

# Implementación de tareas de manipulación precisa con brazos robóticos



Trabajo de Fin de  
Grado

**Autora:** Cristina María Garrido López

**Tutor:** Eduardo Ros Vidal

**Cotutor:** Francisco Barranco Expósito

# Índice

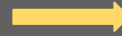


1. Objetivos
2. Entorno
3. Implementación
4. Pruebas
5. Conclusión

---

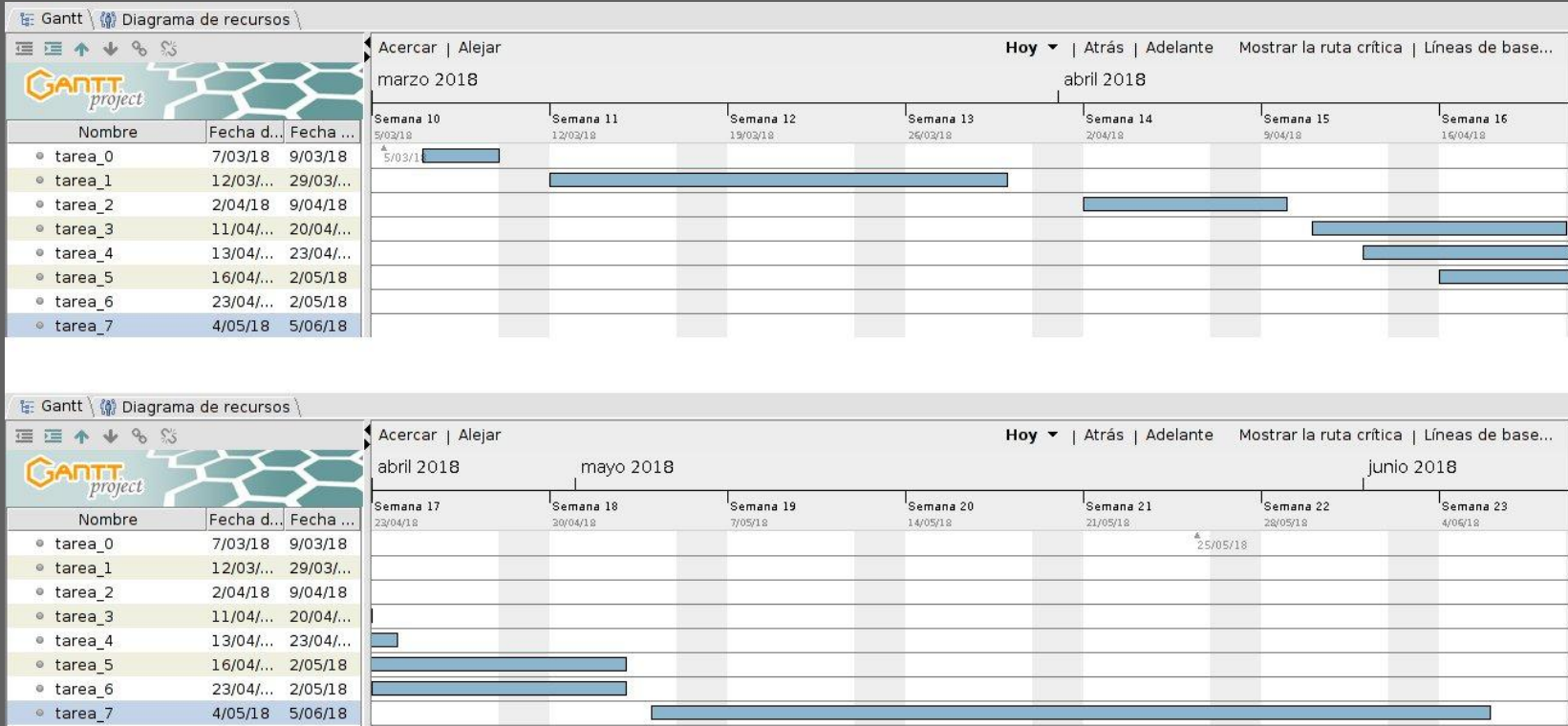
# 1. Objetivos

- Estudio del entorno.
- Integración de un filtro de color para realizar la segmentación de objetos.
- Clasificación estática parametrizada.
- Robótica adaptativa.
- Realización de pruebas.
- Liberación de código y creación de una web.



**SEPARACIÓN  
DE OBJETOS**

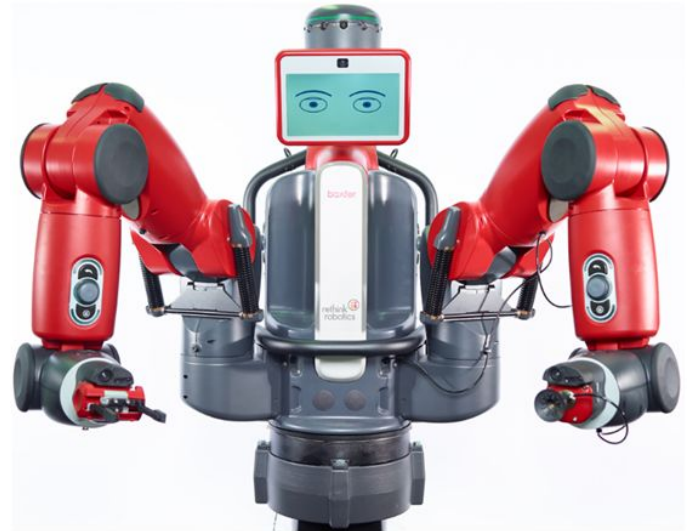
# Planificación. Desarrollo en espiral



## 2. Entorno



ROS | Baxter



---

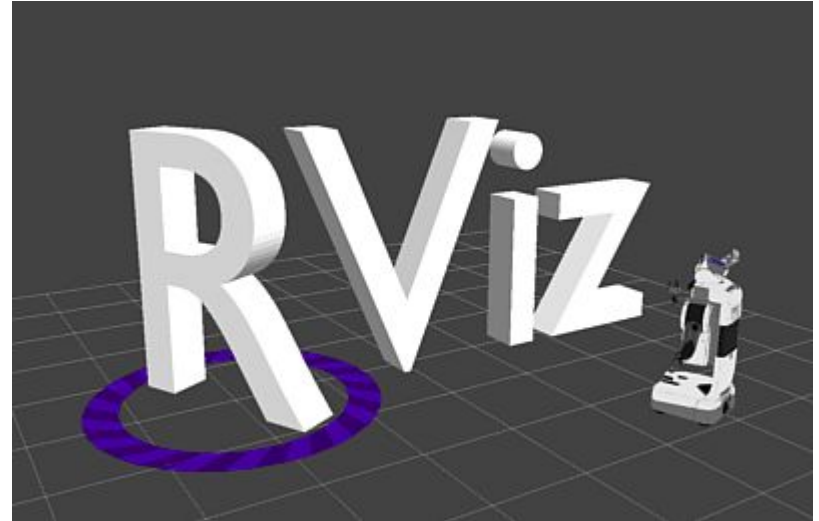
RETHINK ROBOTICS

## 2. Entorno



GAZEBO

MoveIt! | RViz | Gazebo

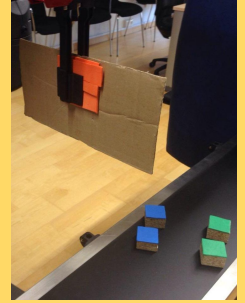


### 3. Implementación

1. Visión por computador.
2. Clasificación en entorno estático con una paleta.
3. Clasificación en entorno dinámico con una paleta.
4. Clasificación en entorno dinámico con una cuña.

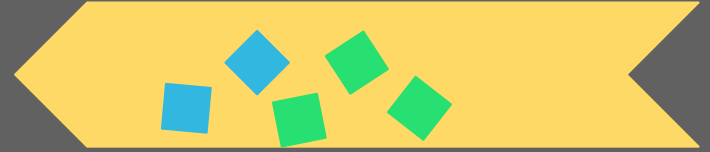


CUÑA

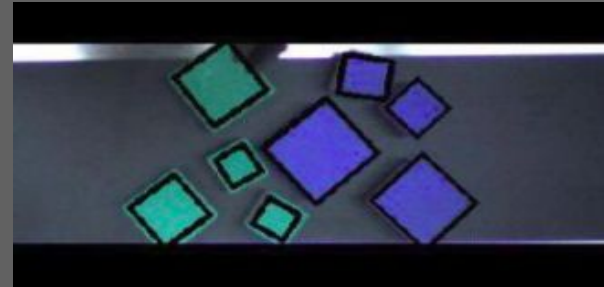


PALETA

## 3.1. Visión por computador

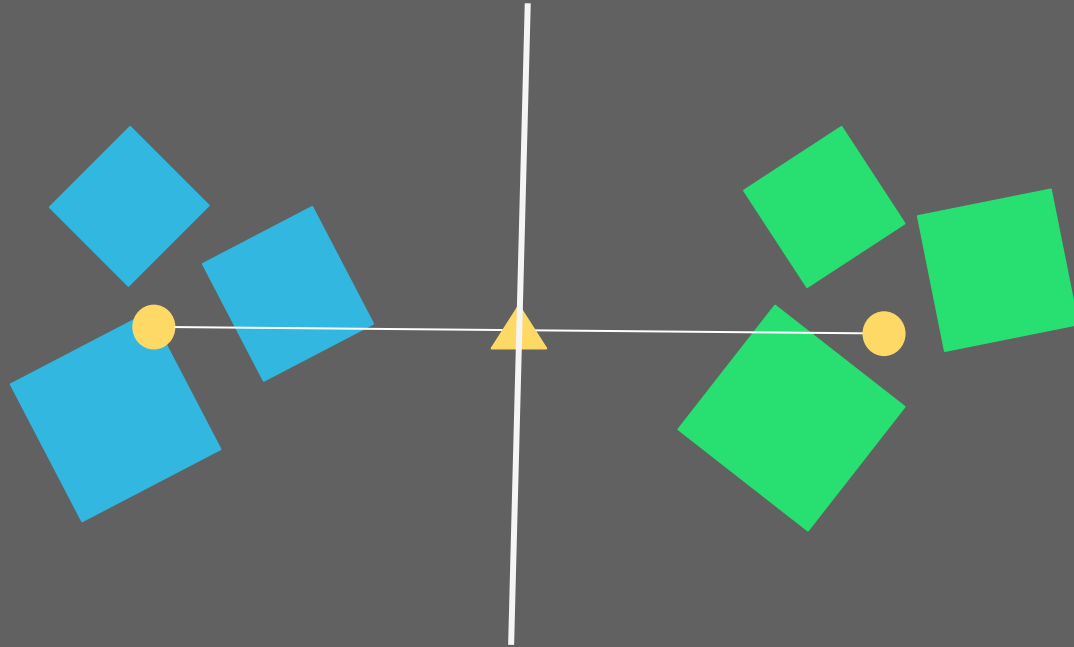


- Biblioteca OpenCV.
- Función de Callback. Cálculo de la posición en coordenadas de imagen.
- Algoritmo k-means.
- Cálculo del punto medio entre clusters en coordenadas del mundo real.

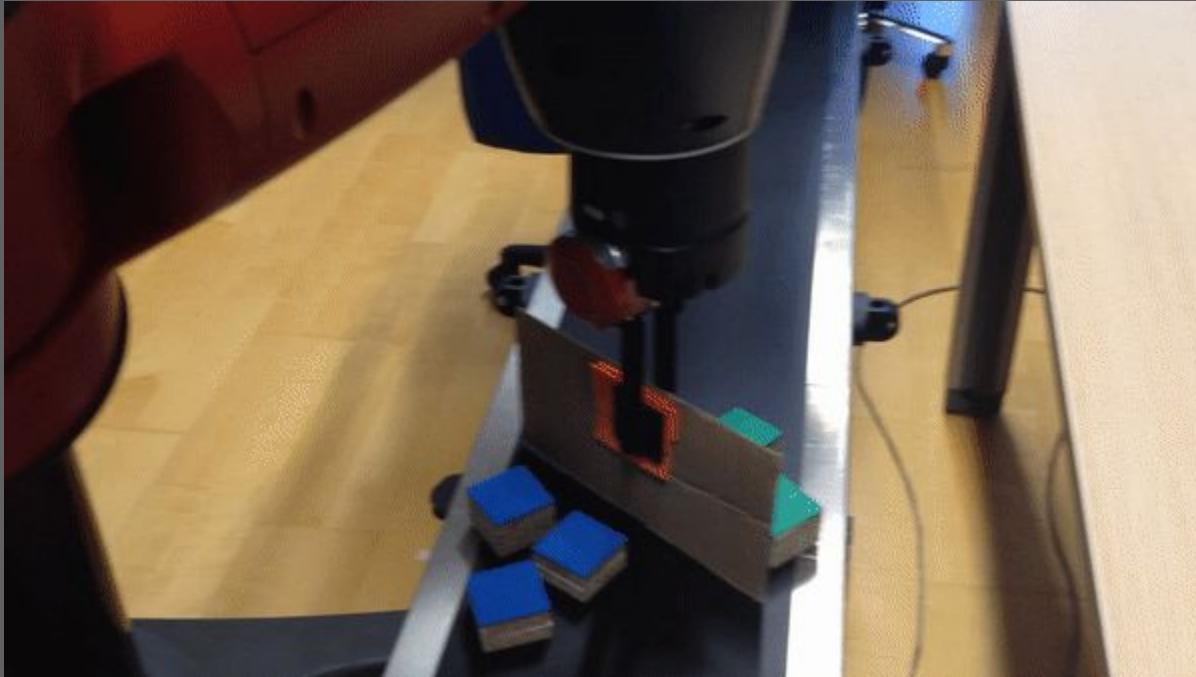




→ Cálculo de la  
orientación del gripper



### 3.2. Clasificación en entorno estático con una paleta

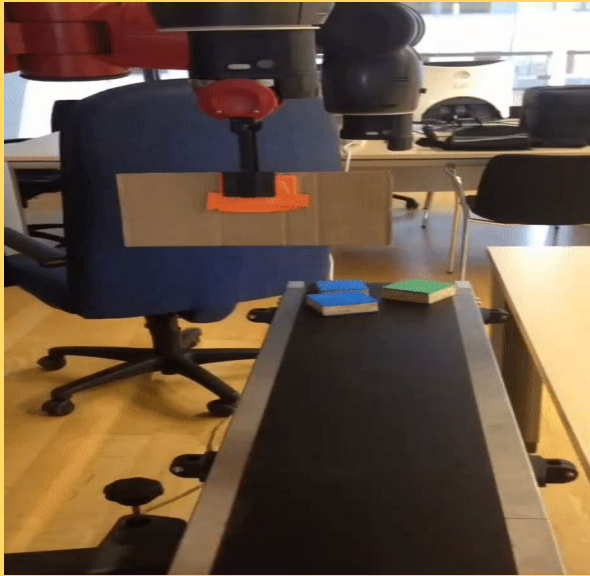


OBTENER  
PUNTO MEDIO

OBTENER  
PUNTO MEDIO  
CÁLCULO DE  
VELOCIDAD

PREDICCIÓN DE  
MOVIMIENTO  
SEPARACIÓN DEL  
PRIMER CLUSTER

PREDICCIÓN DE  
MOVIMIENTO  
SEPARACIÓN DEL  
SEGUNDO CLUSTER



### 3.3. Clasificación en entorno dinámico con una paleta

### 3.4. Clasificación en entorno dinámico con una cuña



OBTENER  
PUNTO MEDIO

TIEMPO CONCRETO

OBTENER  
PUNTO MEDIO  
CÁLCULO DE  
VELOCIDAD

SEPARACIÓN DE  
OBJETOS  
PREDICCIÓN DE  
MOVIMIENTO

## 4. Pruebas



Medidas de rendimiento:

- Precisión frente a velocidad.
- Precisión frente a exhaustividad.

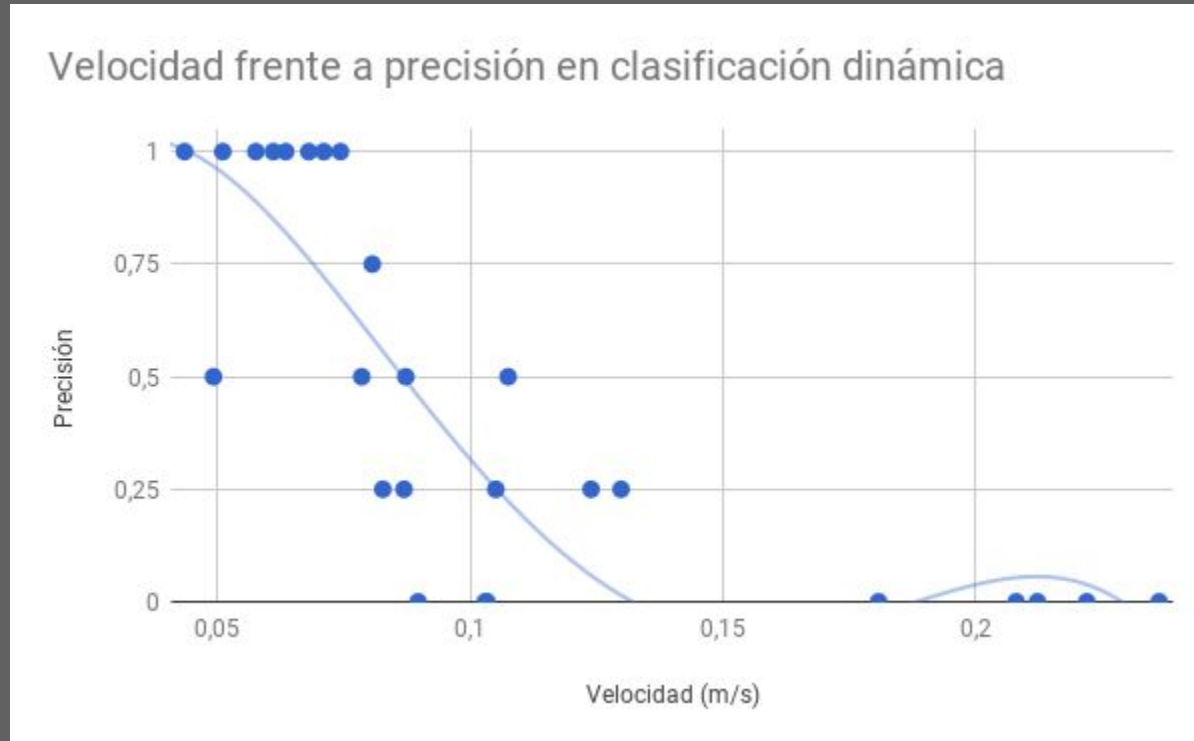
Medidas de error:

- Precisión frente a número de objetos.
- Precisión frente a tamaño de objetos.

## 4.1. Medidas de rendimiento

### Precisión frente a velocidad

n = 30



Velocidad  
óptima:  
8cm/s

## 4.1. Medidas de rendimiento

Precisión frente a exhaustividad en clasificación estática



PRECISIÓN	EXHAUSTIVIDAD
1	0.33
0.66	1

20 ejecuciones

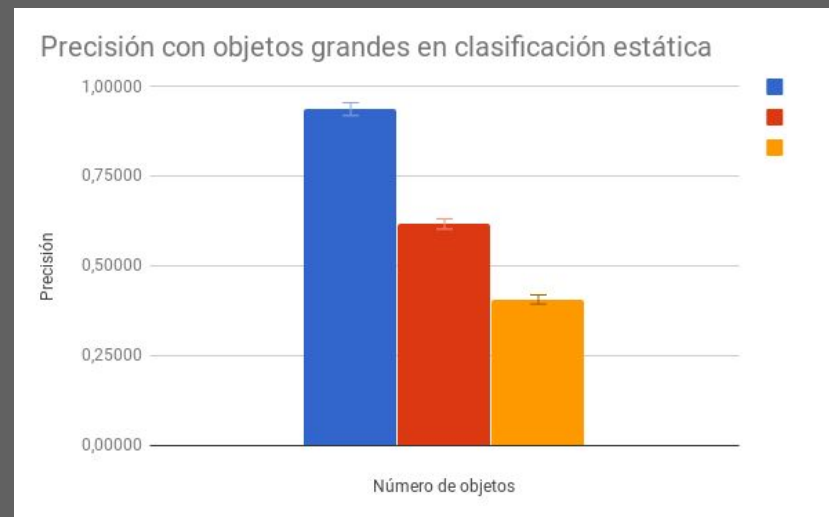
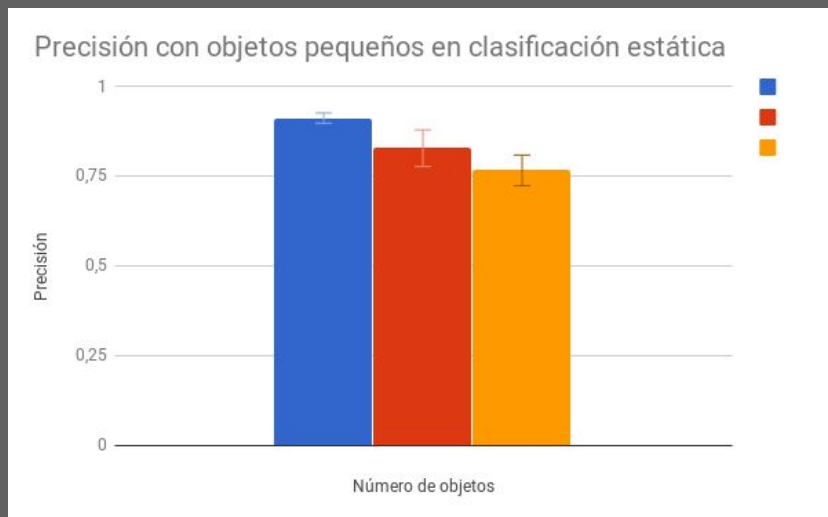
**Precisión:** objetos relevantes clasificados.

**Exhaustividad:** fracción de objetos relevantes clasificados.



## 4.2. Medidas de error

Precisión frente a número de objetos en clasificación **estática**



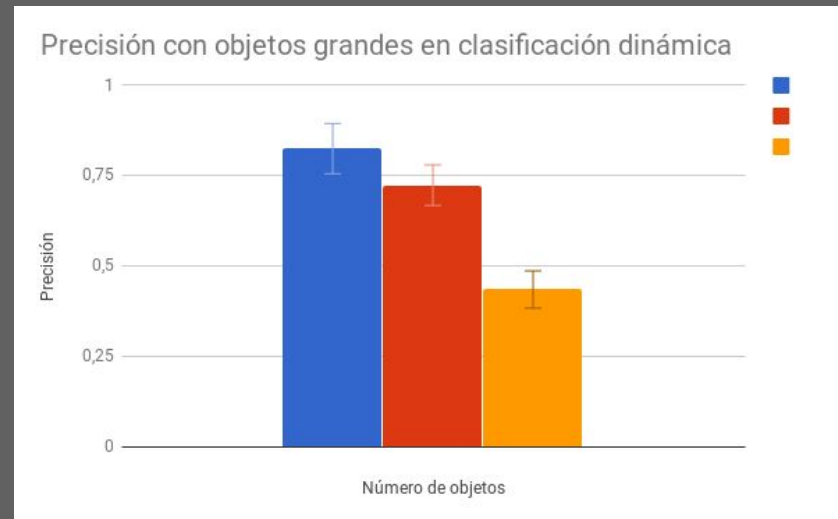
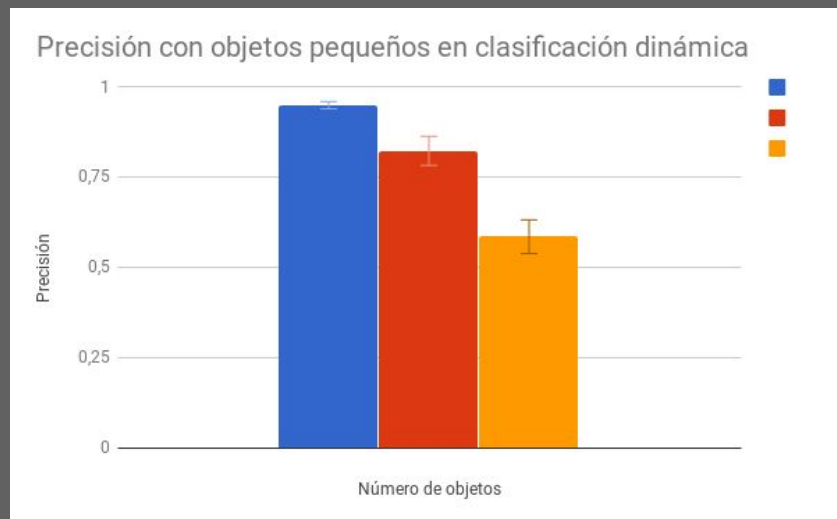
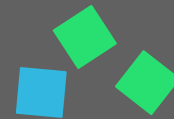
- 4 piezas
- 6 piezas
- 7 piezas

n = 20



## 4.2. Medidas de error

Precisión frente a número de objetos en clasificación **dinámica**



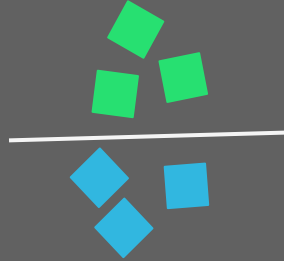
- 4 piezas
- 6 piezas
- 7 piezas

n = 20

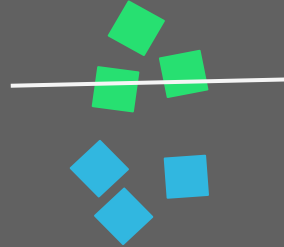
# Robótica adaptativa

Parámetro “precision\_value” → **precisión**  
en la ejecución anterior

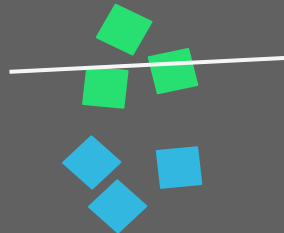
precision\_value = 1.0



precision\_value = 0.6



precision\_value = 0.3



Aumenta la coordenada  
en el **eje de ordenadas**  
para obtener más objetos  
de ese color

# Problemas afrontados



- Librería de planificación OMPL.

# Problemas afrontados

- Material de las herramientas.



# 5. Conclusión

- Contribuciones
- Análisis
- Trabajo futuro

# Referencias

- <https://www.rethinkrobotics.com/baxter/>
- <http://www.ros.org/about-ros/>
- <https://moveit.ros.org/>
- <http://wiki.ros.org/rviz>
- [https://github.com/cvr-lab/baxter\\_pick\\_and\\_place](https://github.com/cvr-lab/baxter_pick_and_place)
- [https://www.youtube.com/channel/UC9pq0ErS5dWzICzpUrRdZlq/videos?view\\_as=subscriber](https://www.youtube.com/channel/UC9pq0ErS5dWzICzpUrRdZlq/videos?view_as=subscriber)

- Gazebo, "http://gazebo-sim.org/tutorials?cat=guided\_b&tut=guided\_b1,"
- D. M. Powers, "Evaluation: from precision, recall and f-measure to roc, informedness, markedness and correlation," 2011.
- L. Thatcher, "How can precision-recall curves help evaluate your model?," 2018.
- F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort, V. Michel, B. Thirion, M. Blondel, P. Prettenhofer, R. Weiss, V. Dubourg, J. Van der Plas, A. Passos, D. Cournapeau, M. Brucher, M. Perrot, and E. Du chesnay, "Scikit-learn: Machine learning in Python," Journal of Machine Learning Research, vol. 12, pp. 2825–2830, 2011.
- C. M. G. López, "https://github.com/cvr-lab/classification\_Baxter,"
- C. Lab, "http://www.ugr.es/~cvrlab/projects/baxter\_conveyor/ baxter.html," J. A. Hartigan and M. A. Wong, "Algorithm as 136: A k-means clustering algorithm," Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics), vol. 28, no. 1, pp. 100–108, 1979.
- "http://www.ros.org/about-ros/,"
- R. Robotics, "https://www.rethinkrobotics.com/baxter/,"
- C. Reardon, H. Tan, B. Kannan, and L. DeRose, "Towards safe robot-human collaboration systems using human pose detection," in Technologies for Practical Robot Applications (TePRA), 2015 IEEE International Conference on, pp. 1–6, IEEE, 2015.
- T. S. Tadele, T. de Vries, and S. Stramigioli, "The safety of domestic robotics: A survey of various safety-related publications," IEEE robotics & automation magazine, vol. 21, no. 3, pp. 134–142, 2014.
- C. U. P. Steven M. Lavalle, "http://planning.cs.uiuc.edu/node102.html,"
- "https://moveit.ros.org/,"
- "http://moveit.ros.org/documentation/faqs/,"
- "http://wiki.ros.org/rviz,"
- R. Wiki, "http://wiki.ros.org/urdf,"
- R. Robotics, "http://sdk.rethinkrobotics.com/wiki/URDF,"
- Lentin, "Mastering ros for robotics programming,"
- B. W. Boehm, "A spiral model of software development and enhancement," Computer, vol. 21, no. 5, pp. 61–72, 1988.
- M. Vega, "https://lsi.ugr.es/~mvega/docis/casos%20de%20uso.pdf,"
- S. Khanduja, "https://github.com/saurabheights/IPEXperimentTools/blob/master/AnalyzeHSV/hsvThreshold.py,"
- O. Doc, "https://docs.opencv.org/2.4/modules/imgproc/doc/filtering.html,"
- O. Doc, "https://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/erosion\_dilatation/erosion\_dilatation.html,"
- T. S. Tadele, T. de Vries, and S. Stramigioli, "The safety of domestic robotics: A survey of various safety-related publications," IEEE robotics & automation magazine, vol. 21, no. 3, pp. 134–142, 2014.