



MÁSTER EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA



VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA

TRABAJO FIN DE GRADO

---

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE  
IMÁGENES Y DATOS PARA DISPOSITIVOS IOT

---

AUTOR: RUBÉN GARRIDO ALONSO

TUTORES: VICENT GIRBÉS Y VALERO LAPARRA

JULIO 2023





VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria **ETSE-UV**

## TRABAJO FIN DE GRADO

---

# DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE IMÁGENES Y DATOS PARA DISPOSITIVOS IOT

---

**AUTOR: RUBÉN GARRIDO ALONSO**

**TUTORES: VICENT GIRBÉS Y VALERO LAPARRA**

---



**Declaración de autoría:**

Yo, Rubén Garrido Alonso, declaro la autoría del Trabajo Fin de Grado titulado “Desarrollo de un sistema de captación de imágenes y datos para dispositivos IoT” y que el citado trabajo no infringe las leyes en vigor sobre propiedad intelectual. El material no original que figura en este trabajo ha sido atribuido a sus legítimos autores.

Valencia, May 17, 2023

Fdo: Rubén Garrido Alonso



---

**Resumen:**

Este es el resumen del TFM. Debe ser corto (máximo media página) y cubrir los aspectos principales del TFM.

---





---

**Abstract:**

This is the abstract of the TFM. It must be short and cover the main aspects of the TFM.

---



---

**Resum:**

Aquest és el resum del TFM. Ha de ser curt (màxim mitja pàgina) i cobrir els aspectes principals del TFM.

---



---

**Agradecimientos:**

En primer lugar quiero agradecer a todos aquellos que me han apoyado durante todos estos años.

En segundo lugar...

---



# Contents

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>17</b>
1.1	Introducción . . . . .	17
1.2	Objetivos . . . . .	17
<b>2</b>	<b>Estado del arte</b>	<b>19</b>
2.1	Tecnologías utilizadas . . . . .	19
2.2	Estudio previo . . . . .	19
2.2.1	Microcontrolador ESP32 . . . . .	20
2.2.2	Servidor HTTP Python . . . . .	20
2.2.3	Módulos y librerías adicionales . . . . .	20
<b>3</b>	<b>Arquitectura del microcontrolador</b>	<b>21</b>
3.1	Descripción arquitectura ESP32 . . . . .	21
3.2	Conexión a la red . . . . .	21
3.3	Implementación de la captura de las fotos . . . . .	21
3.4	Funcionamiento como cliente HTTP . . . . .	21
3.5	Funcionamiento como servidor HTTP . . . . .	21
3.6	Implementación de la captura de las fotos . . . . .	21
<b>4</b>	<b>Servidor HTTP</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>Resultados y discusión</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>27</b>
6.1	Revisión de costes . . . . .	27
6.2	Conclusiones . . . . .	27
6.3	Trabajo futuro . . . . .	27
<b>A</b>	<b>Apéndice</b>	<b>29</b>
A.1	Ejemplos del lenguaje de marcado Latex . . . . .	29

## Bibliografía

**30**



# Chapter 1

## Introducción

### 1.1 Introducción

Cada vez es mayor el peso que la tecnología esta teniendo en el día a día de la sociedad. La interacción con dispositivos tecnológicos está convirtiéndose poco a poco en algo cotidiano. Son cada vez mas las tareas que pueden ser suplidas por dispositivos electrónicos que ayudan a que tareas del día a día, incluso labores más peligrosas puedan desarrollarse de una forma segura y eficiente.

Uno de los sectores en auge en esta última década es el sector de los sistemas embarcados y la capacidad de procesamiento de estos mismos, es cada vez mayor la capacidad de dotar de inteligencia a dispositivos cada vez con dimensiones mas reducidas pero con una capacidad de rendimiento que crece de forma exponencial.

El proyecto que se describirá a lo largo de la memoria se encarga de dotar a determinados dispositivos de la capacidad de comunicación con un servidor central, utilizado para procesar una determinada informacion que cada uno de los dispositivos decida enviar, generalmente, sistemas de visión. Para poder conseguir esto, se ha tenido que poner a punto microcontrolador capaz de poder capturar imágenes a través de una cámara. Posteriormente, en un servidor central, dicha información será atendida y posteriormente procesada para extraer la información necesaria.

### 1.2 Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es establecer una comunicación bidireccional efectiva entre el microcontrolador ESP32 y el servidor remoto, permitiendo la captura y transferencia de imágenes de manera confiable. Además, se busca demostrar la viabilidad de utilizar el ESP32 como una solución integral para aplicaciones de captura de imágenes y comunicación en tiempo real.

A lo largo de la implementación del proyecto, se tendrán en cuenta aspectos como la eficiencia energética, la estabilidad y la escalabilidad del sistema. También se explorarán posibles mejoras y consideraciones adicionales, como el procesamiento de imágenes en el servidor y la integración con técnicas de inteligencia artificial para análisis de imágenes.

En resumen, este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema basado en el microcontrolador ESP32 para la captura y transferencia de imágenes a través de HTTP.

Se espera que este sistema pueda aplicarse en diferentes escenarios, como vigilancia, automatización del hogar, control de accesos, entre otros, brindando una solución confiable y versátil para la captura y transmisión de imágenes en tiempo real.

Es importante destacar que los objetivos y alcances del proyecto pueden ajustarse durante su desarrollo en función de las necesidades y limitaciones identificadas a lo largo del proceso.

# Chapter 2

## Estado del arte

### 2.1 Tecnologías utilizadas

Cada vez es mayor el peso que la tecnología esta teniendo en el día a día de la sociedad. La interacción con dispositivos tecnológicos está convirtiéndose poco a poco en algo cotidiano. Son cada vez mas las tareas que pueden ser suplidas por dispositivos electrónicos que ayudan a que tareas del día a día, incluso labores más peligrosas puedan desarrollarse de una forma segura y eficiente.

Uno de los sectores en auge en esta última década es el sector de los sistemas embebidos y la capacidad de procesamiento de estos mismos, es cada vez mayor la capacidad de dotar de inteligencia a dispositivos cada vez con dimensiones mas reducidas pero con una capacidad de rendimiento que crece de forma exponencial.

El proyecto que se describirá a lo largo de la memoria se encarga de dotar de inteligencia artificial un robot con capacidad de teleoperación y reconocimiento del entorno en el cual se esté operando este mismo. Para poder conseguir esto, se ha tenido que poner a punto un robot que sea capaz de moverse y además sea capaz de procesar y reconocer los objetos de su entorno procesando esta información en tiempo real.

Para conseguir esto se ha dotado al robot de visión artificial, la cual recogerá la información necesaria de una cámara incorporada en el robot y que se complementará con otros sensores que ayudaran al dispositivo móvil a poder moverse de una forma autónoma evitando colisiones.

### 2.2 Estudio previo

El proyecto se apoya en el microcontrolador ESP32, el protocolo HTTP/HTTPS, el servidor en Python con Flask y una variedad de bibliotecas adicionales para ofrecer una solución completa y eficiente. Estas tecnologías permiten la captura de imágenes, la comunicación segura con el servidor y el procesamiento de los datos recibidos. La elección de estas tecnologías se basa en su adecuación al propósito del proyecto, su capacidad de cumplir con los requisitos de rendimiento y seguridad, así como su popularidad y soporte en la comunidad de desarrollo.

### 2.2.1 Microcontrolador ESP32

El microcontrolador ESP32, desarrollado por Espressif Systems, es el componente central de este proyecto. Este dispositivo se destaca por su alto rendimiento, bajo consumo de energía y amplias capacidades de conectividad. Cuenta con un procesador de doble núcleo, conectividad Wi-Fi y Bluetooth, así como interfaces GPIO para interactuar con diversos periféricos. El ESP32 ofrece una plataforma sólida y versátil para implementar aplicaciones IoT y sistemas embebidos.

### 2.2.2 Servidor HTTP Python

Para la comunicación entre el microcontrolador y el servidor, se ha utilizado el protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol) y su versión segura HTTPS (HTTP Secure). Estos protocolos permiten la transferencia de datos entre el cliente (microcontrolador) y el servidor de forma segura y eficiente. El uso de HTTPS garantiza la encriptación de los datos transmitidos, protegiendo la confidencialidad y la integridad de la información.

### 2.2.3 Módulos y librerías adicionales

Además de las tecnologías mencionadas, se han utilizado diversas bibliotecas y módulos adicionales para la implementación y funcionalidad del sistema. Estas incluyen bibliotecas para el manejo de imágenes, como PIL (Python Imaging Library), para el procesamiento y análisis de datos, como NumPy y OpenCV, y para la encriptación y autenticación en el lado del servidor, como OpenSSL.

# Chapter 3

## Arquitectura del microcontrolador

3.1 Descripción arquitectura ESP32

3.2 Conexión a la red

3.3 Implementación de la captura de las fotos

3.4 Funcionamiento como cliente HTTP

3.5 Funcionamiento como servidor HTTP

3.6 Implementación de la captura de las fotos



## Chapter 4

### Servidor HTTP





## Chapter 5

### Resultados y discusión



# Chapter 6

## Conclusiones

6.1 Revisión de costes

6.2 Conclusiones

6.3 Trabajo futuro



# Appendix A

## Apéndice

### A.1 Ejemplos del lenguaje de marcado Latex

This document is an example of BibTeX using in bibliography management. Three items are cited: *The L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Companion* book [?], the Einstein journal paper [?], and the Donald Knuth's website [?]. The L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X related items are [?, ?]<sup>1</sup>.

**Texto** en el párrafo 1.

*Texto* en el párrafo 2.

**Texto** en el párrafo 3.

- Consideración 1
- Consideración 2

1. Punto 1

2. Punto 2

A continuación se muestra una ecuación:

$$\int_0^1 \frac{1}{x^2 + 1} dx$$

Podemos incluir imágenes en formato: png, pdf o jpg.

En la figura A.1 se muestra un diagrama realizado con <https://www.yworks.com/products/yed>:

Imagen 1

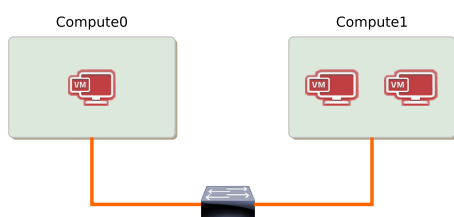
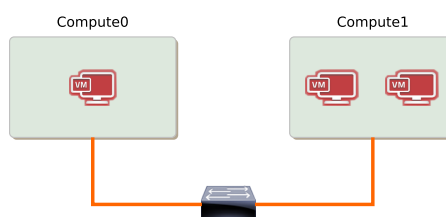


Imagen 2



---

<sup>1</sup>Esto está tomado de [https://www.overleaf.com/learn/latex/Bibliography\\_management\\_with\\_bibtex](https://www.overleaf.com/learn/latex/Bibliography_management_with_bibtex)

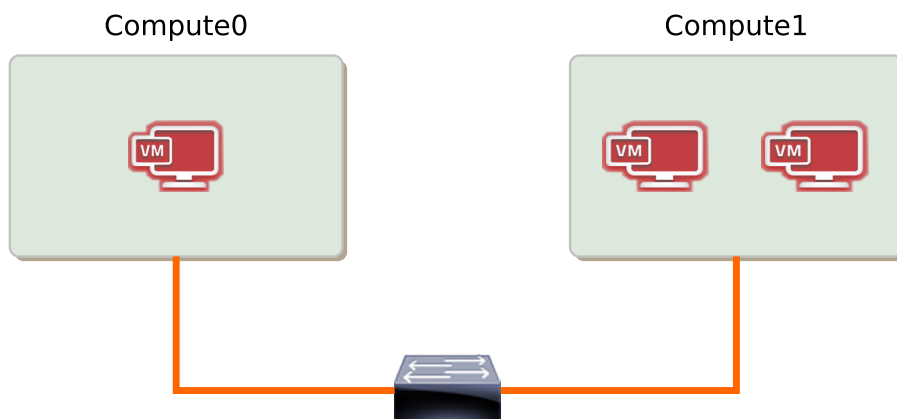


Figure A.1: Esta es una figura que latex decide donde colocar (floating) en el documento.

Este es un ejemplo de una tabla:

Columna 1	Columna 2
1	2

O la misma tabla centrada:

Columna 1	Columna 2
1	2

Para generar el fichero PDF:

```
pdflatex ejemplo-memoria.tex
bibtex ejemplo-memoria
pdflatex ejemplo-memoria.tex
```

También se puede usar `latexmk` que automáticamente regenera la bibliografía.

```
latexmk -pdf ejemplo-memoria.tex
```