

# Sistema de visión artificial para un robot bípedo jugador de fútbol

Ruth Getzemaní Moreno Cedano



# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>5</b>
1.1. Motivación . . . . .	6
1.2. Planteamiento del problema . . . . .	6
1.3. Hipótesis . . . . .	6
1.4. Objetivos . . . . .	6
1.5. Descripción del documento . . . . .	6
<b>2. Marco teórico</b>	<b>7</b>
2.1. Robots bípedos . . . . .	7
2.2. Conceptos básicos de visión artificial . . . . .	7
2.3. Redes neuronales artificiales . . . . .	7
2.4. Competencia Robocup Humanoid kid size . . . . .	7
<b>3. Sistema de reconocimiento de porterías</b>	<b>9</b>
3.1. Filtros Gaussianos . . . . .	9
3.2. Detección de bordes . . . . .	9
3.3. Detección de contornos . . . . .	9
3.4. Caracterización de formas . . . . .	9
3.5. Estimación de orientación . . . . .	9
<b>4. Reconocimiento de jugadores</b>	<b>11</b>
4.1. Redes neuronales artificiales . . . . .	11
4.2. Entrenamiento . . . . .	11
4.3. Redes neuronales convolucionales . . . . .	11
4.4. Transferencia de aprendizaje . . . . .	11
<b>5. Implementación</b>	<b>13</b>
5.1. Robots nimbro-op y Darwin-op . . . . .	13
5.2. Simulador Gazebo . . . . .	13
5.3. Plataforma ROS . . . . .	13
5.4. Tarjeta de desarrollo nvidia jetson . . . . .	13

<b>6. Resultados</b>	<b>15</b>
6.1. Detección de porterías . . . . .	15
6.1.1. Resultados en simulación . . . . .	15
6.1.2. Resultados en los robots reales . . . . .	15
6.2. Detección de otros jugadores . . . . .	15
6.2.1. Resultados en simulación . . . . .	15
6.2.2. Resultados en los robots reales . . . . .	15
<b>7. Discusión</b>	<b>17</b>
7.1. Conclusiones . . . . .	17
7.2. Trabajo futuro . . . . .	17

# Capítulo 1

## Introducción

La robótica ha sido testigo de avances significativos a lo largo de los años. Comenzó con robots industriales que realizaban tareas repetitivas en ambientes muy controlados. Hoy, los robots han evolucionado a ser más inteligentes y versátiles[5], lo que los hace ser cada vez más utilizados en ambientes de trabajo y vida cotidiana.[9]

Una de las clasificaciones que destaca son los robots móviles debido a sus habilidades y aplicaciones. En este mismo contexto, uno de los más importantes son los robots humanoides.[7] La importancia de esta clasificación recae en sus características, que pueden ser reducidas a 3; los robots humanoides son capaces de desenvolverse en diversos ambientes, esto permite que no sea necesario alterar el ambiente de trabajo humano y resultaría más económico modificar el robot que el ambiente completo, pueden usar herramientas como los humanos y su forma es similar.[3] Lograr que un robot desempeñe las actividades que realiza un ser humano, como caminar la percepción de objetos ha significado un reto, ya que, para poder decir que una máquina piensa como un humano, debe haber una manera de poder determinarlo.

La inteligencia artificial como un nuevo campo de estudio en la ciencia e ingeniería, se ha desarrollado en cuatro aproximaciones divididas en actuar y pensar humana, y racionalmente. La tarea de percibir y manipular objetos se encuentra dentro del actuar humanamente, donde se involucran las dos disciplinas de interés en este documento: robótica y visión computacional. [8]

La visión es el sentido más poderoso, ya que a través de él se obtiene la información del ambiente y con ello se puede interactuar inteligentemente con el entorno.[4] La visión computacional es la extracción automatizada de información que provee una imagen. Dicha información puede tratarse de modelos 3D, la posición de una cámara, reconocimiento y detección de objetos.[1] Con el paso del tiempo los robots móviles tendrán que explorar cada vez distancias más grandes, por lo que será primordial contar con sensores avanzados y buena capacidad de percepción.

## 1.1. Motivación

Una de las tareas más importantes de un sistema autónomo de cualquier tipo es adquirir conocimiento de su entorno[10] . Por ende, la visión artificial es una de las habilidades más requeridas en los robots móviles como robots de servicio, de rescate o conductores.

Para fomentar el desarrollo de robots humanoides existen competencias como la RoboCup. En la categoría de humanoid kid size se busca que un robot juegue fútbol en un entorno dinámico, para lo que se requieren varias habilidades. Entre muchas otras cosas, el robot debe percibir y comprender su entorno visual para jugar de una manera efectiva. Con estas competencias lo que se busca es desafiar, probar e impulsar la investigación constante en nuevos algoritmos cada vez más eficientes. [2]

Este tipo de desafíos no dejan de ser parte de una investigación activa, ya que el campo de la visión computacional sigue representando un problema abierto. Puesto que se parte de información insuficiente para dar solución a incógnitas que se quieren resolver, se usan modelos probabilísticos o inteligencia artificial, con el objetivo de eliminar la ambigüedad entre posibles respuestas. Sin embargo, esto sigue siendo muy propenso a fallar.

En este contexto, es conveniente partir del problema hacia la técnica adecuada, es decir, darle un enfoque ingenieril. [11]

## 1.2. Planteamiento del problema

## 1.3. Hipótesis

## 1.4. Objetivos

### Objetivo general

Desarrollar un sistema de visión artificial para identificar porterías y jugadores en un partido de fútbol con otros robots bípedos.

### Objetivos particulares

- Aplicar características geométricas para identificar y localizar porterías.
- Aplicar redes neuronales artificiales para la detección de otros humanoides en la cancha.
- Evaluar el desempeño en un ambiente simulado.
- Evaluar el desempeño en un ambiente real.

## 1.5. Descripción del documento

## Capítulo 2

# Marco teórico

### 2.1. Robots bípedos

Un robot bípedo es un tipo de robot móvil que cuenta con dos piernas, y su principal diferencia entre otros es su locomoción bípeda. [12]

### 2.2. Conceptos básicos de visión artificial

### 2.3. Redes neuronales artificiales

### 2.4. Competencia Robocup Humanoid kid size





## Capítulo 3

# Sistema de reconocimiento de porterías

### 3.1. Filtros Gaussianos

### 3.2. Detección de bordes

La detección de bordes es importante en el área de procesamiento de imágenes, ya que facilita diversas tareas. Consiste en el análisis de los cambios bruscos en la intensidad de los píxeles para obtener información precisa sobre las regiones de interés.[6] El algoritmo de Canny es usado para detectar todos los bordes que puedan ocurrir en una imagen y es considerado uno de los mejores métodos de detección de contornos

### 3.3. Detección de contornos

### 3.4. Caracterización de formas

Los momentos de Hu

### 3.5. Estimación de orientación



## Capítulo 4

# Reconocimiento de jugadores

- 4.1. Redes neuronales artificiales
- 4.2. Entrenamiento
- 4.3. Redes neuronales convolucionales
- 4.4. Transferencia de aprendizaje



## Capítulo 5

# Implementación

- 5.1. Robots nimbro-op y Darwin-op
- 5.2. Simulador Gazebo
- 5.3. Plataforma ROS
- 5.4. Tarjeta de desarrollo nvidia jetson



## Capítulo 6

# Resultados

### 6.1. Detección de porterías

#### 6.1.1. Resultados en simulación

#### 6.1.2. Resultados en los robots reales

### 6.2. Detección de otros jugadores

#### 6.2.1. Resultados en simulación

#### 6.2.2. Resultados en los robots reales





## Capítulo 7

# Discusión

7.1. Conclusiones

7.2. Trabajo futuro



# Bibliografía

- [1] J. Erik Solem. Programming computer vision with python, 2012.
- [2] N. Fiedler, H. Brandt, J. Gutsche, F. Vahl, J. Hagge, and M. Bestmann. An open source vision pipeline approach for robocup humanoid soccer. In *RoboCup 2019: Robot World Cup XXIII 23*, pages 376–386. Springer, 2019.
- [3] S. Kajita, H. Hirukawa, K. Harada, and K. Yokoi. *Introduction to humanoid robotics*, volume 101. Springer, 2014.
- [4] A. Milella, G. Reina, R. Siegwart, et al. Computer vision methods for improved mobile robot state estimation in challenging terrains. *J. Multim.*, 1(7):49–61, 2006.
- [5] A. Rayhan. Artificial intelligence in robotics: From automation to autonomous systems, 2023.
- [6] J. V. Rebaza. Detección de bordes mediante el algoritmo de canny. *Escuela Académico Profesional de Informática. Universidad Nacional de Trujillo*, 4, 2007.
- [7] F. Rubio, F. Valero, and C. Llopis-Albert. A review of mobile robots: Concepts, methods, theoretical framework, and applications. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 16(2):1729881419839596, 2019.
- [8] S. J. Russell and P. Norvig. *Artificial intelligence: a modern approach*. Pearson, 2016.
- [9] P. Sadangharn. Acceptance of robots as co-workers: Hotel employees’ perspective. *International Journal of Engineering Business Management*, 14:18479790221113621, 2022.
- [10] R. Siegwart, I. R. Nourbakhsh, and D. Scaramuzza. *Introduction to autonomous mobile robots*. MIT press, 2011.
- [11] R. Szeliski. *Computer vision: algorithms and applications*. Springer Nature, 2022.
- [12] X. Yang, H. She, H. Lu, T. Fukuda, and Y. Shen. State of the art: bipedal robots for lower limb rehabilitation. *Applied Sciences*, 7(11):1182, 2017.