

Robot de bajo coste para el mantenimiento de carreteras

Julia López Augusto

j.lopeza.2020@alumnos.urjc.es



Trabajo Fin de Grado

18 de diciembre de 2024



(CC) Julia López Augusto

Este trabajo se entrega bajo licencia CC BY-NC-SA. Usted es libre de (a) compartir: copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato; y (b) adaptar: remezclar, transformar y crear a partir del material. El licenciador no puede revocar estas libertades mientras cumpla con los términos de la licencia.

Contenidos

1 Introducción

2 Objetivos

3 Plataforma de desarrollo

4 Diseño y construcción del robot

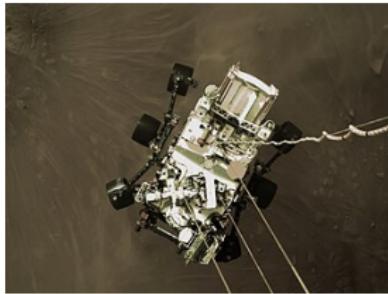
5 Soporte software del robot

6 Experimentos

7 Conclusiones

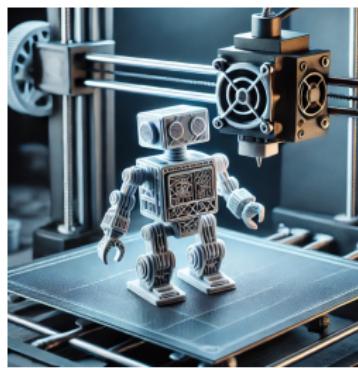
Introducción

Robots de campo



Objetivos

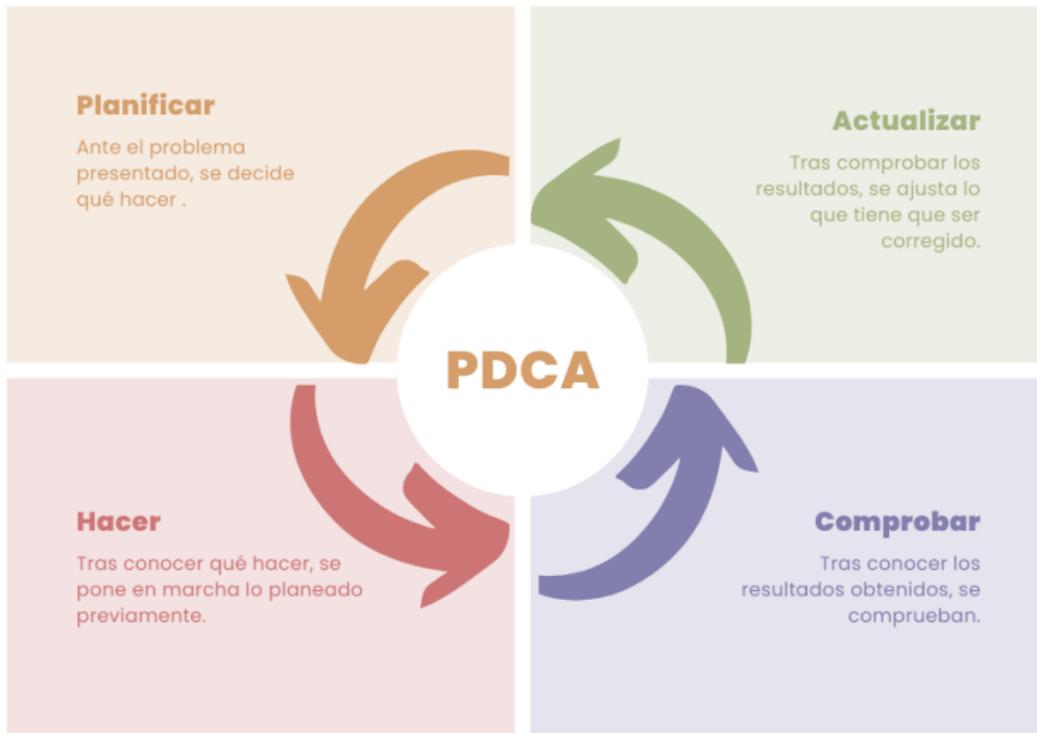
Descripción del problema



Requisitos

- ① Coste inferior a 250€.
- ② Piezas impresas en una impresora convencional.
- ③ Ubuntu como sistema operativo.
- ④ No se requiere tarjeta gráfica dedicada para entrenar modelos.
- ⑤ Modelos adaptados a las limitaciones hardware.
- ⑥ Integración con ROS 2.

Metodología



Plan de trabajo



Repository

DIARIO

En este apartado se va a detallar los mínimos avances obtenidos según se desarrolle la investigación. Dentro desplegable podrás encontrar toda la información al respecto.

1. [Septiembre 2023](#)
2. [Octubre 2023](#)
3. [Noviembre 2023](#)
4. [Febrero 2024](#)
5. [Marzo 2024](#)
6. [Abril 2024](#)
7. [Junio 2024](#)
8. [Julio 2024](#)
9. [Agosto 2024](#)
10. [Septiembre 2024](#)
11. [Octubre 2024](#)
12. [Noviembre 2024](#)

EVOLUCIÓN PROYECTO

En este apartado se van a incluir todos los datos acerca del proyecto que se incluirán en la memoria final.

1. [Estado del arte](#)
2. [Hardware
 - \[Materiales
 - \\[Raspberry pi 4\\]\\(#\\)
 - \\[Motores\\]\\(#\\)
 - \\[Cámaras\\]\\(#\\)
 - \\[Módulo GPS\\]\\(#\\)\]\(#\)
 - \[Estructura
 - \\[Impresión 3D\\]\\(#\\)\]\(#\)](#)
3. [Software
 - \[Motores\]\(#\)
 - \[Módulo GPS\]\(#\)
 - \[Cámaras\]\(#\)](#)

Wiki

Plataforma de desarrollo

Hardware

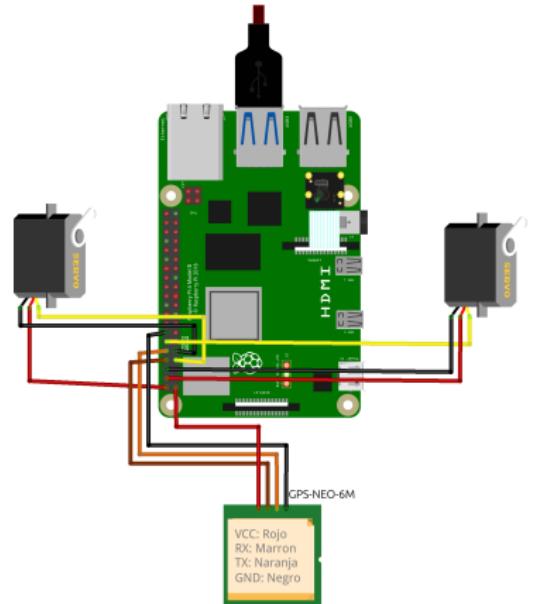


Software



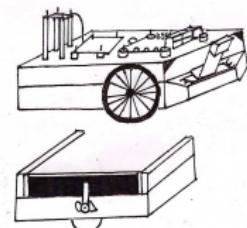
Diseño y construcción del robot

Geometría del robot



fritzing

Bocetos, maquetas y planos



MEDIDAS PLATEAU BASIC



MEDIDAS PUCA RESPIRATOR



MEDIDAS BASE: Ancho = 2 mm

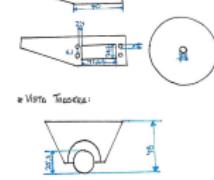
* Vista Frontal:



* Vista Lateral:



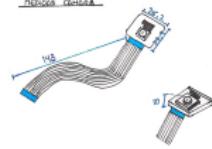
* Vista Trasera:



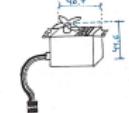
MEDIDAS MÓDULO GPS



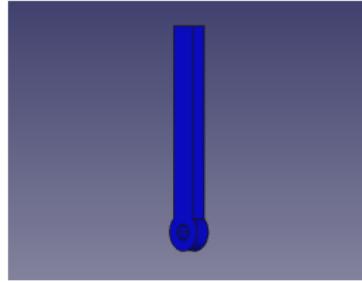
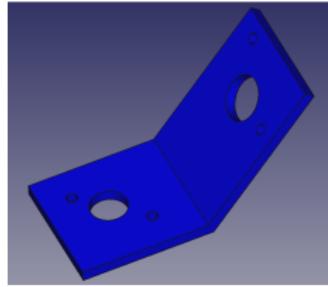
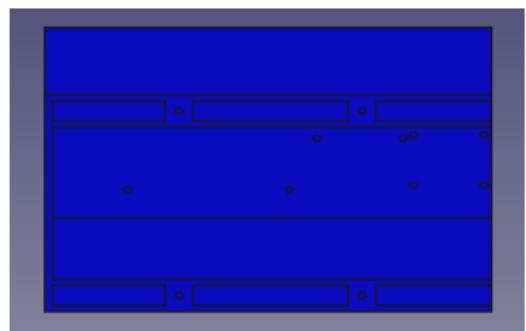
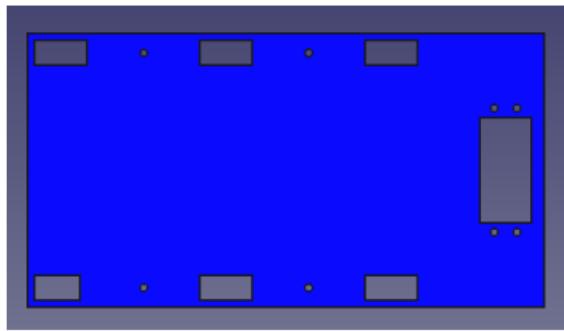
MEDIDAS CÁMARA



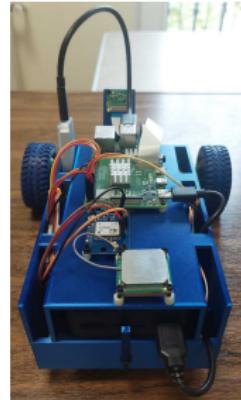
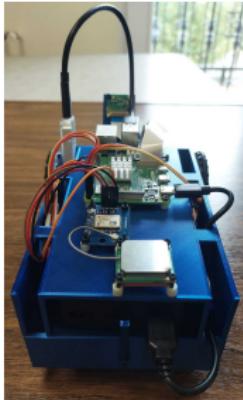
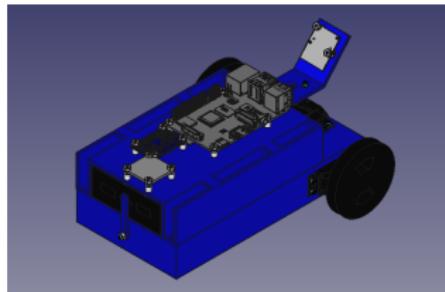
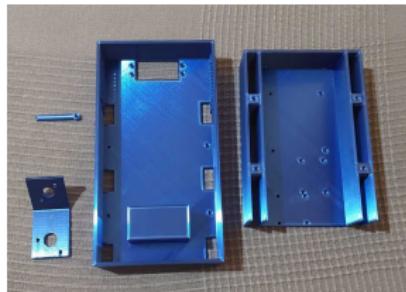
MEDIDAS SERVO



Piezas diseñadas

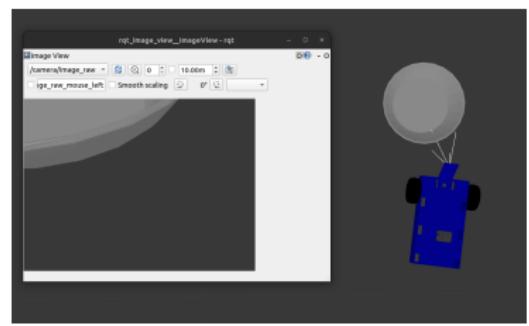
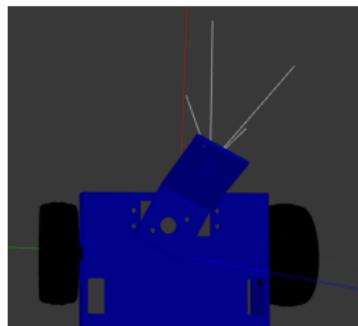
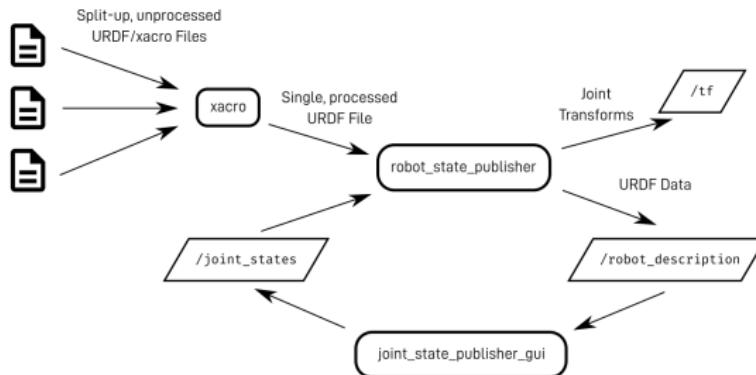


Impresión y montaje



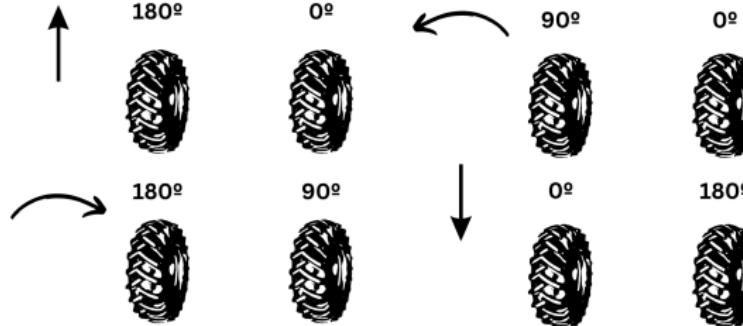
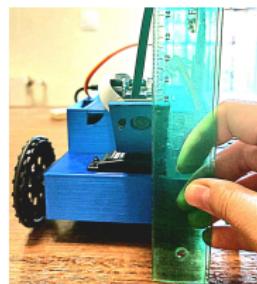
Soporte software del robot

Simulación

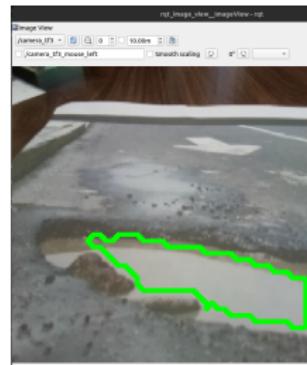
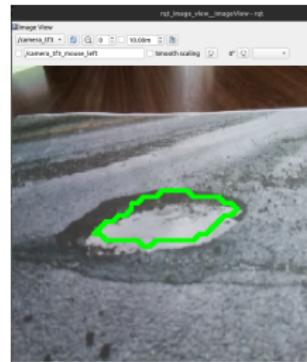
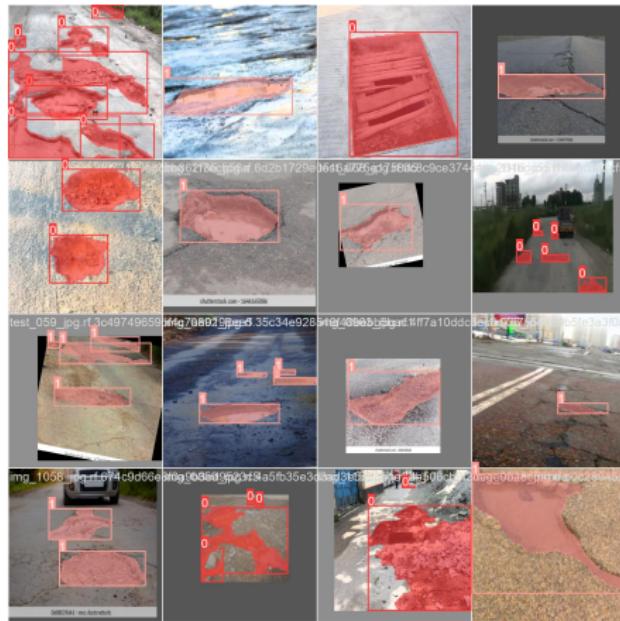


Configuración del robot real

$$\begin{bmatrix} 497,66 & 0 & 325,3 \\ 0 & 502,16 & 240,18 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Detección y obtención del contorno del bache



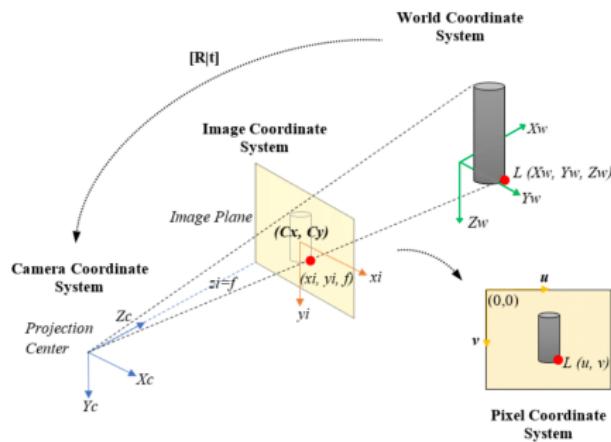
Vídeo de la demostración

Modelo de cámara pinhole

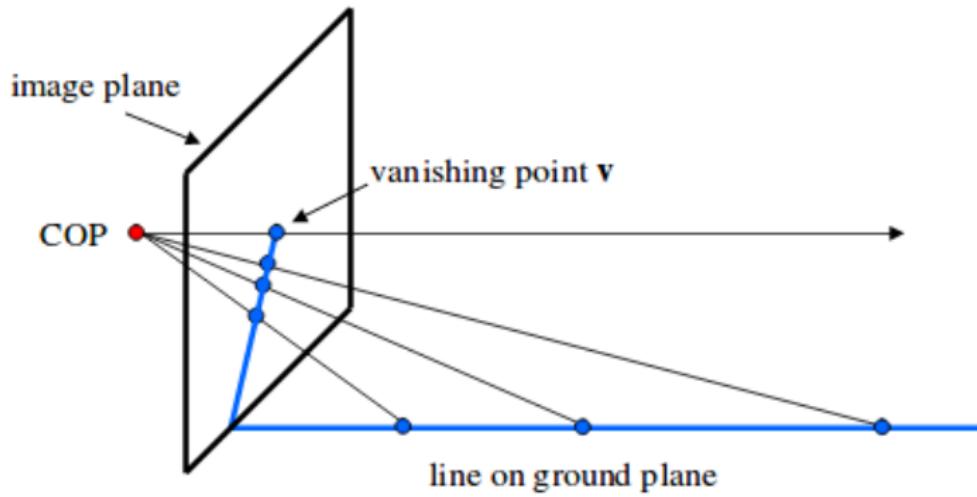
$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & [s] & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{22} & t_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

Diagrama que ilustra la ecuación matricial del modelo de cámara pinhole. Los términos están etiquetados como:

- Factor de escala para homogeneizar u y v
- Distancia focal x
- Angulo de giro
- Centro imagen x
- Centro imagen y
- Coordenadas del punto proyectivo en pixels
- Distancia focal y
- Parámetros intrínsecos
- Parámetros extrínsecos
- Matrices de rotación y traslación
- Coordenada de un punto en el mundo real



Hipótesis suelo

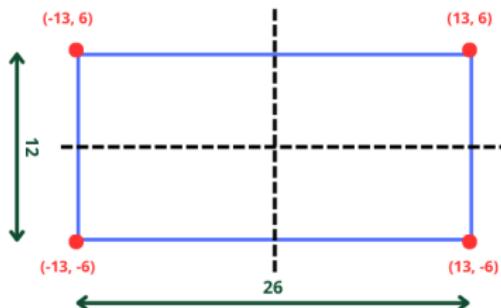


Algoritmo de la lazada

$$A = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=1}^{n-1} x_i y_{i+1} + x_n y_1 - \sum_{i=1}^{n-1} x_{i+1} y_i - x_1 y_n \right|$$

Donde A es el área del polígono, n es el número de lados del polígono y (x_i, y_i) , $i = 1, 2, \dots, n$ son los vértices del polígono de forma alternativa.

Ejemplo teórico:



Área del rectángulo = base x altura
 $A = 26 \times 12 = 312$

Algoritmo de la lazada:

$$\begin{array}{r} (13, 6) \\ (13, -6) \\ \hline \end{array} \quad \frac{1}{2} \quad \begin{array}{l} | \\ \text{pos - neg} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} (-13, -6) \\ (-13, 6) \\ (13, -6) \\ (13, 6) \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{pos} &= 13 \cdot (-6) + 13 \cdot (-6) + (-13) \cdot 6 + (-13) \cdot 6 = -312 \\ \text{neg} &= 13 \cdot 6 + (-13) \cdot (-6) + (-13) \cdot (-6) + (-13) \cdot 6 = 312 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} \quad \begin{array}{l} | \\ -312 - 312 \end{array} \quad = 312$$

Interfaz web

192.168.5.73:8000/index.html

Mapa de Seguimiento GPS

The map displays a green polygon representing a tracked area. A blue marker indicates the current position. A callout box shows the calculated area: $614.0255737304688 \text{ mm}^2$. The map includes street names like 'Calle Matadero', 'Bulevar Matadero', 'Calle Ronda', and 'Calle Matadero'. A green shaded area labeled 'Parque de los espagos' is visible. To the right, a vertical road is labeled 'Los Quirtones' and 'Camino de Colmenar de Oreja'.

Mando Controlador

A control panel featuring a 4x4 grid of buttons. The top row contains a single button with an upward arrow. The second row contains four buttons arranged in a 2x2 grid, each with a blue arrow pointing diagonally up and to the left. The third row contains four buttons arranged in a 2x2 grid, each with a blue arrow pointing diagonally up and to the right. The bottom row contains a single button with a downward arrow.

Detección de líneas

Distintos casos de detección de líneas de PiBot

Detecta 1 línea:

- Va pegado al arcén
- Va por la línea central



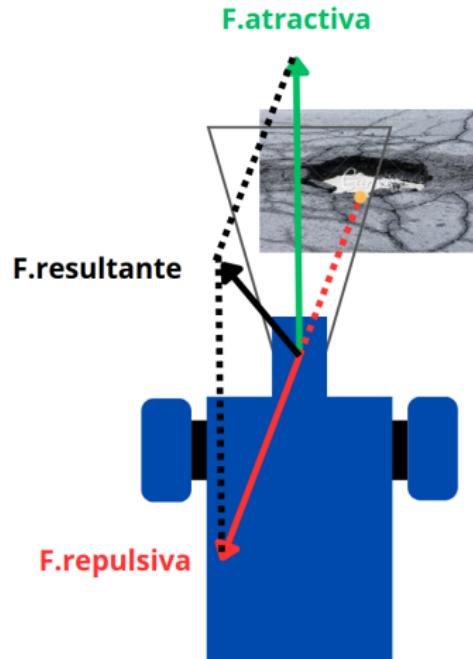
Detecta 2 líneas cuando va por alguno de los dos carriles



No detecta líneas:

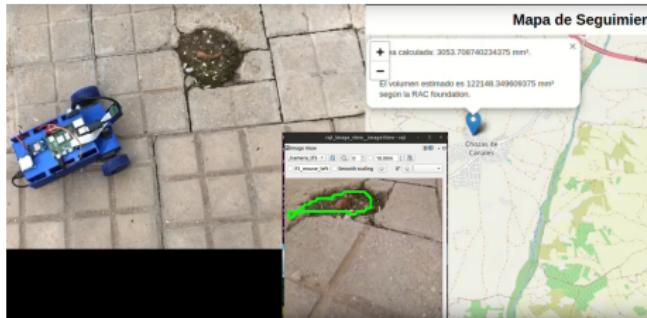
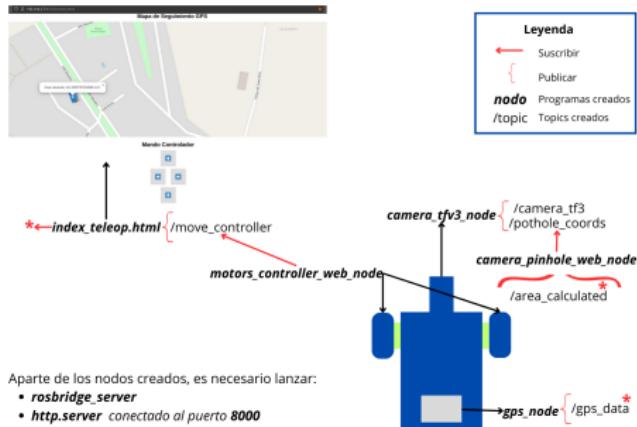
- Va entre medias de los dos carriles cuando no hay línea central
- Cuando se encuentra fuera de la carretera

VFF

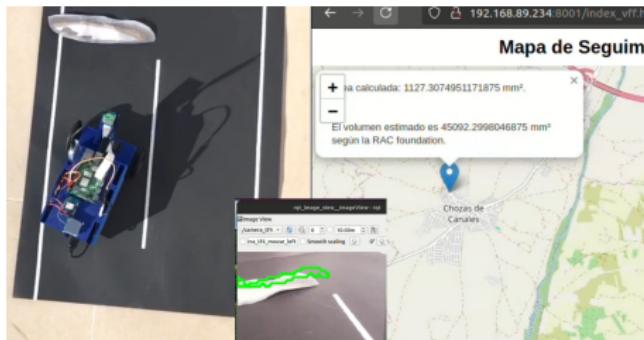
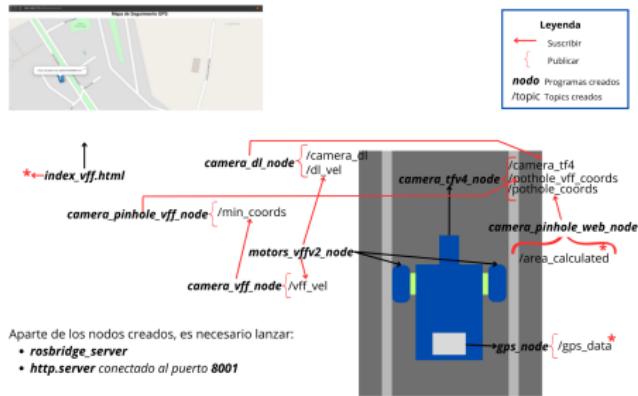


Experimentos

Teleoperado



Autónomo



Conclusiones

Habilidades desarrolladas

- FreeCAD.
- Mecánica y ensamblaje de piezas.
- Crear un robot en simulación.
- ROS 2 Control.
- Modelo de aprendizaje supervisado en una Raspberry Pi.
- Integración de ROS 2 con páginas web.
- Generar documentación de calidad en LaTeX.

Líneas futuras

- Soporte software al robot en simulación.
- Integrar el motor de la cámara.
- Modificar la altura cámara.
- Mantener a PiBotJ en la última versión.
- Implantar una versión más robusta de PiBotJ como un asistente real.

Robot de bajo coste para el mantenimiento de carreteras

Julia López Augusto

j.lopeza.2020@alumnos.urjc.es



Trabajo Fin de Grado

18 de diciembre de 2024