno local, se procedió a subir la nueva versión de la interfaz al servidor de InfinityFree, siguiendo los siguientes pasos: Configuración del entorno: Se realizaron ajustes en la configuración del servidor para garantizar la compatibilidad con la nueva versión. Carga de archivos actualizados: Se subieron los archivos de la interfaz y los scripts de procesamiento de imágenes. Pruebas en el entorno en línea: Se verificó el correcto funcionamiento en el servidor, asegurando que todas las funciones operaran sin errores.

Optimización de tiempos de respuesta: Se optimizaron las consultas y procesos para garantizar una experiencia fluida en la web.

## 19 PROCESO DE CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR INFINITYFREE PARA ALOJAR GUI

Verificación de Permisos de Archivos y Carpetas: Se aseguraron los permisos correctos en los archivos mediante CHMOD: Archivos HTML, CSS y JS: 644 (lectura y escritura para el propietario, lectura para otros). Carpetas: 755 (lectura, escritura y ejecución para el propietario, lectura y ejecución para otros). Debido a que se presentó un error al momento de alojar la GUI, fue necesario hacer lo siguiente Configuración del Archivo .htaccess Para evitar errores de carga, se creó un archivo .htaccess en la carpeta htdocs con las siguientes líneas:

Options -Indexes  
DirectoryIndex index.html

Verificación de la URL del Sitio: Se accedió a la URL asignada (<http://analisimorfologico.42web.io/?i=1>) para comprobar que los archivos se mostraban correctamente. Pruebas y Solución de Problemas Tras la subida de los archivos, se realizaron pruebas para garantizar que la interfaz gráfica funcionara correctamente:

### Pruebas de Visualización:

- Se accedió desde diferentes navegadores para comprobar la compatibilidad.
- Se verificó que los estilos CSS y scripts JS se cargaban correctamente.

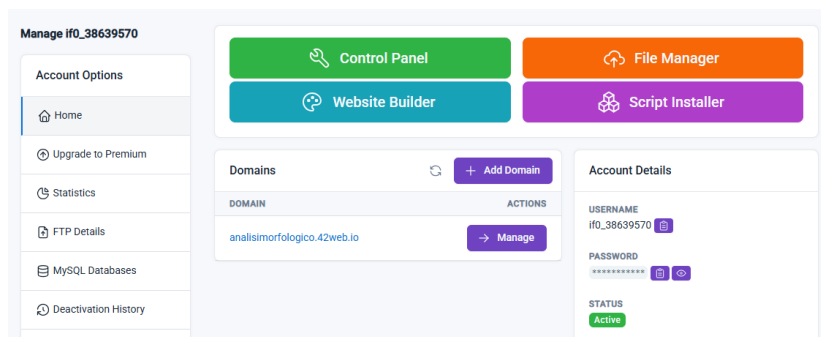


Figure 5:

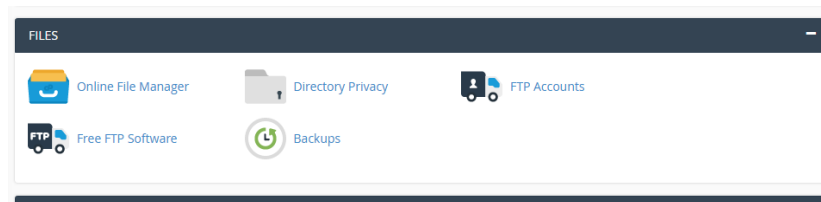


Figure 6:

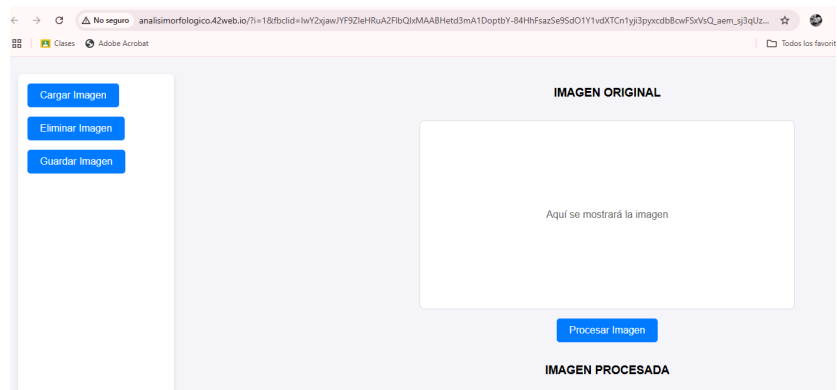


Figure 7:

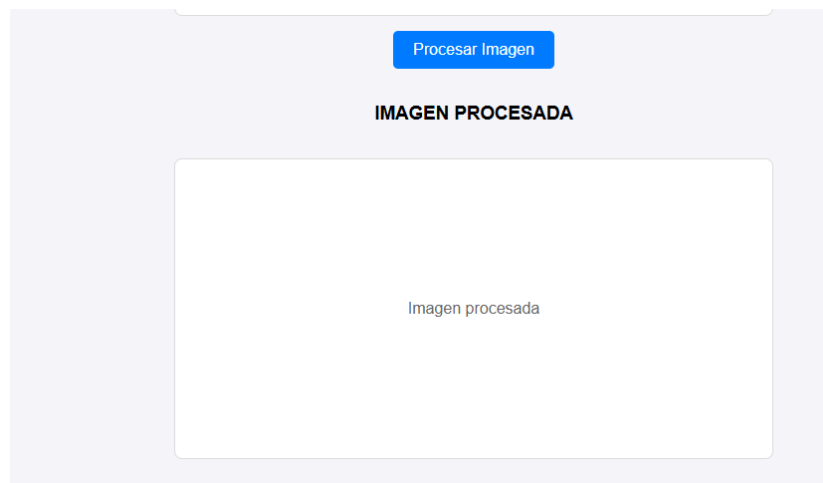


Figure 8:

# Capítulo 6

## 20 CONCLUSIÓN

En el desarrollo de este proyecto, se logró con éxito la implementación de la interfaz gráfica para el análisis de defectos microestructurales diseñada en PHP dentro de un sitio web. Esta solución permite la visualización, procesamiento y clasificación eficiente de imágenes metalográficas, facilitando su evaluación en entornos de investigación y control de calidad. Además, la plataforma fue montada en el servidor InfinityFree, lo que garantiza su accesibilidad en línea y permite su uso remoto sin necesidad de instalaciones locales. Esta implementación en la web representa un avance significativo en la digitalización del análisis metalográfico, asegurando un acceso más ágil y eficiente para investigadores y especialistas en control de calidad. También representa un aporte valioso para el análisis metalográfico, ofreciendo una solución digital que mejora la eficiencia y precisión en la evaluación de defectos microestructurales. Se pretende continuar haciendo mejoras en la optimización del procesamiento de imágenes y la usabilidad de la plataforma para ampliar su aplicabilidad en diferentes ámbitos industriales y científicos.

## 21 REFERENCIAS

Soni, S. (2021, 27 noviembre). Cómo usar AJAX en PHP y jQuery. Code Envato Tuts+. <https://code.tutsplus.com/es/how-to-use-ajax-in-php-and-jquery-cms-32494t> Presta, M., Presta, M. (2022, 10 septiembre). Las 10 principales plataformas de alojamiento de servidores backend. Back4App Blog. <https://blog.back4app.com/es/las-10-principales-plataformas-de-alojamiento-de-servidores-backend/> Servidor: definición y detalles. (s. f.). <https://www.paessler.com/es/it-explained/server:text=operativos> Portal, T. (2024, 4 diciembre). Servidores. TIC Portal. <https://www.ticportal.es/glosario-tic/servidores> ¿Qué tipos de servidores hay? (2020, 20 julio). Claranet. <https://www.claranet.com/es/blog/que-tipos-de-servidores-hay>