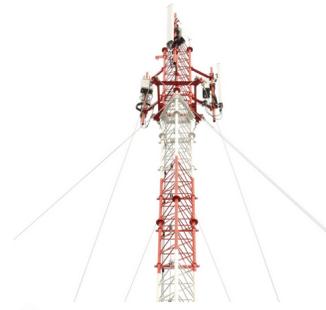


# TFG

Diseño de un prototipo demostrador de un sistema rastreador de GPS con comunicación mediante telefonía celular.

- Alumno: Emilio Angulo Navarro
- Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de telecomunicación
- Profesor director: Dr. Raúl Parada Medina
- 14 de enero de 2019



# Índice presentación

- **Introducción: objetivos y alcance**
- **Introducción: motivación y estrategia de des**
- **Introducción: estudio de la oferta actual**
- **Especificación básica**
- **Diseño de concepto: funcionalidades**
- **Diseño de concepto: comunicación entre blo**
- **Diseño de detalle: TMR – HW**
- **Diseño de detalle: TMR – Software**
- **Diseño de detalle: TMS – Software**
- **Estudio experimental: TMR**
- **Estudio experimental: TMS**
- **Presupuesto**
- **Conclusiones**



# Introducción: objetivo y alcance

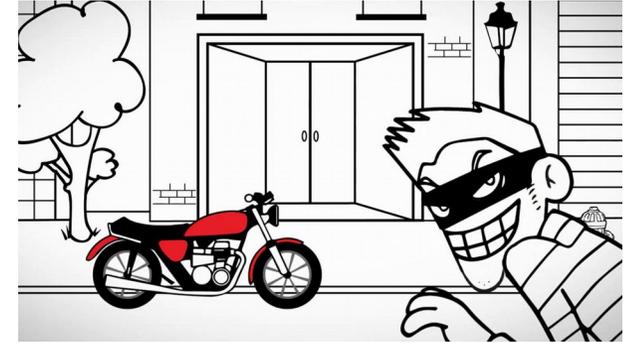
## Objetivo:

El objetivo principal del presente TFG es el desarrollo conceptual y detallado, a nivel primer prototipo demostrador, de un sistema rastreador de GPS con comunicación mediante telefonía celular, orientado al seguimiento de vehículos y en particular de motocicletas. Su funcionalidad principal se orientará a la detección de robos. Está compuesto por tres subsistemas principales:

1. Terminal móvil rastreable (TMR)
2. Plataforma externa de almacenamiento de datos en el *cloud* (PEADC)
3. Aplicación para terminales móviles de seguimiento (TMS), con sistema operativo Android.

## Alcance:

- Estudio del estado del arte del sector de los GPS *trackers*, analizando compañías presentes en el mercado, dispositivos principales, así como sus prestaciones.
- Estudio del estado del arte a nivel tecnológico.
- Especificación de un primer prototipo, así como del posible producto final derivado.
- Arquitectura y diseño conceptual del sistema.
- Diseño detallado de un primer prototipo demostrador, en una plataformas abierta como Arduino.
- Demostración funcional del sistema.
- Planificación del proyecto.



Fuente: [www.teoloyuquenses.mx](http://www.teoloyuquenses.mx)

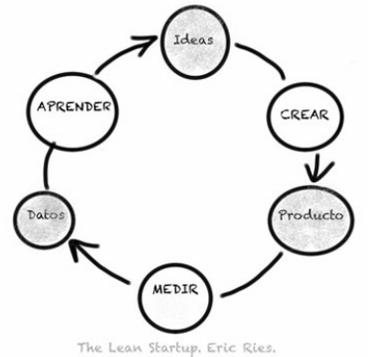
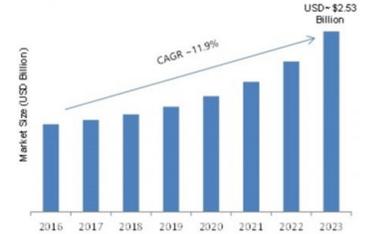


Fuente: [www.wish.com](http://www.wish.com)

# Introducción: motivación y estrategia de desarrollo

## Motivación personal:

- aprender distintas tecnologías de vanguardia y con multitud de campos de aplicación como son:
  - sistemas globales de posicionado y navegación por satélite, o GNSS (*Global Navigation Satellite System*)
  - sistemas de comunicaciones móviles
  - internet de las cosas, IoT (*Internet of Things*)
  - almacenamiento de información en servidores remotos (*cloud*)
  - aplicaciones en dispositivos móviles
  - plataformas hardware y software de desarrollo de en torno a Arduino
- Proyecto multidisciplinar, donde la componente de sistema e integración juegue un papel clave en la toma de decisiones tecnológicas.
- En un segmento en plena expansión con un importante crecimiento y múltiples campos de aplicación.



## Estrategia de desarrollo:

- Aprender del segmento y las tecnologías concurrentes.
- Generar una especificación básica (basada en lo que hay más que en investigar lo quieren los clientes)
- Diseñar una arquitectura básica y un concepto principal.
- Diseño detallado con una plataforma abierta de desarrollo, en este caso Arduino.
- Experimentación con los componentes y con el sistema integrado.
- No ha habido posibilidad de iteraciones significativas.



ARDUINO



MIT  
APP INVENTOR

# Introducción: estudio de la oferta

## actual

Se podría simplificar la segmentación en dos únicas categorías:

### BAJO COSTE

**Marcas:** mayoría de marcas son procedentes de China (modelo OEM)



XCSOURCE

CITATR



**Precio:** entre 30 y 100 € (US \$), la mayoría en torno a 50 €

#### Características y prestaciones:

- Casi siempre usan red GPRS/GSM, en un caso SigFox.
- Requieren SIM de pago, pero sin cuotas adicionales.
- No suelen contar con una app propia.
- No tienen conexiones con el vehículo, y suele desconocer su estado.
- Tamaño bastante reducido.
- Alertas SMS, *geofence*, etc...



### PREMIU

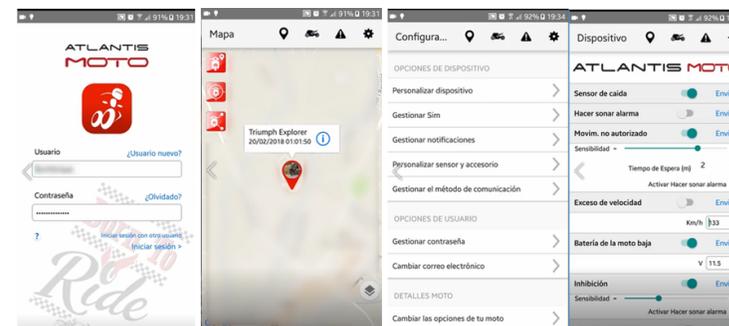
**Marcas:** una de las más conocidas en Europa es Atlantis Moto



**Precio:** entre 240 y 310 € en función del modelo.

#### Características y prestaciones:

- Conexión a todas las redes de telefonía celular.
- Requiere SIM de pago, pero sin cuotas.
- Disponen de app propia muy completa, que añade el concepto de red social
- Con batería propia pero conectada al vehículo, y con capacidad de desconectarlo.
- Todas las funcionalidades de los de bajo coste, y muchas posibilidades de configuración.
- Incluye alarma.



# Especificación básica

## Terminal móvil de rastreo:

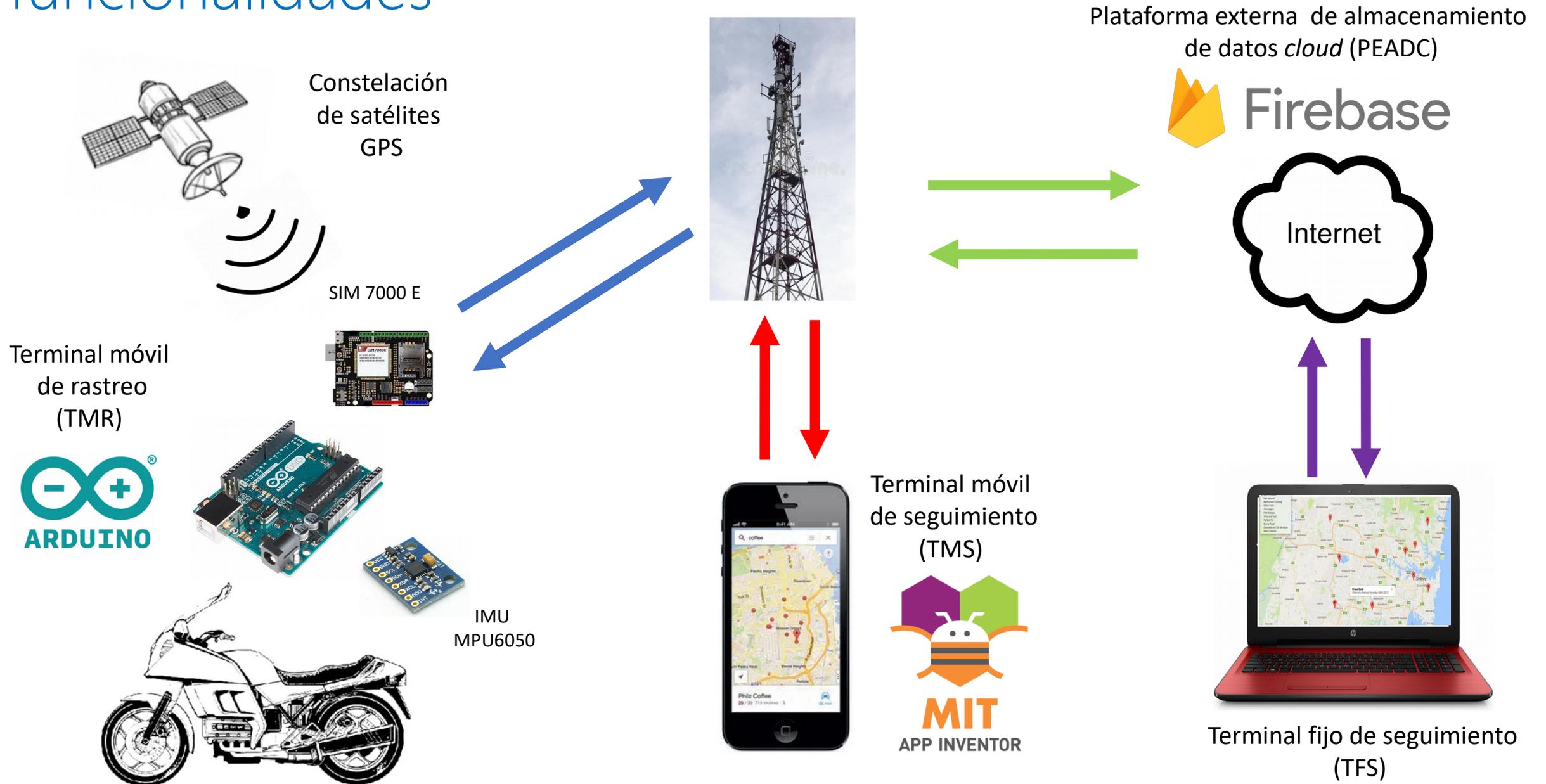
- Precisión: error de posición inferior a unos 15 m (como los sistemas de GPS tradicionales)
- El TMR ha de enviar información directa al TMS (vía SMS) en situaciones de vibraciones o desplazamientos inesperados, y por supuesto en la situación de vuelco.
- Ha de comunicar directamente con el TMS y también a través de una plataforma *cloud* (PEADC) para que el TMS pueda acceder en cualquier momento. Si el TMR se encuentra sin cobertura de telefonía celular, el TMS podrá subir al histórico más reciente.
- TMR ha de avisar a terceras personas, vía SMS, de una situación de vuelco prolongada.
- TMR ha de enviar información de varios parámetros, con el periodo de muestreo establecido. Estos parámetros son:
  - Latitud en la que se encuentra el vehículo.
  - Longitud en la que se encuentra el vehículo.
  - Fecha y hora de la localización.
  - Está el vehículo encendido.
  - Estado dinámico, en el sentido de si el vehículo no está estático.
  - Estado de inclinación del vehículo, para detectar vuelcos y caídas.
  - Velocidad del vehículo.
- TMR ha de poder conectarse a la batería del vehículo, pero contar con su propia batería para no agotar a la anterior.
- El TMR ha de tener un tamaño reducido ara poder ser instalado en una motocicleta sin ser claramente detectado.
- Los tiempos de latencia de las comunicaciones entre TMR y TMS han de ser bajos, por debajo de los 2 o 3 segundos, aunque estas comunicaciones se establezcan a través del PEADC.



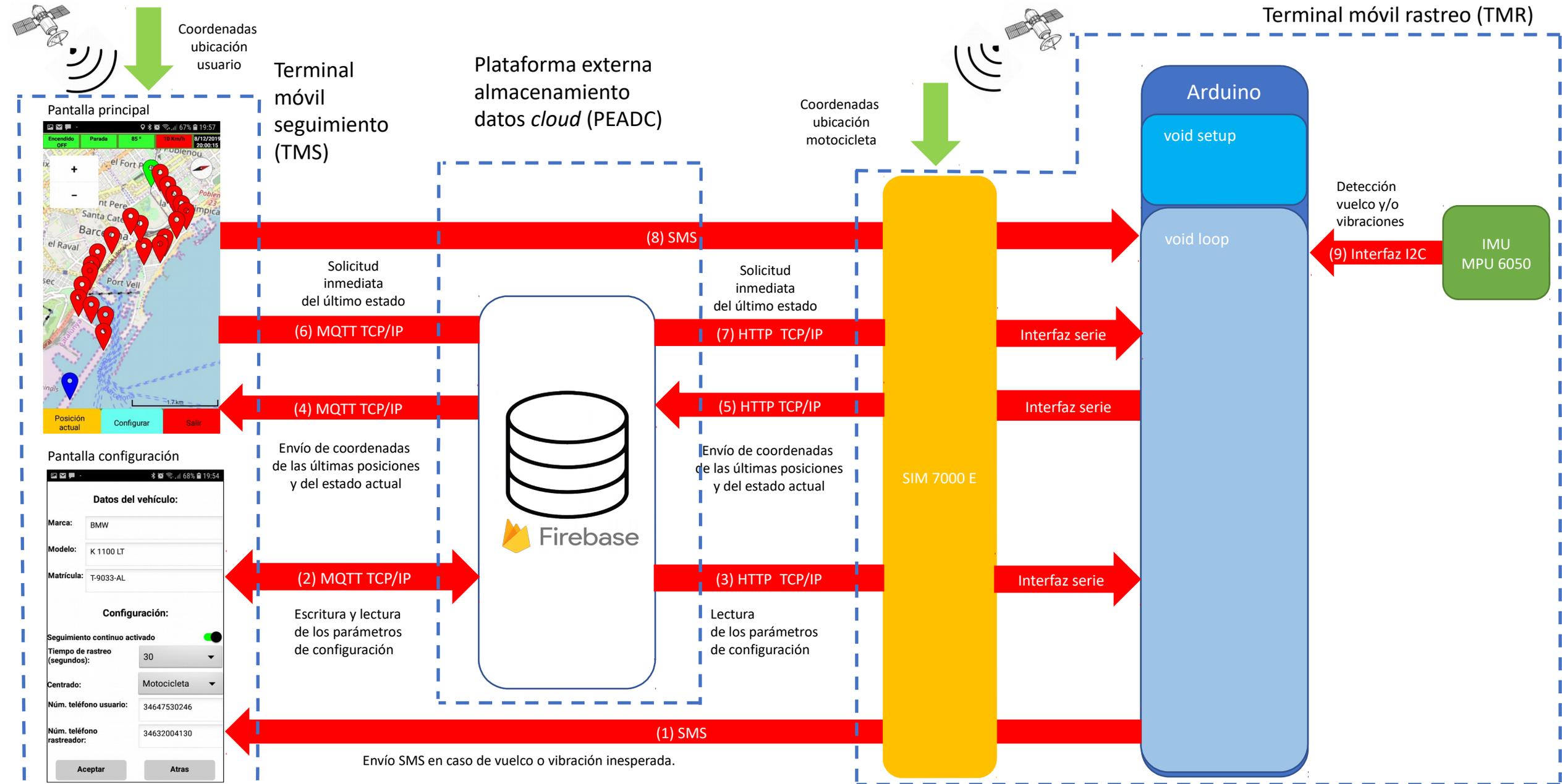
## Terminal móvil de seguimiento:

- TMS ha de incorporar un interfaz de usuario gráfico.
- Localización actual del vehículo, y de un histórico de las localizaciones inmediatamente anteriores.
- TMS ha de incluir su propia posición en el mapa, para facilitar la búsqueda del TMR.
- Los parámetros principales han de poder ser configurados desde el terminal móvil (TMS), y variados en tiempo real si fuese necesario. Algunos de estos parámetros principales son:
  - Detalles de identificación del vehículo (marca, modelo y matrícula)
  - Números de SIM tanto del TMS como del TMR.
  - Periodo de muestreo.
  - Parámetros de visualización por pantalla.

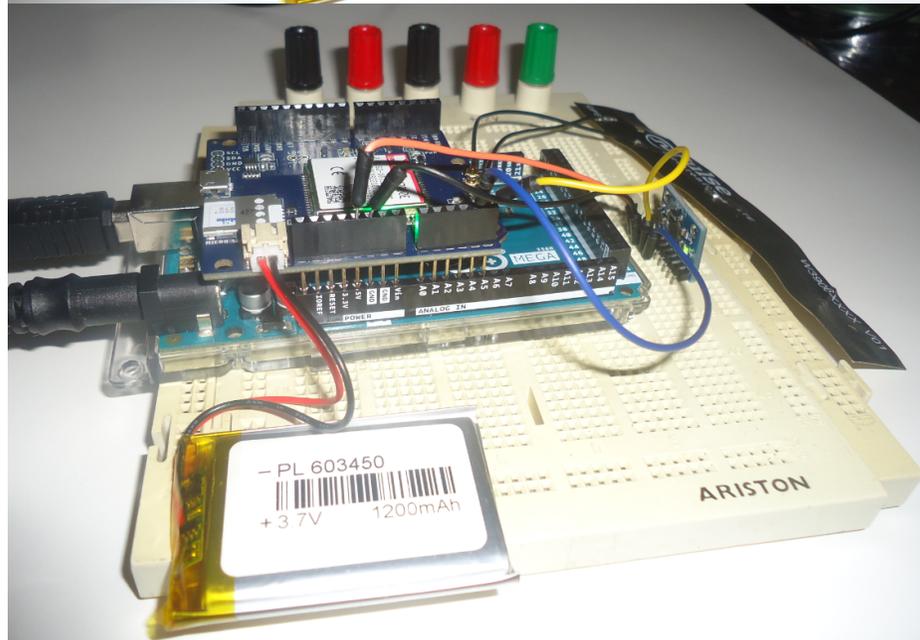
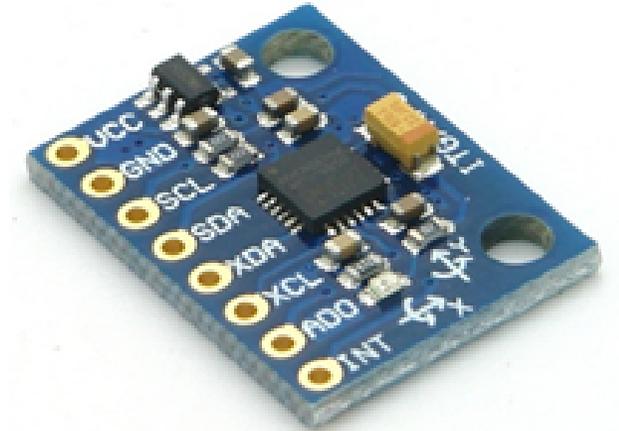
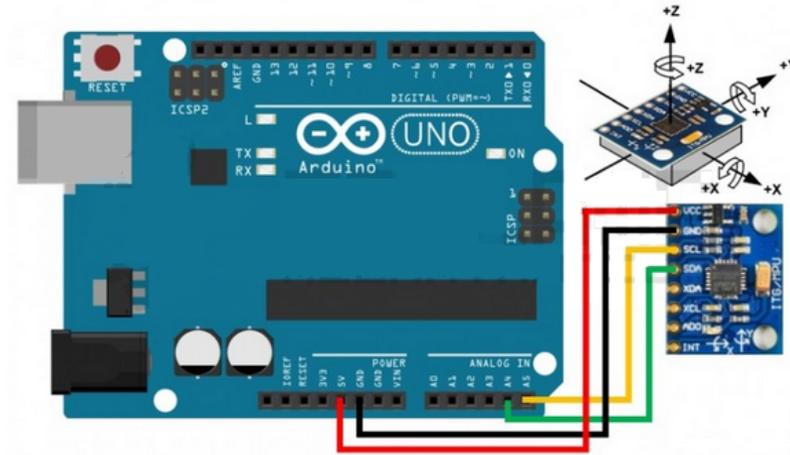
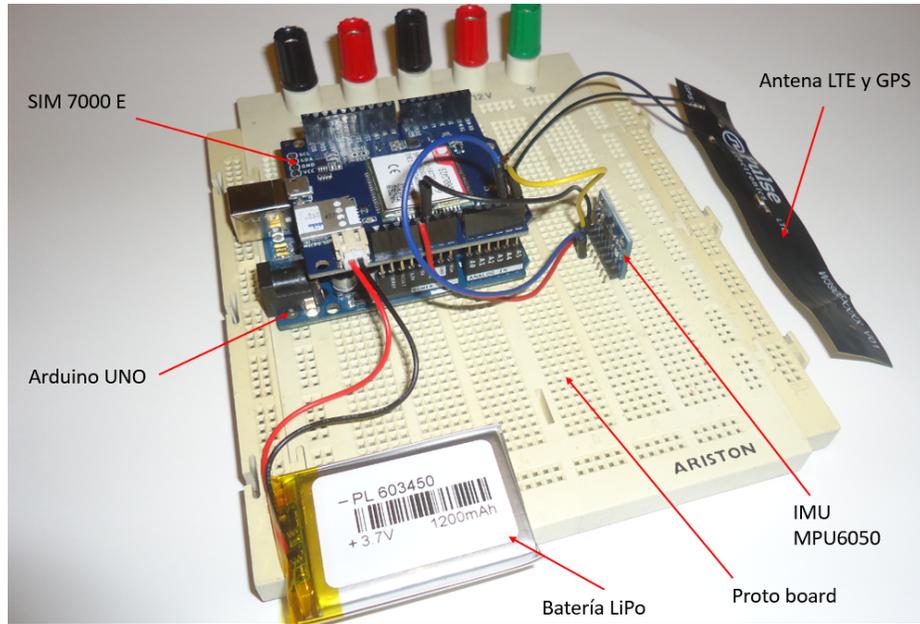
# Diseño de concepto: funcionalidades



# bloques



# Diseño de detalle: TMR - HW



# Diseño de detalle: TMR - Software

Se ha desarrollado programas:

MotoTracker\_cloud\_rev0\_1.ino: similar a la funcionalidad de los rastreadores de bajo coste.

MotoTracker\_solo\_SMS\_rev0\_2.ino: funcionalidad similar a los Premium.

```
// Librerías SIM7000
#include "Adafruit_FONA.h"

//Librerías del MPU6050
#include "I2Cdev.h" // Librería del I2C
#include "MPU6050.h" //Librería para el control del IMU
#include "Wire.h"

//Librería generales
#include <SoftwareSerial.h>
```

void setup ():

- inicialización de las múltiples funciones y canales de comunicación

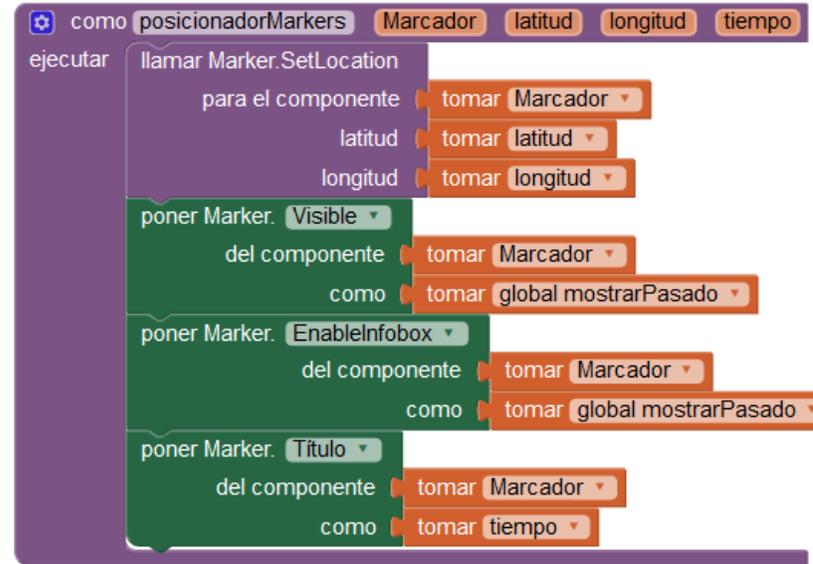
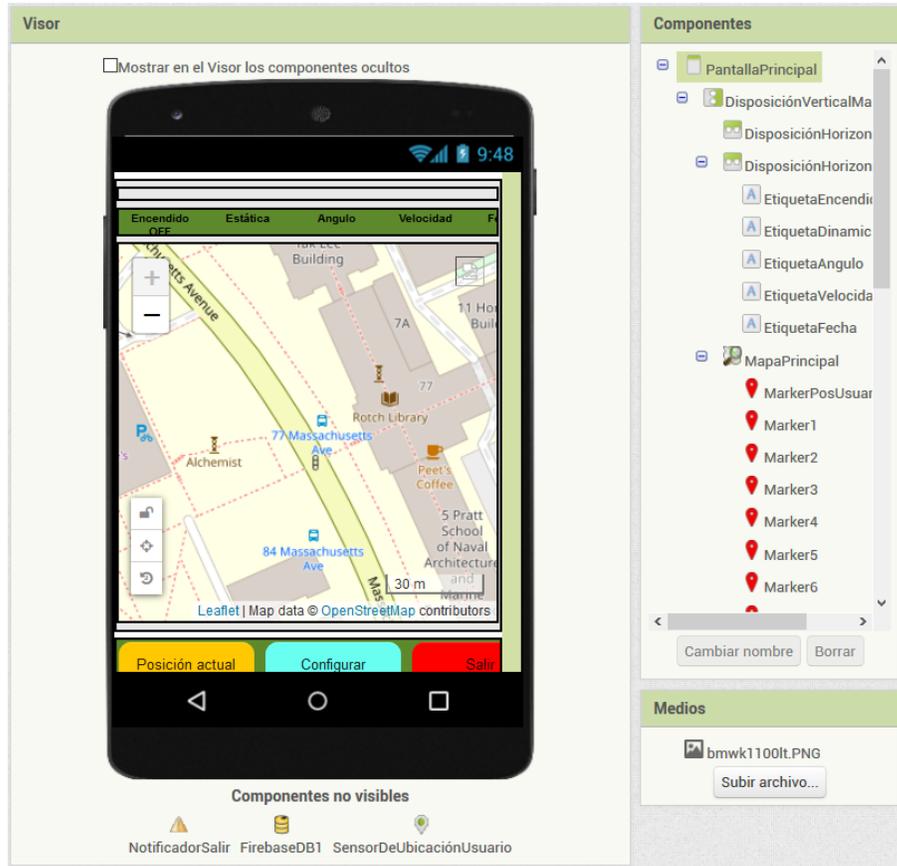
void loop ():

- Monitoriza permanentemente:
  - la información del sensor inercial.
  - La llegada de SMS de configuración.
  - Los cambios en la base de datos.

```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
MotoTracker_solo_SMS_rev0_2
1 /*
2  * Programa: MotoTracker_solo_SMS
3  * Revisión: 0.2
4  *
5  *
6  * Autor: Emilio Angulo
7  * Fecha: 1 de Diciembre 2019
8  *
9  * Notas:
10 *
11 * Funcionalidad:
12 *
13 * -Integra la primera versión de la comunicación a través de SMS,
14 * a partir de las señales de aceleración recibidas desde el IMU, pero envía los SMS geolocalizados.
15 * - No incluye nada de Firebase, debido a los problemas de comunicación con la SIM7000
16 *
17 * Esquema de conexionado del IMU:
18 * GND - GND
19 * VCC - VCC
20 * Para Arduino UNO:
21 * SDA (I2C)- Pin A4
22 * SCL (I2C)- Pin A5
23 * Para Arduino Mega2560:
24 * SDA (I2C)- Pin A20
25 * SCL (I2C)- Pin A21
26 *
27 */
28
29 // Librerías SIM7000
30 #include "Adafruit_FONA.h"
31
32 //Librerías del MPU6050
33 #include "I2Cdev.h" // Librería del I2C
34 #include "MPU6050.h" //Librería para el control del IMU
35 #include "Wire.h"
36
```



# Diseño de detalle: TMS - Software



# Estudio experimental: TMR

## Lo que ha funcionado:

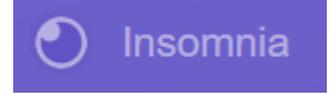
- lectura del IMU MPU6050.
- Captación de señal de GPS.
- Envió de SMS a través de SIM7000 E, con enlaces a OSM con las coordenadas reales captadas.

## Lo que no ha funcionado:

- La comunicación con SIM 7000 E con el protocolo HTTP1.1 ni lectura, ni escritura con Firebase:
  - ausencia de librerías para SIM 7000 E.
  - SIM 7000 E no permite utilizar el set de instrucciones AT necesarias para manejar correctamente este protocolo.
- Se ha conseguido comunicar con Firebase con una API REST como Insomnia.
- Se ha conseguido comunicar Arduino a través de la SIM 7000 E con dweet.io.

## Posibles soluciones:

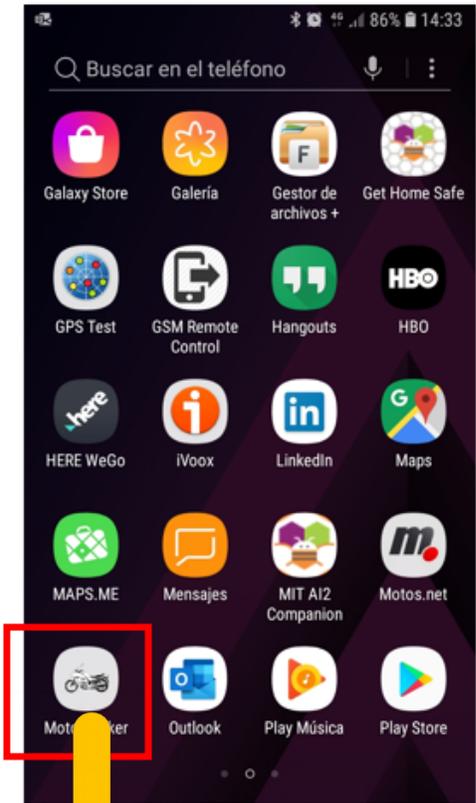
- Utilizar una *shield* con el chip de SimCom SIM7500 E.
- Cambiar de base de datos.



```
1 POST /modelo.json HTTP/1.1
2 Content-Type: application/json
3 Host: conexionbasica-47951.firebaseio.com
4 Content-Length: 21
5
6 {
7   "amigo": "manolo"
8 }
```

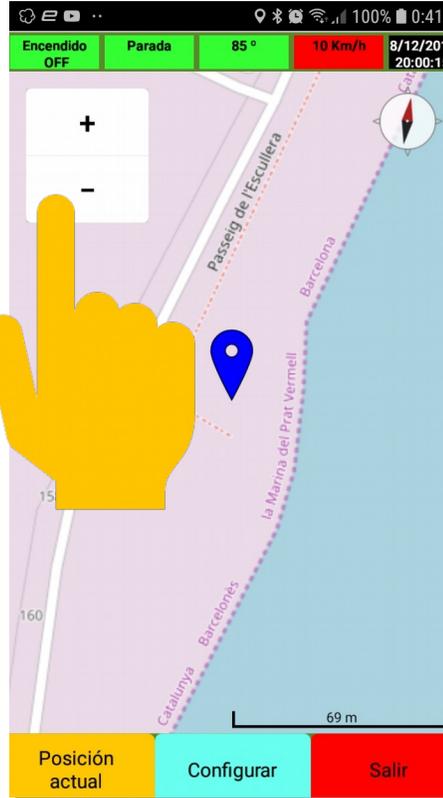


# Estudio experimental: TMS



**MotoTracker**

Versión: 1.0



Barra de estado

Histórico ubicaciones  
del vehículo

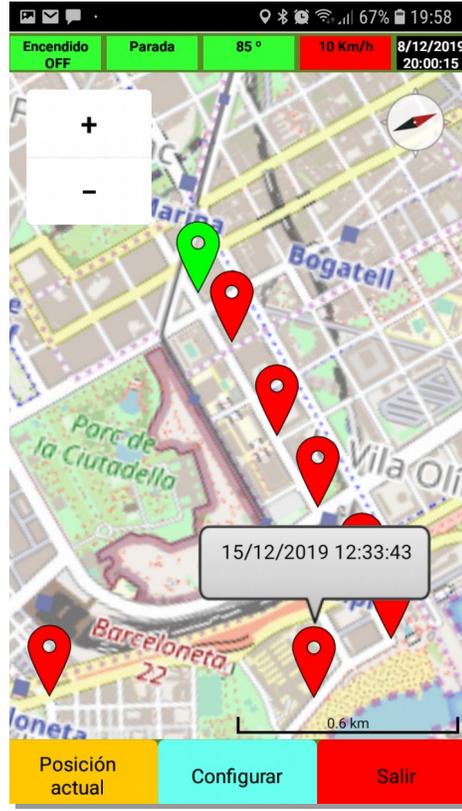
Ubicación actual  
usuario

Ultima ubicación  
del vehículo

Botones de actuación



# Estudio experimental: TMS



Encendido OFF Parada 85 ° 10 Km/h 8/12/2019 20:00:15

### Datos del vehículo:

Marca: BMW

Modelo: K 1100 LT

Matrícula: T-9033-AL

### Configuración:

Seguimiento continuo activado

Tiempo de rastreo (segundos): 30

Centrado: Motocicleta

Núm. teléfono usuario: 34647530246

Núm. teléfono rastreador: 34632004130

Aceptar Atras

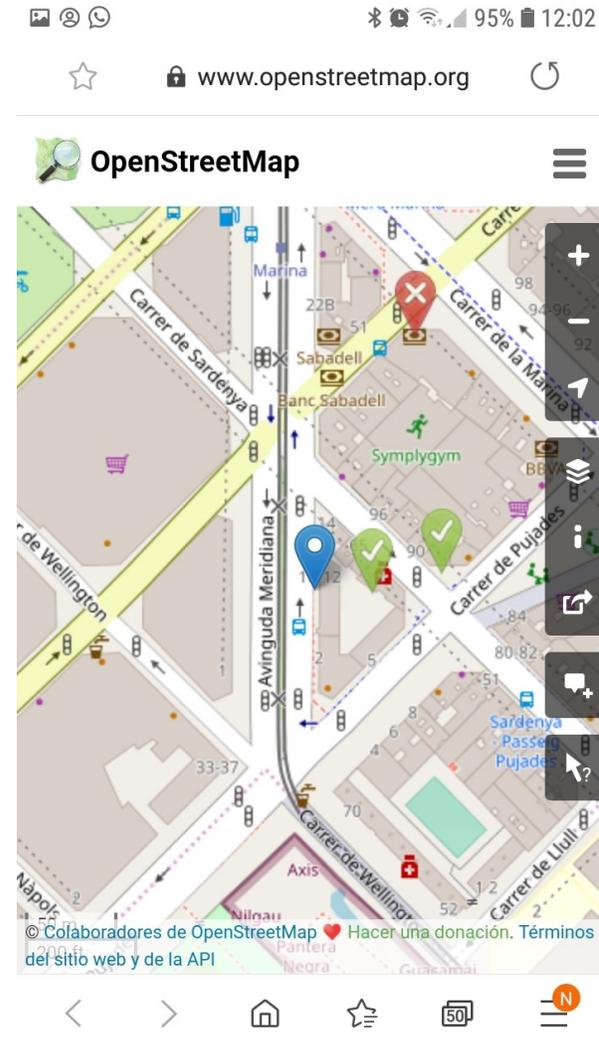
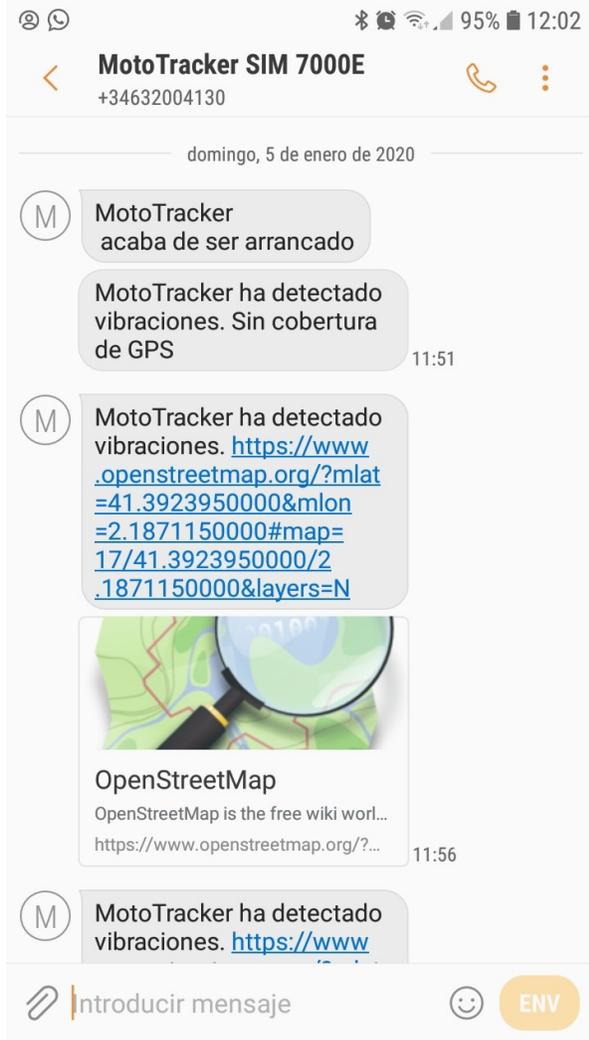
```
https://moto-tracker-51ddf.firebaseio.com/

moto-tracker-51ddf

1: "\41.3916972,2.1892417,15/12/2019 12:30:06\
2: "\41.389735,2.191508,15/12/2019 12:30:45\
3: "\41.388274,2.193407,15/12/2019 12:31:10\
4: "\41.386722,2.195483,15/12/2019 12:31:56\
5: "\41.385598,2.196874,15/12/2019 12:33:00\
6: "\41.383674,2.194944,15/12/2019 12:33:43\
7: "\41.380248,2.192830,15/12/2019 12:35:05\
8: "\41.378928,2.191977,15/12/2019 12:37:15\
9: "\41.378082,2.188266,15/12/2019 12:38:38\
10: "\41.382014,2.186511,15/12/2019 12:40:10\
11: "\41.383065,2.183955,15/12/2019 12:40:38\
12: "\41.379165,2.180192,15/12/2019 12:41:29\
13: "\41.375713,2.177459,15/12/2019 12:42:43\
14: "\41.373375,2.176468,15/12/2019 12:43:50\
15: "\41.372161,2.176326,15/12/2019 12:44:21\
16: "\41.369448,2.175053,15/12/2019 12:44:47\
17: "\41.367026,2.174712,15/12/2019 12:45:25\
18: "\41.366139,2.177934,15/12/2019 12:46:00\
19: "\41.364778,2.181696,15/12/2019 12:46:25\
20: "\41.361687,2.181860,15/12/2019 12:46:56\
centradoUsuario: "false"
marca: "\BMW\"
matricula: "\T-9033-AL\"
modelo: "\K 1100 LT\"
modo: "true"
periodo: "\30\"
posActual: "\41.351866,2.175771, ahora\"
telefonoRastreador: "\34632004130\"
telefonoUsuario: "\34647530246\"
ultimaDinamica: false
ultimaHora: "\8/12/2019 20:00:15\"
ultimaVelocidad: 10
ultimoAngulo: 85
ultimoEncendido: false
```



# Estudio experimental: TMS



# Presupuesto



## Presupuesto materiales

#	Concepto			
1	Arduino UNO			
2	B-Module GM 700 F			

--	--



--	--

--	--



# Conclusiones

- El mercado de los rastreadores GPS es un sector en crecimiento, y con una oferta muy variada.
- En general cuentan con arquitecturas similares, donde las comunicaciones suelen darse entre los terminales de rastreo y seguimiento, pero muchos de ellos, además, vuelcan datos en algún servidor *cloud*.
- El ecosistema Arduino es muy apropiado para el desarrollo de un prototipo conceptual demostrador, ya que además del microcontrolador, existe oferta de *shields* para las comunicaciones celulares LTE, y también dispositivos para la detección de aceleraciones y giros.
- Una de las complejidades del TFG ha consistido en realizar una buena arquitectura y diseño conceptual, ya asegurar que se pueden cumplir todas las prestaciones incluidas en las especificaciones del prototipo.
- La segunda gran complejidad es hacer que todo funcione según lo previsto. La parte práctica es compleja, debido en parte a que la documentación existente suele ser muy informal, y en multitud de ocasiones se ha de recurrir a las fuentes para conseguir resolver los problemas.
- **La parte práctica ha sido clave para aprender cosas que inicialmente se pensaba debían funcionar, pero que en realidad no lo hacía. “El diablo está en los detalles”.**
- Los resultados que se han alcanzado han sido satisfactorios, pero no se ha podido completar los objetivos marcados.
- Obviamente el siguiente paso sería volver a realizar las pruebas o bien con el nuevo chip mencionado, o bien utilizando una base de datos, que pueda ser accedida con el SIM7000, y las librerías existentes.
- Además, este TFG podría ser ampliado, mediante la realización de una especificación de producto innovadora que incluya elementos diferenciales con respecto a la competencia, que refuercen la propuesta de valor del producto.



Esto se acaba  
Telecomunicaciones  
TFG  
Muchas gracias...  
¿Preguntas?  
¿y ahora el master?

