



Universidad  
Rey Juan Carlos

Máster Universitario en Visión Artificial  
Curso 2018-2019  
Trabajo Fin de Máster

# **HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE ALGORITMOS VISUAL SLAM**

Autor: Elías Barcia Mejías

Tutores: JoseMaria Cañas, Eduardo Perdices

# Índice

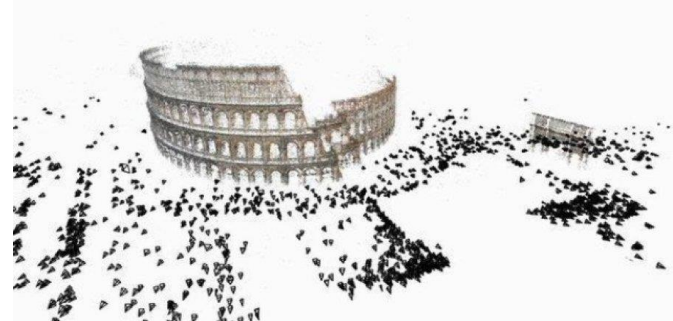
- Introducción a Visual SLAM
- Estado del arte herramientas Visual SLAM
- Objetivos del proyecto
- Descripción herramienta SLAMTestbed
- Tests con SLAMTestbed
- Conclusiones

# Introducción a Visual SLAM

- SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)
- autolocalización y generación de mapas
- ¿Cómo funciona?
- Motivación
- Al menos 1 cámara RGB
- CPU suficientemente potente, 30 fps
- Otras cámaras, estéreo , RGBD

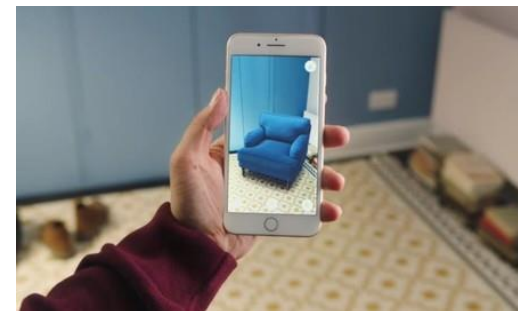
# Aplicaciones Visual SLAM

- Proyecto Tango.
- Magic Plan, Canvas.
- Pix4D.
- Photo Tourism.



# Aplicaciones Visual SLAM

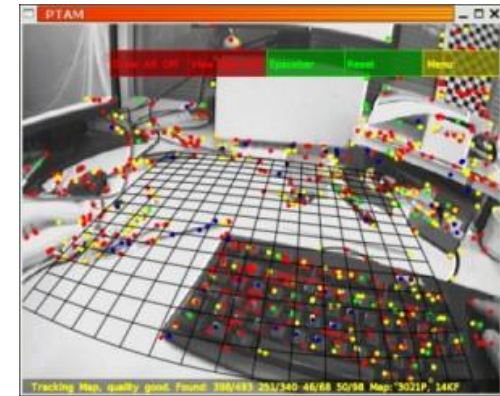
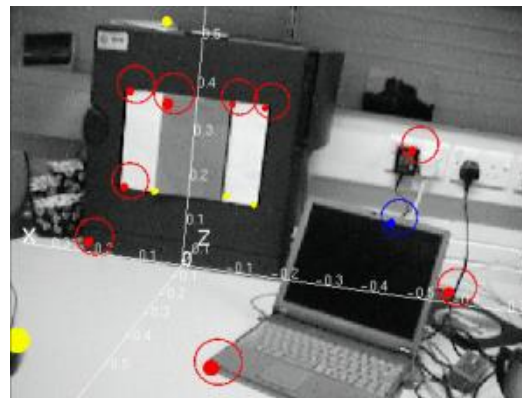
- Robot Aspirador.
- Drones.
- Realidad Aumentada



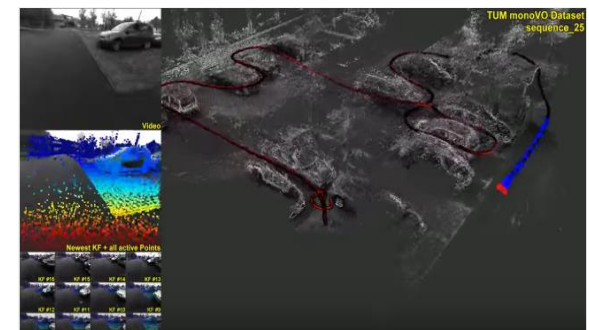
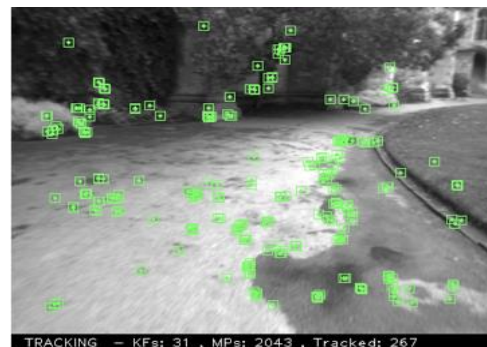
# Técnicas de Visual SLAM

## Algoritmos

- MonoSLAM y PTAM



- ORBSLAM Y DSO/LDSO



# Herramientas y datasets para evaluar algoritmos SLAM

- Computer Vision Group TUM
  - Scripts Python y datasets groundtruth
    - ATE. Error absoluto de trayectoria
    - RPE. Relativo Pose Error
- Trajectory Evaluation Toolbox for Visual Odometry
  - Scripts Python
  - Conversión de formatos de datasets

# Herramientas y datasets para evaluar algoritmos SLAM

- SLAMBench
  - Universidad de Edimburgo
  - Robótica, Realidad Aumentada
  - GUI
  - Multiplataforma
- The Kitti Vision Benchmark Suite
  - Coches autónomos
  - Ladders, GPS
  - Benchmarking Visual SLAM



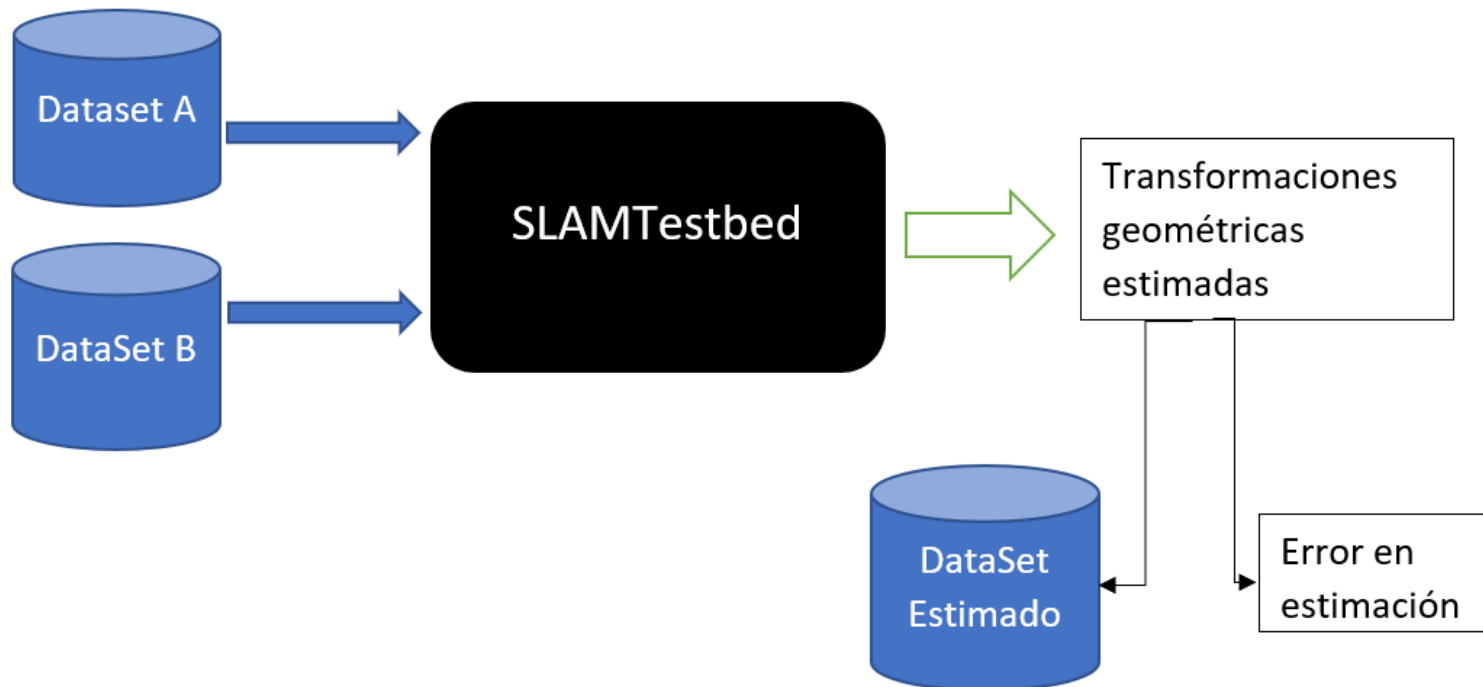
# Objetivos

-Objetivo principal.

-Subobjetivos:

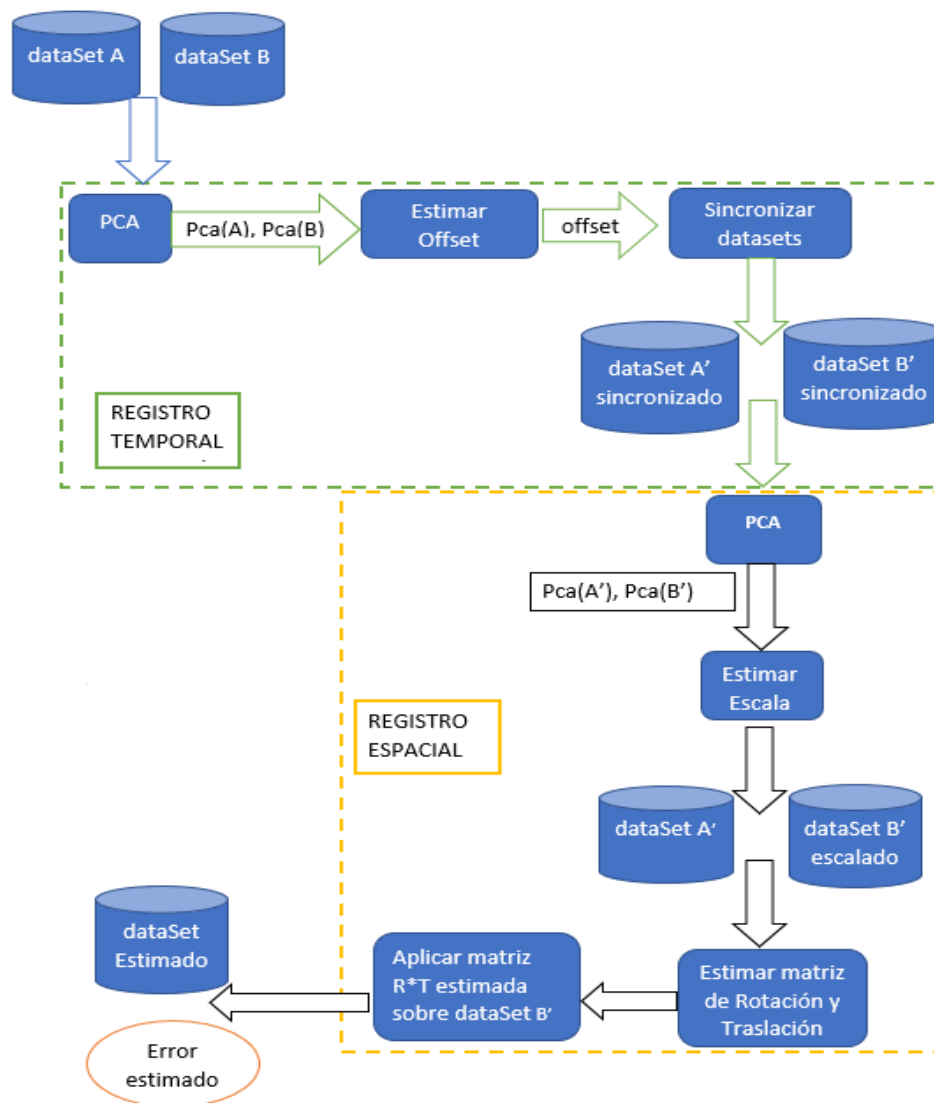
1. Registrador Espacial
2. Registrador Temporal
3. Herramienta de medición

- DISEÑO



# Herramientas SLAMTestbed

- DISEÑO



- MODULOS QUE COMPONEN LA HERRAMIENTA
  - Estimador PCA y cálculo de Escala
  - Estimador Offset Temporal
  - Interpolador temporal
  - Registro Espacial
  - Cálculo de Estadísticas
  - Interfaz Gráfico de usuario

- Estimador PCA y cálculo de Escala
- Estimador Offset Temporal:
  - Consumo CPU
  - Correlación cruzada

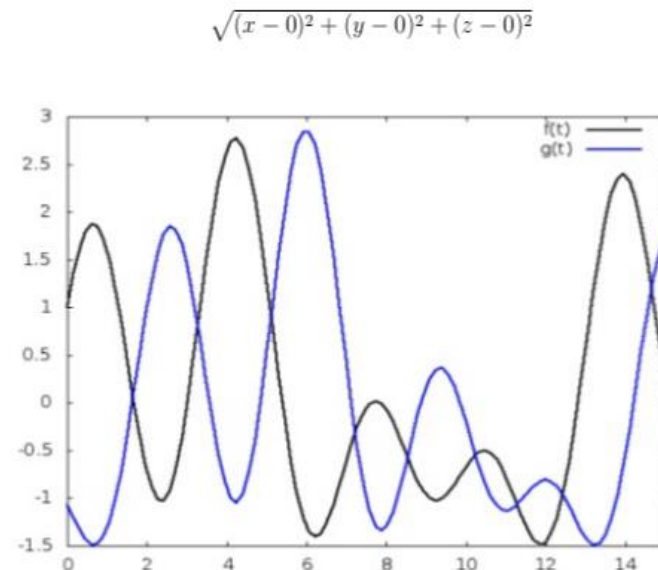
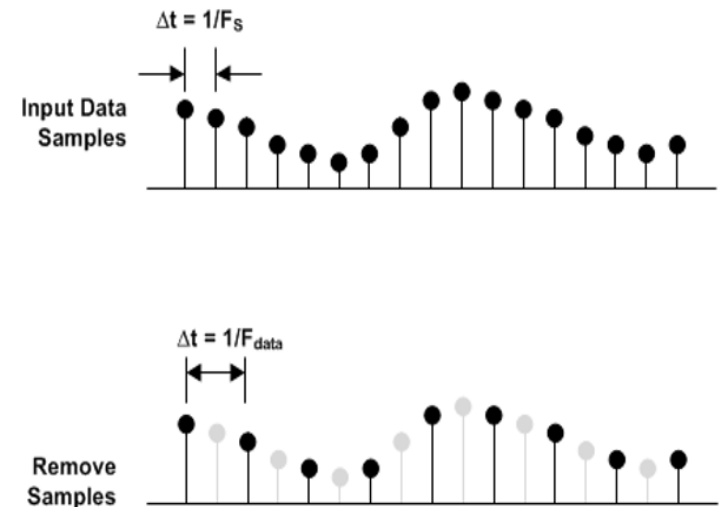
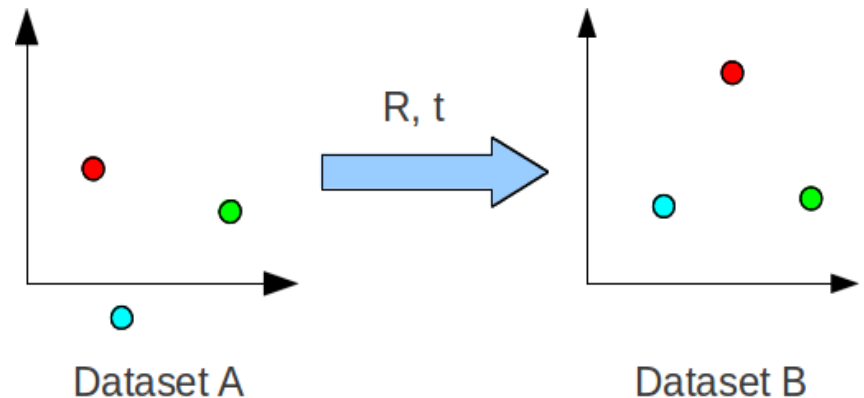


Figura 4.3: Desfase del offset entre dos series temporales.

- Interpolador Temporal
  - Igualar frecuencias de datasets
    - Frecuencia Mayor
    - Frecuencia Menor
    - Frecuencia Personalizada
    - Función SLERP cuaternios



- Registro Espacial
  - Estimación de Escala
  - Estimación de Traslación
  - Estimación de Rotación



- Cálculo de Estadísticas

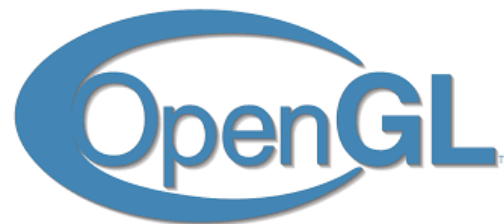
Cálculo media, mediana, max, min

Cálculo del RMSE

Cálculo del error angular. Funciones Eigen



- Interfaz Gráfico de Usuario
  - Lenguaje C++
  - Librería Eigen
  - Entorno QT + OpenGL



# Herramienta SLAMTestbed

sequence manager

Configure Modifications on data sequence:

SCALE X Y Z

3.500000

TRANSLATION

X

1.000000

Y

2.000000

Z

3.000000

ROTATION in Radians

X

1.000000

Y

2.000000

Z

3.000000

Interpolate FREQUENCY

☐ Interpolate to Max Frequency

☐ Interpolate to Min Frequency

☒ Interpolate to Custom Frequency

Custom Frequency

0.005000

Time Offset

1.320000

Configure Gaussian and Cosmic Noise:

Gaussian Noise 1/0

☒

1.000000

Cosmic Noise 1/0

☒

1.000000

OK Cancel

Show Estimated transformations

Show ESTIMATED transformations A TO B:

scale X

3.522695

scale Y

3.522695

scale Z

3.522695

trasla X

1.032989

trasla Y

2.028210

trasla Z

2.984188

Time Offset

-1.320000

Correlation Max value

0.992458

Yaw

1.524146

Pitch

-3.061871

Roll

-1.626570

RMSE

0.061024

OK Cancel

Show Estimated transformations

Show ESTIMATED transformations B TO A:

scale X

3.522695

scale Y

3.522695

scale Z

3.522695

trasla X

1.829934

trasla Y

-3.187258

trasla Z

0.760792

Time Offset

-1.320000

Correlation Max value

0.992458

Yaw

2.234887

Pitch

1.495304

Roll

0.742515

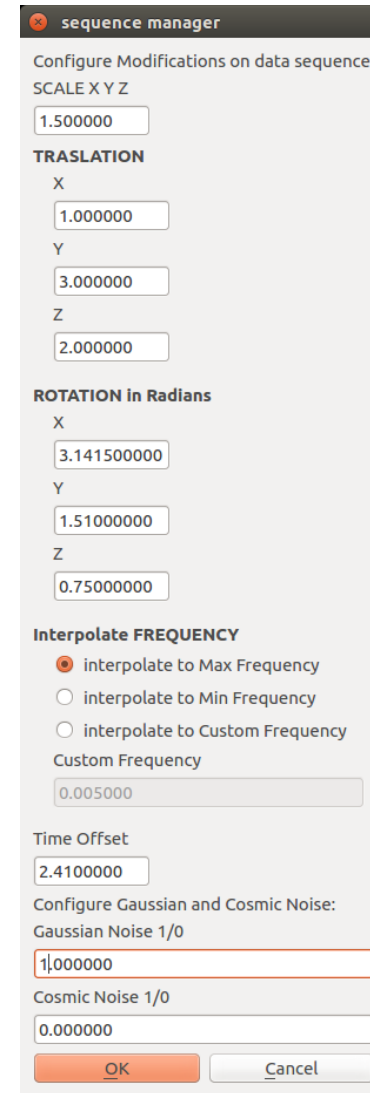
RMSE

0.017323

OK Cancel

# Validación experimental

- Módulo Transformador:
  - Escala, Rotación , Traslación
  - Offset temporal, frecuencia
  - Ruido Gaussiano, Ruido Cósmico



sequence manager

Configure Modifications on data sequence:

SCALE X Y Z

1.500000

TRASLATION

X

1.000000

Y

3.000000

Z

2.000000

ROTATION in Radians

X

3.141500000

Y

1.51000000

Z

0.75000000

Interpolate FREQUENCY

☒ interpolate to Max Frequency

☐ interpolate to Min Frequency

☐ interpolate to Custom Frequency

Custom Frequency

0.005000

Time Offset

2.4100000

Configure Gaussian and Cosmic Noise:

Gaussian Noise 1/0

1.000000

Cosmic Noise 1/0

0.000000

OK Cancel

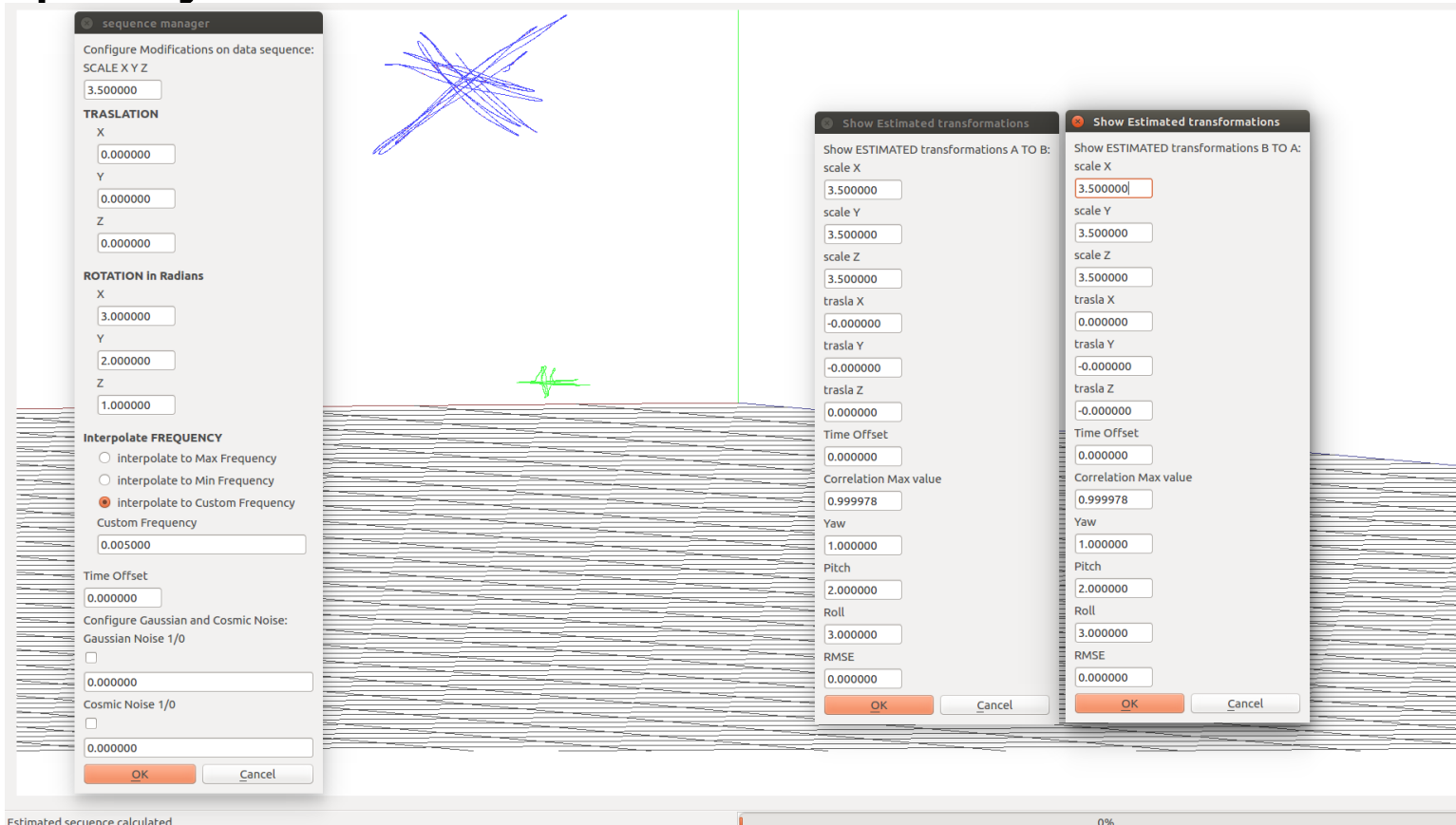
- Trayectorias dataSet internacional TUM
  - Ficheros de texto *timeStamp, X, Y, Z, qx, qy, qz, qw*

```
1305031098.67 1.3563 0.31525 1.638 0.6132 0.5962 -0.3311 -0.3986
1305031098.68 1.3543 0.3153 1.636 0.6129 0.5966 -0.3316 -0.398
1305031098.69 1.3525 0.3153 1.6339 0.6136 0.5971 -0.3312 -0.3966
1305031098.7 1.3502 0.3153 1.6318 0.6139 0.5972 -0.3312 -0.3959
1305031098.71 1.3482 0.3154 1.6298 0.6148 0.5978 -0.3301 -0.3945
1305031098.72 1.3462 0.3154 1.6275 0.6148 0.5976 -0.3307 -0.3943
1305031098.73 1.3439 0.3154 1.6253 0.6151 0.5977 -0.3309 -0.3935
1305031098.74 1.3417 0.3154 1.6231 0.6155 0.5985 -0.3302 -0.3923
1305031098.75 1.3397 0.31535 1.621 0.6152 0.5993 -0.33 -0.3918
1305031098.76 1.3375 0.3153 1.6187 0.6148 0.5993 -0.3306 -0.3919
1305031098.77 1.3349 0.3152 1.6164 0.6143 0.5998 -0.3311 -0.3915
1305031098.78 1.3328 0.31515 1.6138 0.6141 0.601 -0.3305 -0.3905
1305031098.79 1.3302 0.31495 1.6112 0.6139 0.6018 -0.3303 -0.3896
1305031098.8 1.3278 0.3148 1.6087 0.6139 0.6023 -0.3298 -0.3894
```

- Pruebas transformaciones individuales
- Pruebas transformaciones por parejas
- Pruebas de transformación combinadas con y sin RANSAC

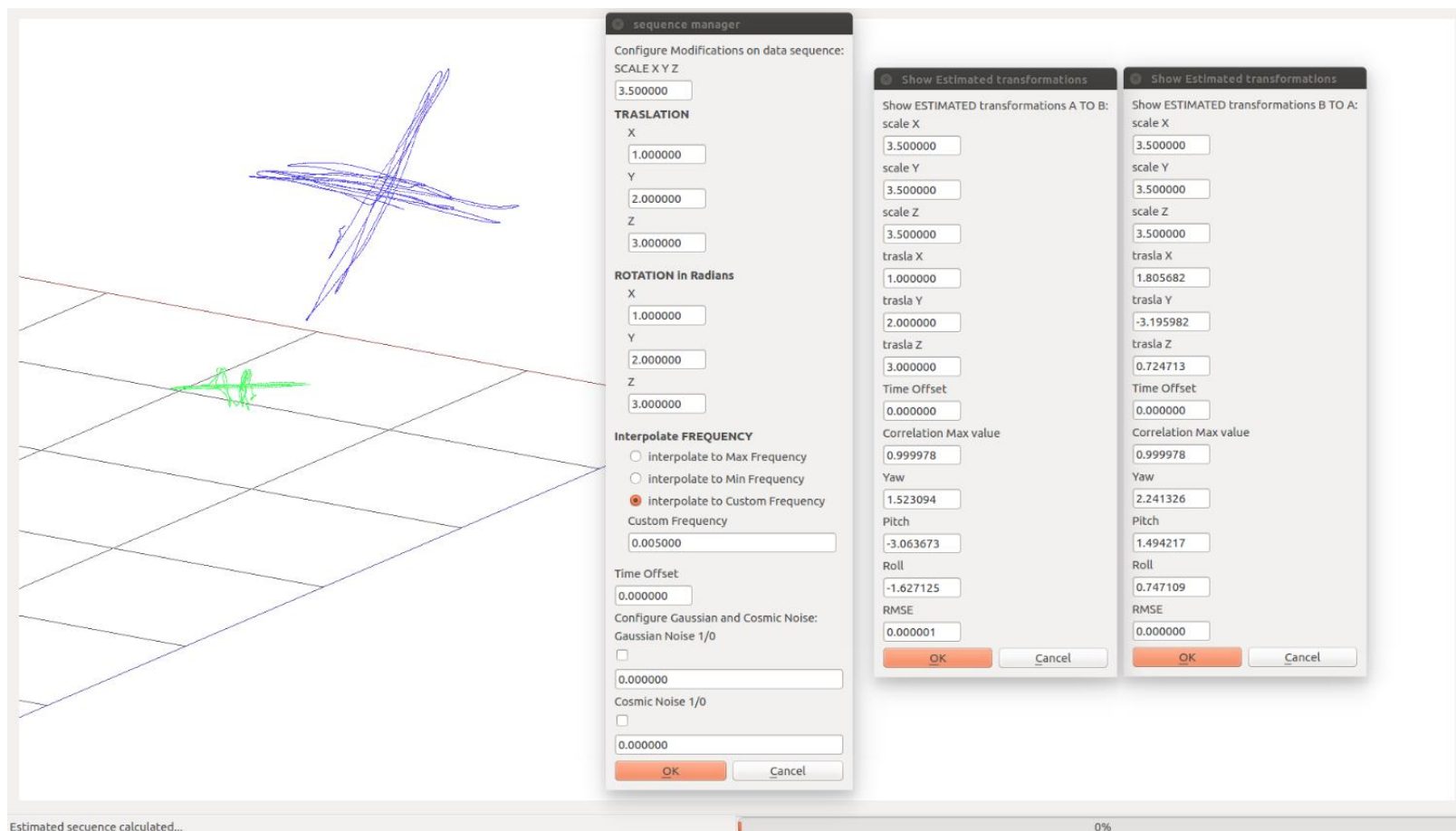
# Validación experimental

- Pruebas transformaciones individuales y por parejas



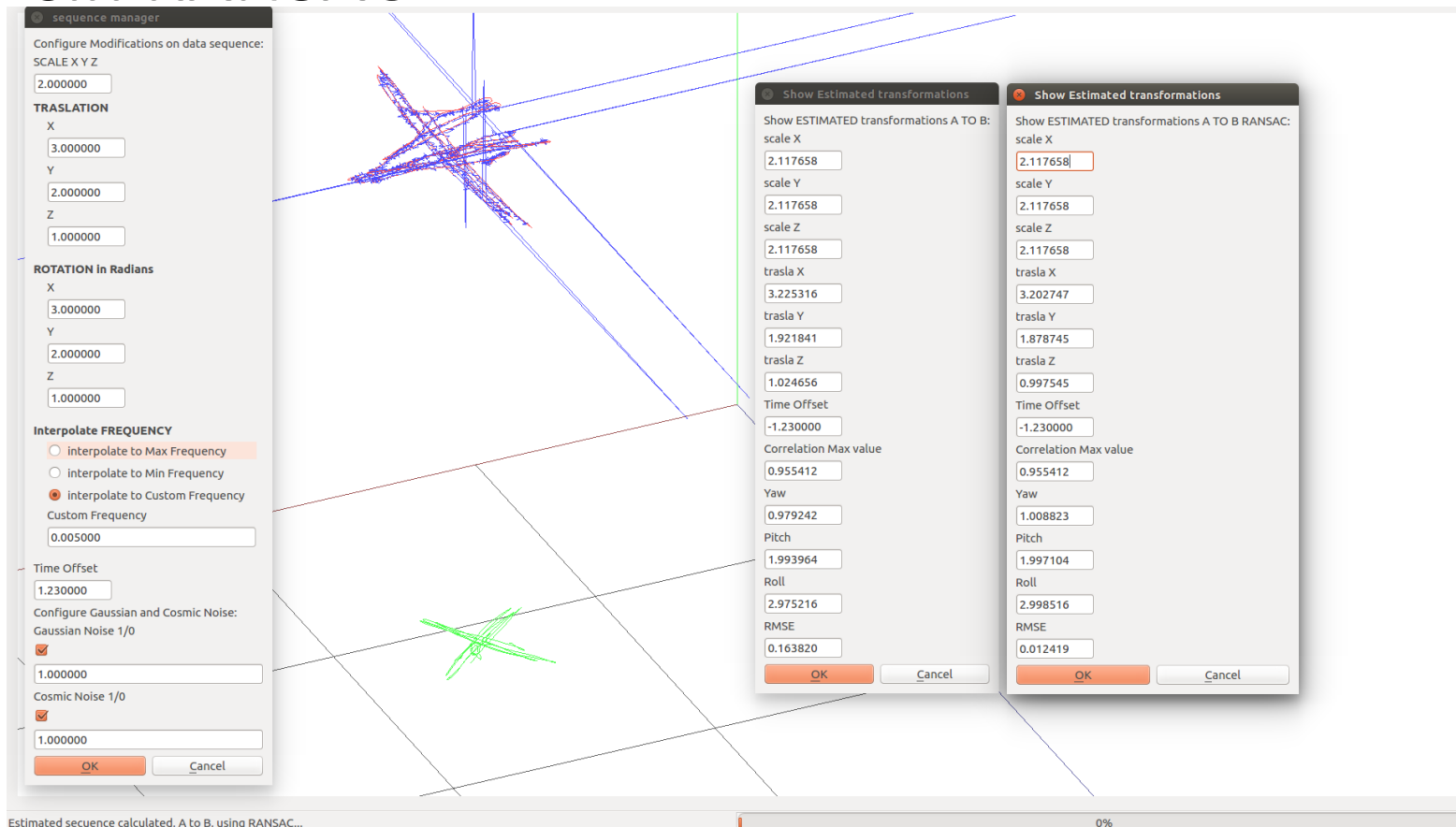
# Validación experimental

- Pruebas transformaciones combinadas



# Validación experimental

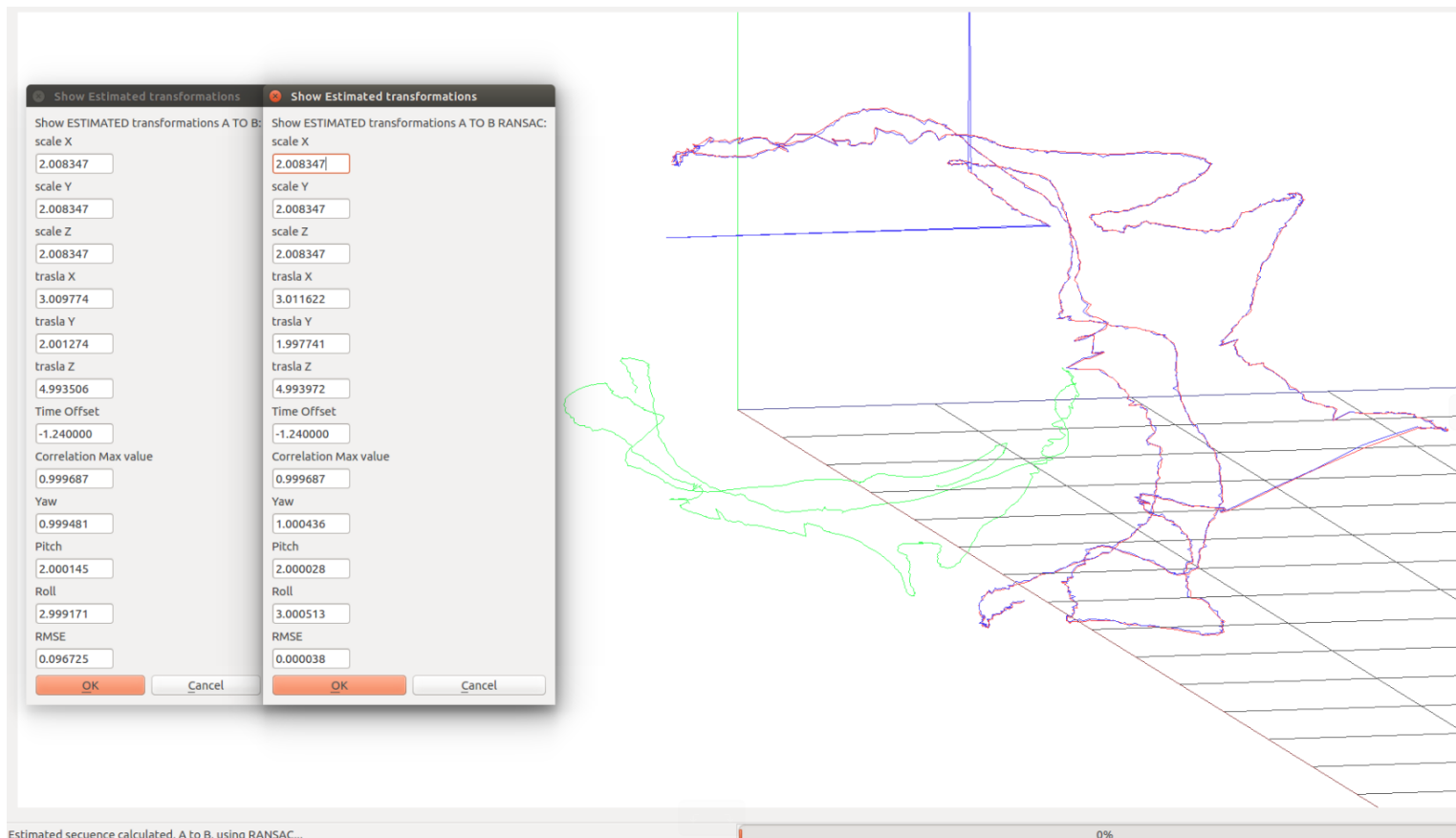
- Pruebas de transformación combinadas con y sin RANSAC





# Validación experimental

- Pruebas de transformación combinadas con y sin RANSAC



# CONCLUSIONES

- Se ha conseguido un Registrador Espacial
- Se ha conseguido un Registrador Temporal
- Se han integrado en la herramienta SLAMTestbed
- Se ha creado un Módulo de Transformación para facilitar las pruebas con SLAMTestbed
- Se han conseguido los objetivos del TFM

- Comparar diferentes algoritmos del estado del arte de Visual SLAM
- Escritura de artículo científico que presente esta herramienta a la comunidad investigadora