



**ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR DE CÓRDOBA**
Universidad de Córdoba



Manual de Usuario

**Grado en Ingeniería Informática
(Doble mención computación + computadores)**

Sistema de mapeo de interiores mediante mediciones láser.

Autor

Manuel Rafael Navarro Fuentes

Director

Dr. Rafael Muñoz Salinas

Octubre, 2020



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



Índice

Índice de figuras	V
1. Instalación y desinstalación	1
1.1. Requisitos hardware y software	1
1.2. Instalación	2
1.3. Desinstalación	4
2. Uso de la aplicación	5
2.1. Botón New map	5
2.2. Botón Save map	6
2.3. Botón Save data for simulation	7
2.4. Botón Reset	8
2.5. Botón Load simulation	9
2.6. Campo Speed	10
2.7. Botón Start/Stop	11
2.8. Botón Set parameters	12
2.9. Botón Get distance between points	15
2.10. Correcto posicionamiento del sistema	16
Bibliografía	17

Índice de figuras

2.1. Botón New map.	5
2.2. Botón Save map.	6
2.3. Botón Save data for simulation.	7
2.4. Botón Reset.	8
2.5. Botón Load simulation.	9
2.6. Campo Speed.	10
2.7. Botón Start/stop.	11
2.8. Botón Set parameters.	13
2.9. Ventana set parameters (brute force activo).	13
2.10. Ventana set parameters (Levenberg Marquardt activo).	14
2.11. Botón Get distance between points.	15
2.12. Posible posicionamiento del sistema.	16
2.13. Posible posicionamiento del sistema.	16
2.14. Posible posicionamiento del sistema.	17
2.15. Posible posicionamiento del sistema.	17

Capítulo 1

Instalación y desinstalación

1.1. Requisitos hardware y software

Antes de explicar cómo instalar y desinstalar el programa, se detallarán los requisitos tanto hardware como software para su correcto funcionamiento:

- **Requisitos hardware:** Se recomienda usar un sistema multinúcleo dado que la aplicación utiliza múltiples hilos, pero no es estrictamente necesario. Se recomienda a su vez utilizar una pantalla con alta resolución, ya que sino la aplicación no se podrá ver completa.
- **Requisitos software:** Para la ejecución de la aplicación se necesitan una serie de librerías, cuya instalación también se detallará:
 - Ubuntu 18.04 ó 20.04
 - RPLIDAR sdk.
 - librería levmarq.
 - Qt5
 - OpenCV.
 - Librerías varias para OpenCV (se verán en la instalación).
 - Librería Eigen para operaciones matriciales.

1.2. Instalación

El kit de desarrollo del LiDAR irá integrado en los ficheros que se proporcionan para la instalación de la aplicación, por lo que no será necesario preocuparse por el RPLIDAR sdk. La librería levmarq también se incluirá en dichos ficheros.

Antes de comenzar con la instalación de las librerías necesarias, es conveniente actualizar el sistema:

```
sudo apt update
sudo apt upgrade
```

Para instalar Qt5, únicamente es necesario un comando:

```
sudo apt-get install qt5-default
```

Para la instalación de OpenCV, será necesario primero instalar algunas librerías necesarias como se comentaba en los requisitos:

```
echo "Genericas:"
sudo apt install build-essential cmake pkg-config unzip yasm git
checkinstall
```

```
echo "Librerias I/O de imagenes:"
sudo apt-get install libjpeg-dev libpng-dev libtiff-dev
```

```
echo "Librerias de video/audio:"
sudo apt install libavcodec-dev libavformat-dev libswscale-dev
libavresample-dev
sudo apt install libgstreamer1.0-dev
libgstreamer-plugins-base1.0-dev
sudo apt install libxvidcore-dev x264 libx264-dev libfaac-dev
libmp3lame-dev libtheora-dev
sudo apt install libfaac-dev libmp3lame-dev libvorbis-dev
```

```
echo "GTK para las funcionalidades de OpenCV highgui:"
sudo apt-get install libgtk-3-dev
```

```
echo "Libreria de paralelismo para CPU en C++:"
sudo apt-get install libtbb-dev
```

```
echo "Optimizacion para OpenCV:"
sudo apt-get install libatlas-base-dev gfortran
```

```
echo "Opcional:"
sudo apt-get install libprotobuf-dev protobuf-compiler
sudo apt-get install libgoogle-glog-dev libgflags-dev
sudo apt-get install libgphoto2-dev libeigen3-dev libhdf5-dev
doxygen
```

Una vez instaladas las librerías necesarias, se procede a instalar opencv, para ello realizamos los siguientes pasos:

```
wget -O opencv.zip https://github.com/opencv/opencv/archive/4.2.0.zip
wget -O opencv_contrib.zip https://github.com/opencv/opencv_contrib/archive/4.2.0.zip
unzip opencv.zip
unzip opencv_contrib.zip
```

```
cd opencv-4.2.0
mkdir build
cd build
```

```
cmake -D CMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE \
-D CMAKE_C_COMPILER=/usr/bin/gcc-9 \
-D CMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local \
-D WITH_TBB=ON \
-D ENABLE_FAST_MATH=1 \
-D WITH_CUBLAS=1 \
-D WITH_V4L=ON \
-D WITH_QT=OFF \
-D WITH_OPENGL=ON \
-D WITH_GSTREAMER=ON \
-D OPENCV_GENERATE_PKGCONFIG=ON \
-D OPENCV_PC_FILE_NAME=opencv.pc \
-D OPENCV_ENABLE_NONFREE=ON \
-D OPENCV_EXTRA_MODULES_PATH=~/.opencv_contrib-4.2.0/modules \
-D BUILD_EXAMPLES=ON ..
```

```
echo "Con el comando nproc se puede ver el numero de cores
que puede utilizar tu sistema. Con el numero obtenido, se
puede lanzar make para que finalice antes, la sintaxis seria:
make -jnumero_de_procesos. En este caso, por ejemplo, 4:"
make -j4
sudo make install
```

```
echo "Incluir las librerias en el path."
sudo /bin/bash -c 'echo "/usr/local/lib" >>
/etc/ld.so.conf.d/opencv.conf'
sudo ldconfig
```

Tras instalar OpenCV, también es necesaria la librería eigen, que se instala de la siguiente forma:

```
sudo apt-get install libeigen3-dev
```

```
echo "Para incluirla en el path: "
sudo cp -r /usr/include/eigen3/Eigen /usr/local/include/Eigen
```


Para finalizar la instalación, procedemos a extraer los ficheros de la aplicación en un directorio y abrimos una sesión de bash en ese directorio. Después, ejecutamos qmake para que nos genere un makefile y a continuación ejecutamos make. Una vez finalizado esto, ya se podría ejecutar la aplicación con ./LMS.

1.3. Desinstalación

Para desinstalar Qt5, será necesario ir al directorio en el que se instaló, generalmente: `cd /opt/Qtz` ejecutar la herramienta de mantenimiento en una sesión de bash: `"./MaintenanceTool"`.

Para desinstalar opencv, basta con ejecutar `make_uninstall` en la carpeta que se hizo ejecutó make para instalarlo.

Para desinstalar eigen, se debe ejecutar lo siguiente:

```
sudo apt-get remove libeigen3-dev
```

Para desinstalar la propia aplicación, basta con eliminar el directorio de los archivos de la aplicación.

Capítulo 2

Uso de la aplicación

La aplicación cuenta con distintas funcionalidades, que se explicarán en este capítulo detalladamente una por una, para que el usuario decida qué hacer en cada caso. La propia aplicación dispone de ayudas al dejar el ratón sobre los distintos componentes para facilitar el uso de la misma.

2.1. Botón New map

Este botón permite al usuario empezar a crear un nuevo mapa. El LiDAR debe estar conectado para crear un mapa y no puede haber una simulación u otro mapa empezados. Al pulsar este botón, el programa comenzará a crear un mapa y en la interfaz se podrá visualizar dicho mapa en tiempo real, junto con la posición y orientación del sistema. Para conectar el LiDAR, seguir la guía de la que este dispone.

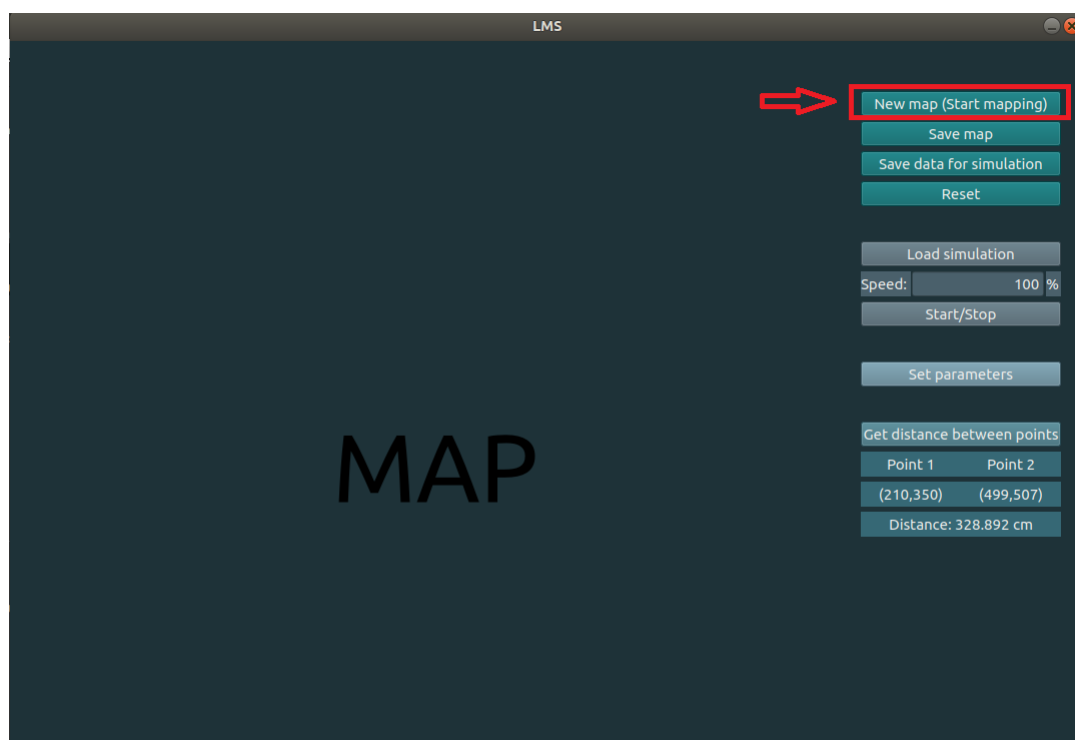


Figura 2.1: Botón New map.

2.2. Botón Save map

Este botón permitirá al usuario guardar una imagen del mapa que actualmente se ve en la pantalla. Podrá escoger la ubicación y el nombre que desee para guardar el mapa. Solo se podrá pulsar este botón cuando haya un mapa creándose y sin finalizar (es decir, que no se haya guardado).

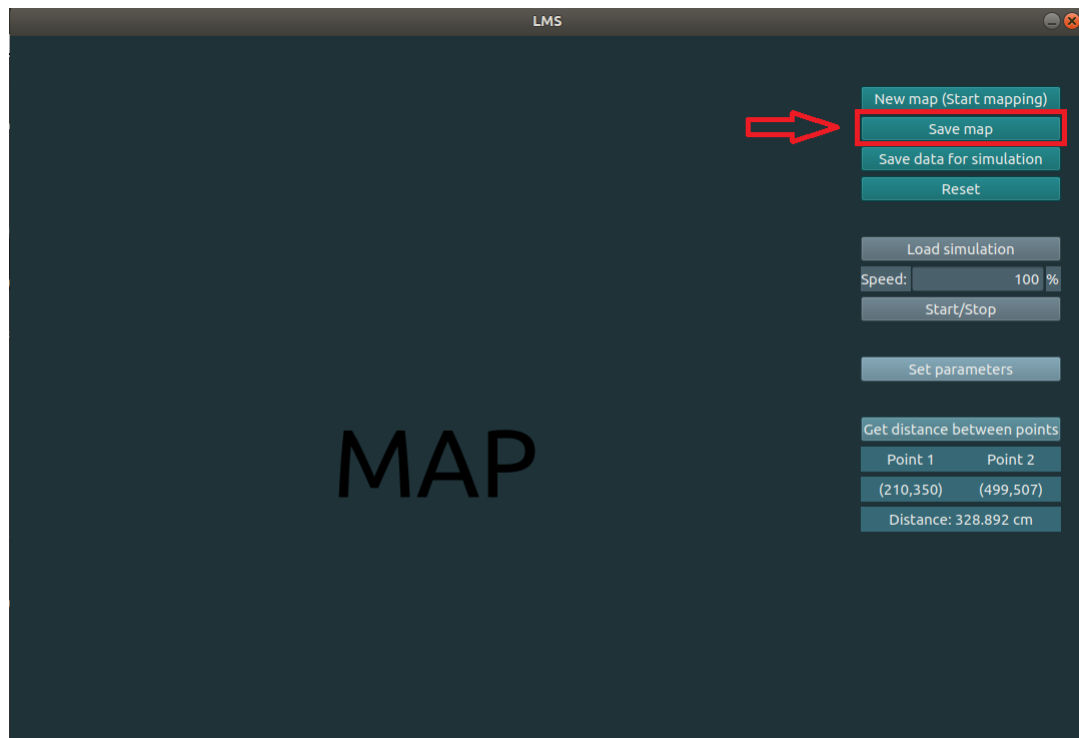


Figura 2.2: Botón Save map.

2.3. Botón Save data for simulation

Este botón permitirá al usuario guardar los datos del mapa real que se está creando para después simular dicho mapa. El usuario podrá elegir la ubicación y el nombre deseado para el archivo, y solo podrá pulsar el botón cuando haya finalizado la creación de un mapa real.

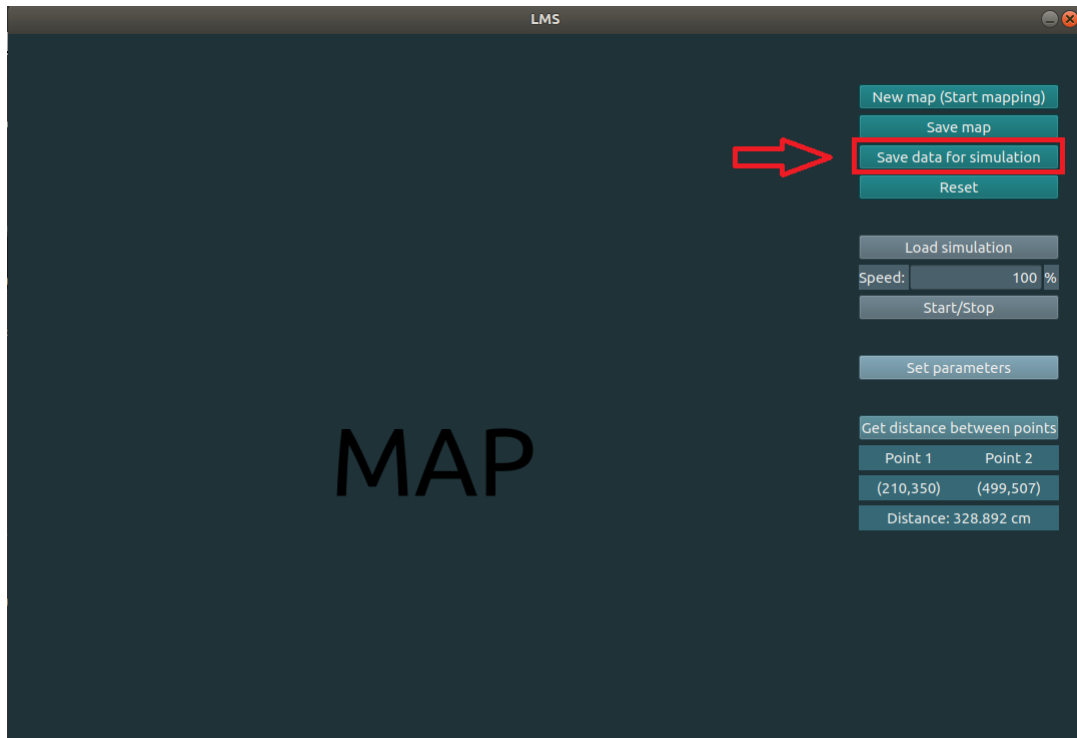


Figura 2.3: Botón Save data for simulation.

2.4. Botón Reset

Este botón permitirá al usuario resetear la aplicación como si acabase de iniciarse, para volver a ajustar parámetros, cargar nuevas simulaciones o crear nuevos mapas. Al pulsar este botón, se reiniciará toda la aplicación, se cerrará el mapa real o simulación que hubiesen finalizado y se cargarán los parámetros por defecto.

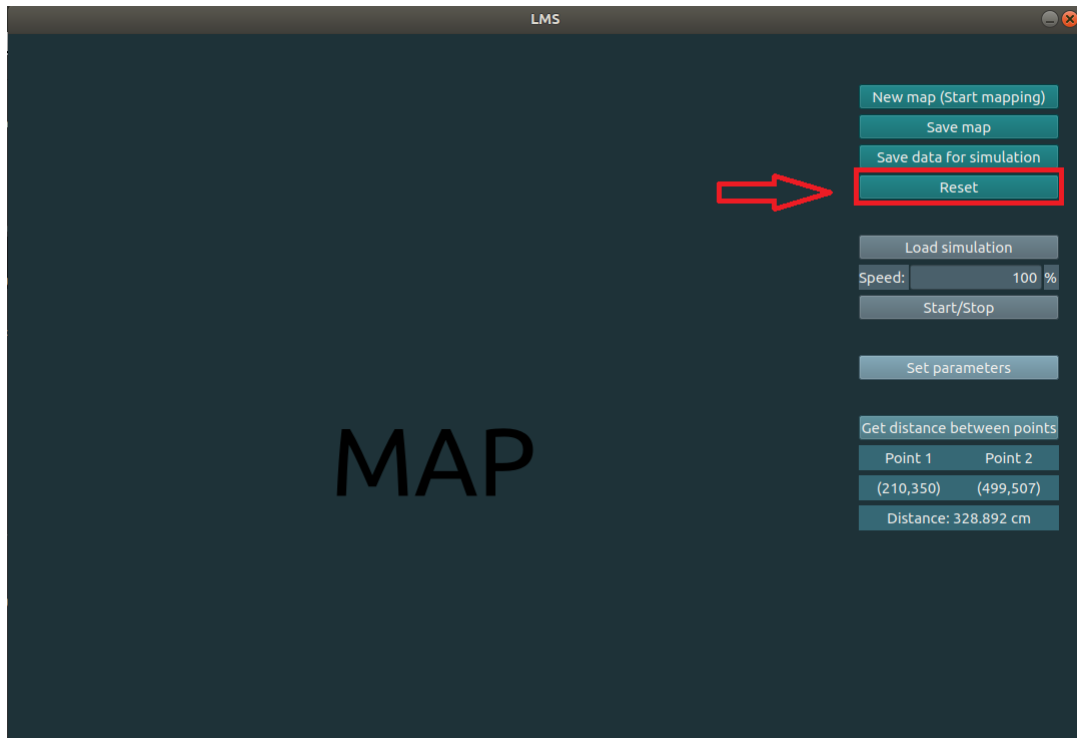


Figura 2.4: Botón Reset.

2.5. Botón Load simulation

Este botón permitirá al usuario elegir un fichero de simulación para cargar los datos en el programa. Después, el usuario podrá simular la creación de un mapa. Esta opción puede ser útil para probar parámetros sin tener que conectar el LiDAR.

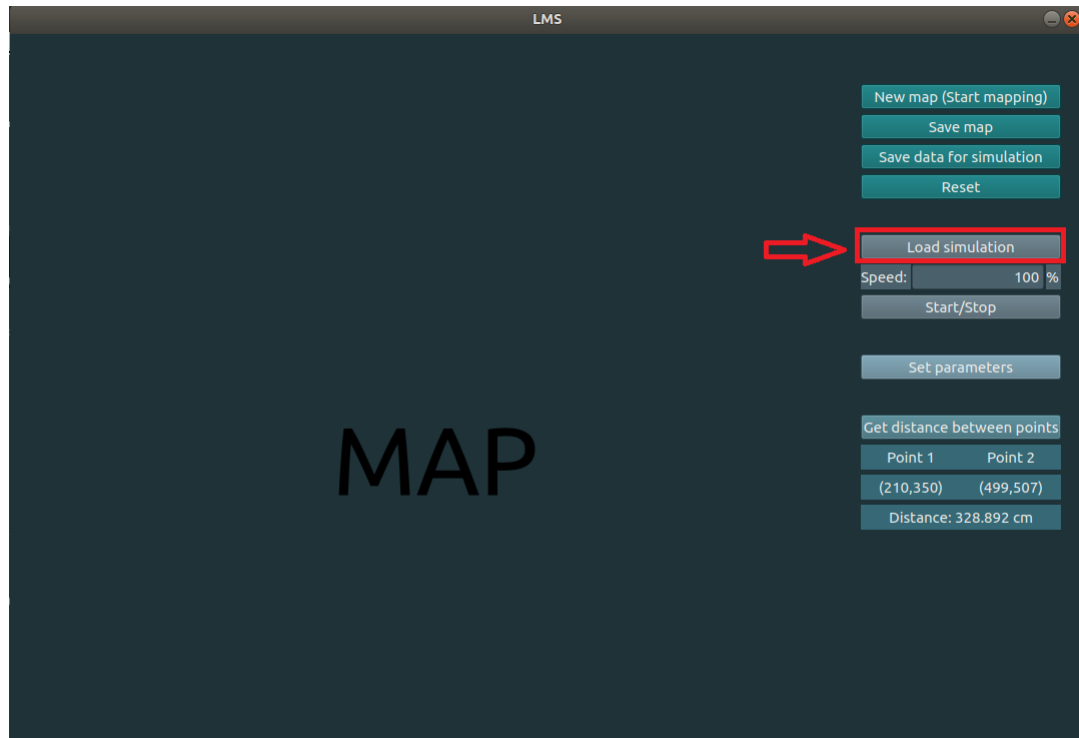


Figura 2.5: Botón Load simulation.

2.6. Campo Speed

Modificar el texto de este campo resulta en una modificación de la velocidad de simulación, es decir, los frames a los que se actualiza el mapa variarán (hasta un mínimo que dependerá de la carga computacional del algoritmo, dado el ajuste de parámetros, y el PC que se esté usando).

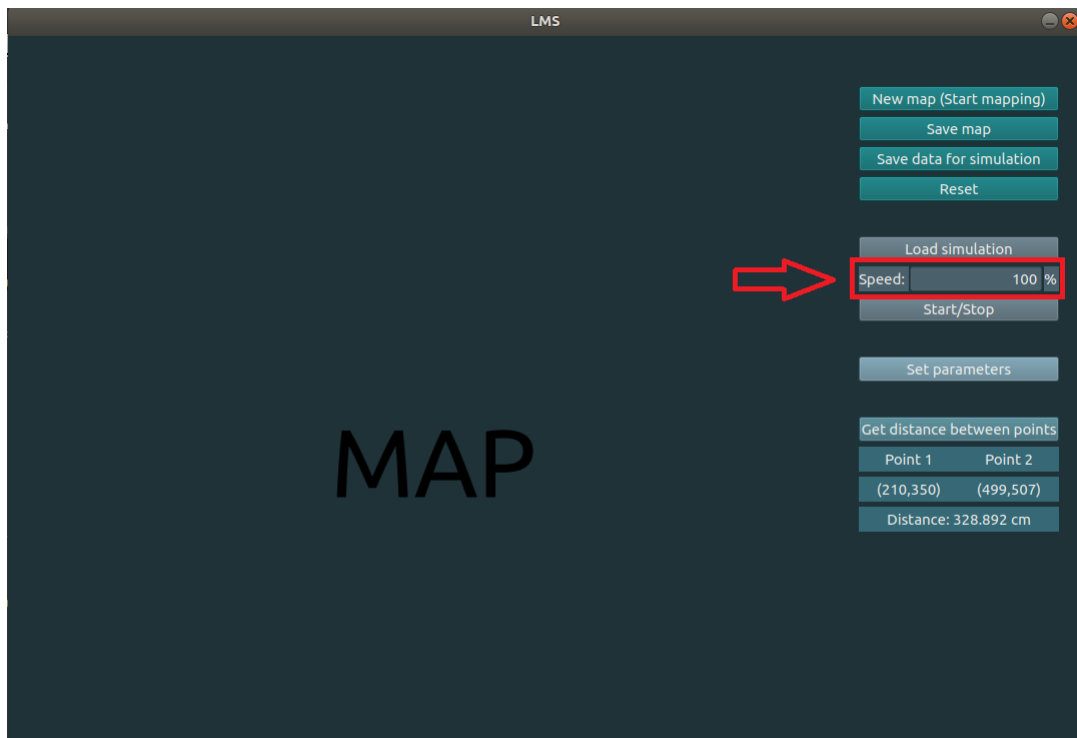


Figura 2.6: Campo Speed.

2.7. Botón Start/Stop

Este botón permitirá al usuario comenzar/parar una simulación. Para ello, debe haber cargado previamente una simulación. Cuando se pare una simulación, se guardará automáticamente una imagen con el mapa actual. Se ha de ser precavido para no borrar mapas anteriores, ya que cada vez que se guarde, la imagen borrará el guardado anterior. Si se quieren conservar varios mapas, se deberá mover la imagen del directorio en el que se encuentra a otro directorio.

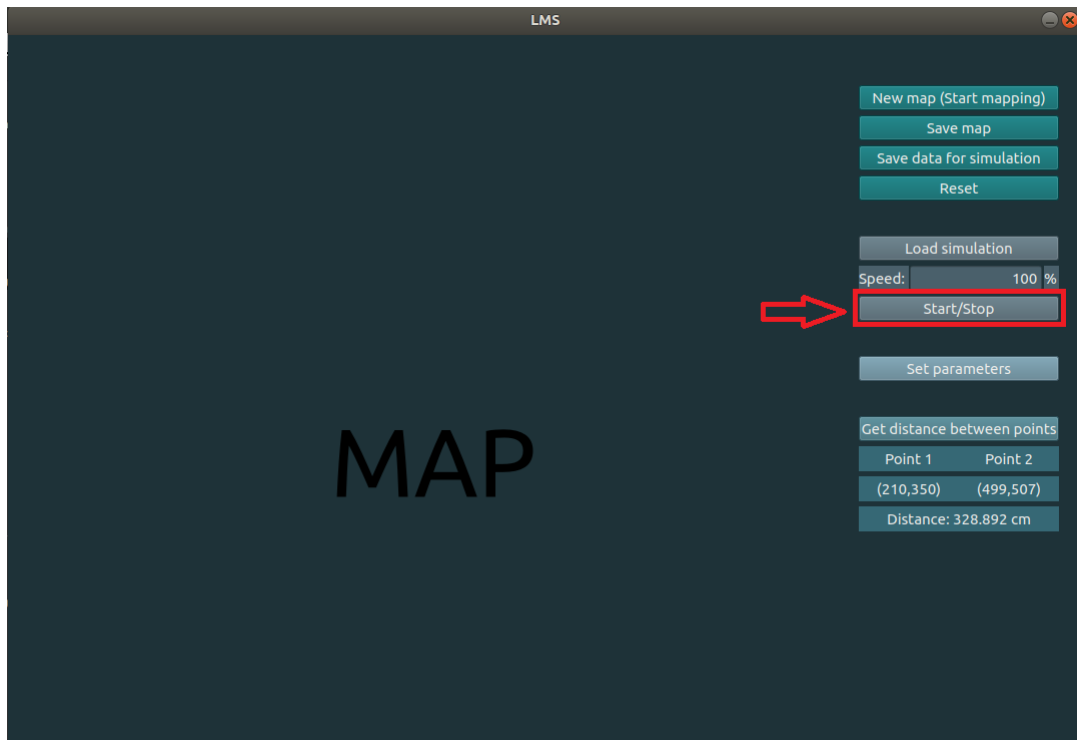


Figura 2.7: Botón Start/stop.

2.8. Botón Set parameters

Este botón permitirá al usuario ajustar la mayoría de los parámetros del programa, los cuáles son todos opcionales:

- Initial position: será la posición inicial del sistema en el mapa. Si se deja por defecto tomará (400,400).
- Size of map: el tamaño del mapa en cm (w: anchura, width, h: altura, height). Si se deja por defecto, tomará (800x800).
- Weight of last pixel value: peso del último valor del píxel, que se utilizará para reasignar una probabilidad a dicho píxel. El valor puede estar entre 0 y 1. Si se asigna 1, quiere decir que el nuevo valor del píxel no incrementará ni disminuirá la probabilidad de ocupación de ese punto, es decir, que el valor antiguo será el que mantenga por siempre. Si se deja por defecto tomará 0.7.
- Ignore human: este parámetro se utiliza para ignorar el rango de ángulo donde debería estar el humano al portar el sistema. Si se deja por defecto tomará
- Algorithm: este parámetro sirve para elegir el tipo de algoritmo que se desea usar para realizar SLAM. Se puede escoger brute force o Levenberg Marquart, los cuales disponen de distintos parámetros que se explicarán en las figuras 3.9 y 3.10. Por defecto se usará brute force.
- Baudrate: este parámetro especifica el baudrate con el que se conectará con el LiDAR. Dpendiendo del LiDAR que se use, dispondrán de una serie de baudrates permitidos. Por defecto se usará el especificado para RPLIDAR A1M8.
- Port: sirve para especificar el puerto físico al que está conectado el LiDAR. Si se deja por defecto, tomará `/dev/ttyUSB0`.

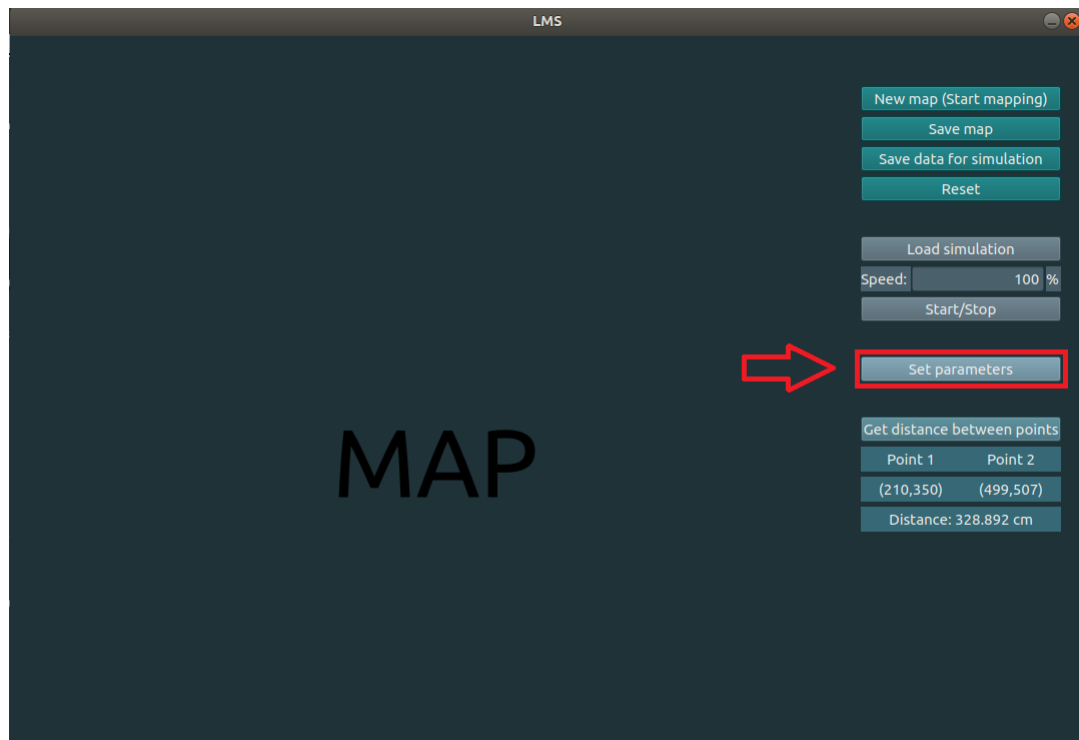


Figura 2.8: Botón Set parameters.

A continuación se explicarán los parámetros de los dos algoritmos y se mostrará la ventana set parameters para ambos.

 The image shows a 'Set parameters' dialog box. At the top, it says 'All fields in this window are optional'. The dialog is divided into three sections: 'Map and SLAM', 'Brute force algorithm', and 'Sensor'.

- Map and SLAM:** Includes fields for 'Initial Position (integer):' (X and Y), 'Size of map (integer):' (W and H), 'Weight of last pixel value (float):', 'Ignore human:' (checked 'Yes'), and 'Algorithm:' (set to 'Brute force').
- Brute force algorithm:** Includes fields for 'Variation of X (integer):', 'Variation of Y (integer):', 'Variation of angle (float):', 'Range to estimate X (integer):', 'Range to estimate angle (integer):', and 'Range to estimate Y (integer):'.
- Sensor:** Includes fields for 'Baudrate (integer):' and 'Port (string):'.

 At the bottom right, there are 'Cancel' and 'Accept' buttons.

Figura 2.9: Ventana set parameters (brute force activo).

Para el caso de brute force, los parámetros son los siguientes:

- Variation of X: es la variación que se aplicará a la componente X entre dos estimaciones. Por defecto es 3 para brute force y 1 para Levenberg Marquardt.
- Variation of Y: es la variación que se aplicará a la componente Y entre dos estimaciones. Por defecto es 3 para brute force y 1 para Levenberg Marquardt.
- Variation of angle: es la variación que se aplicará a la componente ángulo entre dos estimaciones. Por defecto es 4 para brute force y 1.5 para Levenberg Marquardt.
- Range to estimate X: rango de X en el que se probarán las distintas posiciones del sistema para estimar la posición, desde $(-\text{range}/2)$ hasta $(\text{range}/2)$. Por defecto es 20.
- Range to estimate Y: rango de Y en el que se probarán las distintas posiciones del sistema para estimar la posición, desde $(-\text{range}/2)$ hasta $(\text{range}/2)$. Por defecto es 20.
- Range to estimate angle: rango del ángulo en el que se probarán las distintas posiciones del sistema para estimar la posición, desde $(-\text{range}/2)$ hasta $(\text{range}/2)$. Por defecto es 60.

Para Levenberg Marquardt los parámetros son los mismos, excepto que por el tipo de algoritmo, no se incluye el rango.

Set parameters

All fields in this window are optional

Map and SLAM

Initial Position (integer): X Y

Size of map (integer): W H

Weight of last pixel value (float):

Ignore human: ☒ Yes

Algorithm: Levenberg Marquardt

Levenberg Marquardt algorithm

Variation of X (integer):

Variation of Y (integer):

Variation of angle (float):

Sensor

Baudrate (integer):

Port (string):

Cancel Accept

Figura 2.10: Ventana set parameters (Levenberg Marquardt activo).

2.9. Botón Get distance between points

Este botón permitirá al usuario calcular la distancia entre dos puntos en el mapa. Para ello, debe haber pulsado antes dos puntos en el mapa. Cuando pulse un punto, la información de dicho punto será mostrada debajo del botón para calcular la distancia. Cuando pulse el segundo punto, su información se mostrará al lado de la del primer punto. Si se pulsar un tercer punto, se borrarán los dos primeros puntos y aparecerá este último como primer punto.

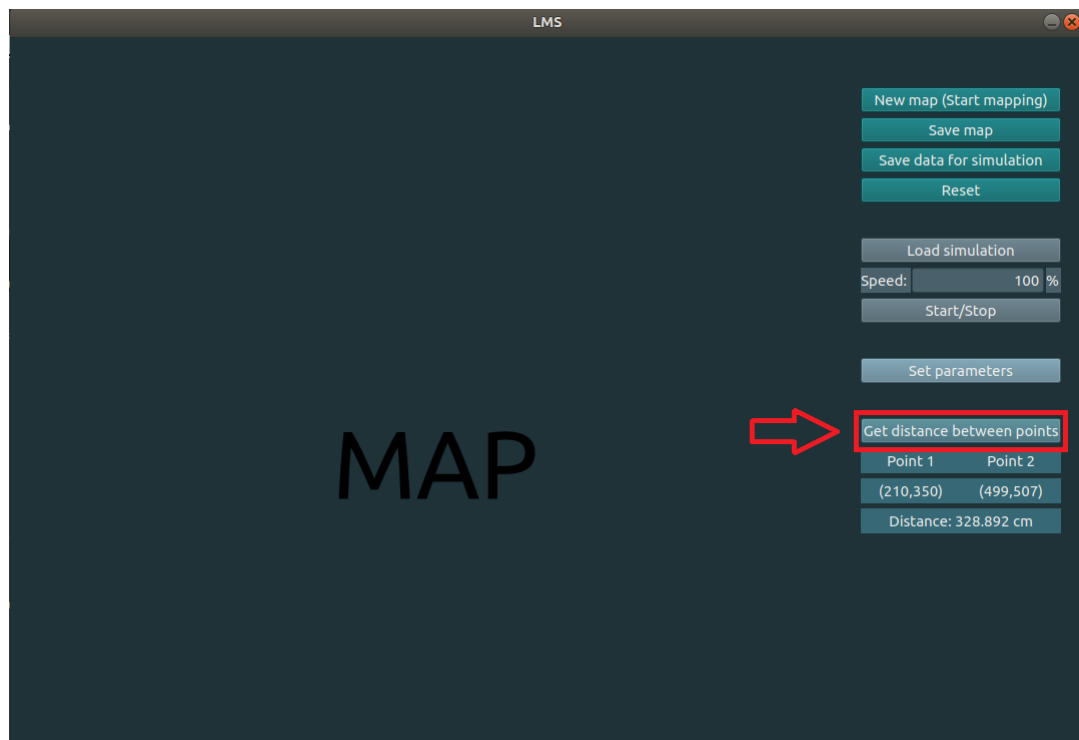


Figura 2.11: Botón Get distance between points.

2.10. Correcto posicionamiento del sistema

Contando con un portátil para el uso de la aplicación y un lidar RPLIDAR A1M8, una de las posibles formas de posicionar el sistema podría ser como se puede ver en las figuras 3.12, 3.13 y 3.14.



Figura 2.12: Posible posicionamiento del sistema.



Figura 2.13: Posible posicionamiento del sistema.



Figura 2.14: Posible posicionamiento del sistema.



Figura 2.15: Posible posicionamiento del sistema.

Lo importante es que el LiDAR aparezca como se ve en las imágenes, ya que de otra forma el ángulo de inicio podría ser incongruente y el usuario se podría desorientar. Además, el sistema no ignoraría al humano sino que ignoraría un rango de ángulos donde el humano no estaría.

Teniendo en cuenta lo anterior, el sistema se podría usar de cualquier forma manteniendo al humano a una distancia aproximada de 40cm y colocando el LiDAR como se ve en la imagen. Si se usa un sistema en el que no esté presente un humano, se podría mapear de forma más eficiente ya que no haría falta ignorar a este.