



**PROYECTO FIN DE CARRERA**

“EDICIÓN E IMPRESIÓN DE MODELOS 3D”

Titulación: Ingeniería Informática (2º ciclo)

Departamento de Ingeniería Matemática e Informática

Alumno: Gonzalo Andrade Benavente

Teléfono: 677562988

Tutor: Óscar Ardaiz

Pamplona, XX de Abril de 2015

# Índice

[Índice 3](#_Toc415142124)

[Introducción 4](#_Toc415142125)

[JavaScript 5](#_Toc415142126)

[Three.js 6](#_Toc415142127)

[Creando la escena 6](#_Toc415142128)

[Escena 7](#_Toc415142129)

[Cámara 7](#_Toc415142130)

[Renderizado 8](#_Toc415142131)

[Función *render* 9](#_Toc415142132)

[Mapbox 12](#_Toc415142133)

[Edición de mapas 12](#_Toc415142134)

[Crear proyecto 12](#_Toc415142135)

[Uso de Mapbox 14](#_Toc415142136)

[Cesium 17](#_Toc415142137)

[Uso de Cesium 17](#_Toc415142138)

[Generador de terreno 20](#_Toc415142139)

[La idea 20](#_Toc415142140)

[Desarrollo 20](#_Toc415142141)

[my\_cesium.js 22](#_Toc415142142)

[Problemas 28](#_Toc415142143)

[Soluciones 28](#_Toc415142144)

[Resultado 28](#_Toc415142145)

[Mejoras 28](#_Toc415142146)

[Shapeways 29](#_Toc415142147)

[Conclusiones 30](#_Toc415142148)

[Líneas Futuras 31](#_Toc415142149)

[Bibliografía 32](#_Toc415142150)

# Introducción

Actualmente uno de los temas más recurrentes en las nuevas tecnologías es todo lo relacionado con el diseño en tres dimensiones más conocido como 3D, desde la creación de modelos en el ordenador hasta la creación de impresoras que nos permitan crear esos modelos y que sean reales. La librería *three.js* nos permite crear modelos 3D en el navegador, podemos crear objetos básicos como cubos, planos, textos, cargar objetos prediseñados, crear nuestras propias geometrías y un sinfín de objetos en 3D.

El objeto del proyecto es la creación de una aplicación web para la edición de objetos 3D que vayan a ser impresos en una impresora 3D usando tecnología WebGL con la librería three.js desarrollada en JavaScript.

# JavaScript

JavaScript es un lenguaje de programación interpretado[[1]](#footnote-1) al igual que otros vistos en la diplomatura como php, Lisp , programación en R y Prolog.

Su sintaxis es similar a C, aunque adopta nombres y convenciones del lenguaje de programación Java aunque JavaScript y Java no están relacionados y tienen semánticas y propósitos diferentes.

JavaScript se utiliza principalmente en el lado del cliente añadiendo una mejora al interfaz para el usuario y dando dinamismo a las páginas interactuando con el DOM[[2]](#footnote-2).Con la llegada de Ajax[[3]](#footnote-3) proporcionando llamadas asíncronas al servidor JavaScript se ha convertido en uno de los lenguajes más populares en internet.

Algunos ejemplos del uso de JavaScript son:

* Cargar nuevo contenido para la página o enviar datos al servidor a través de Ajax sin necesidad de recargar la página (por ejemplo, una red social puede permitir al usuario enviar actualizaciones de estado sin salir de la página).
* Animación de los elementos de página, hacerlos desaparecer, cambiar su tamaño, moverlos, etc.
* Contenido interactivo.
* Validación de los valores de entrada de un formulario web para asegurarse de que son aceptables antes de ser enviado al servidor.

La ventaja de usar JavaScript es que al ser ejecutado en el lado del cliente la respuesta es más rápida. Otra ventaja es que JavaScript permite detectar acciones del usuario como pulsaciones de teclas, hacer clic en un botón, pasar por encima de un elemento de la página.

Finalmente otra de las razones por la cual JavaScript es un lenguaje de programación popular es la compatibilidad con la mayoría de los navegadores debido a la estandarización del W3C.[[4]](#footnote-4)

# Three.js

A grandes rasgos three.js es una librería que nos permite crear WebGL (3D en el navegador), básicamente la diferencia cabe en que si queremos crear un cubo con three.js basta con algunas líneas en cambio con JavaScript la cantidad de líneas sería mayor.

Al igual que la mayoría de librerías (frameworks) podemos descargar la librería completa desde la página web oficial o acceder a una versión más ligera a través de su cdn (content delivery network).



Figura x.x - cdn three.js

Para mostrar gráficos en 3D en el navegador (WebGL) con three.js debemos crear una serie de elementos y funciones.

## Creando la escena

Para lograr un código más legible y manejable he realizado durante todo el proyecto una programación modular, así cada módulo resuelve un problema particular.

Para visualizar gráficos en 3D con three.js como elementos básicos necesitamos una escena, una cámara y un renderizado de la escena con la cámara. La página *html* contiene las etiquetas básicas de cualquier página, si nos hemos descargado la librería debemos indicar cada fichero JavaScript que usemos durante la programación.

Para un código más ordenado indicaremos las librerías JavaScript entre la etiqueta *<head>* y en la etiqueta *<body>* llamaremos al método *onload* indicando la función con la cual cargaremos todos los elementos de la página.

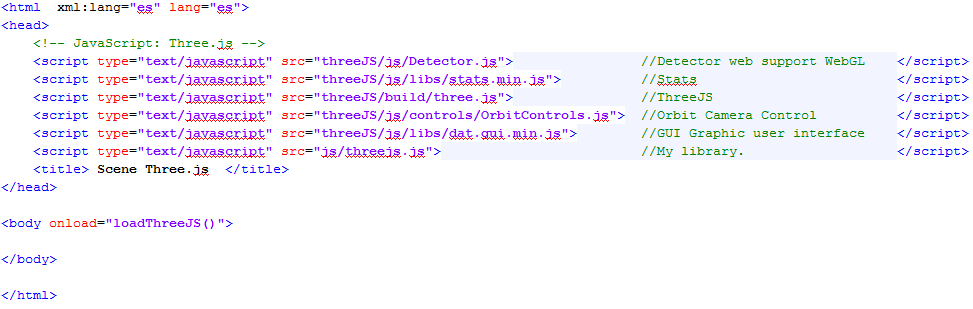
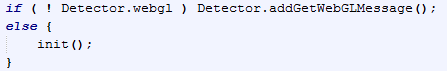


Figura x.x - PFCMyScene.html

Como se puede apreciar la página inicial carece de elementos ya que todos los elementos serán creados mediante JavaScript modificando el DOM, el fichero */js/threejs.js* es aquel que creara la escena.

Antes de crear la escena es muy útil llamar a la librería *Detector* ubicada en /*js/Detector.js* para indicarnos si nuestro navegador soporta WebGL, si todo va bien llamaremos a la función *init* que se encargará de cargar todos los elementos antes descritos más otros para lograr una escena más completa.



Si nuestro navegador permite el uso de WebGL llamamos a la función *init* que como su nombre lo indica se encarga de inicializar todos los elementos necesarios para crear una escena. Crearemos un objeto contenedor donde vamos a *renderizar* la escena, este será una etiqueta *div* (bloque de contenido o sección de página) y la añadimos a nuestra página.



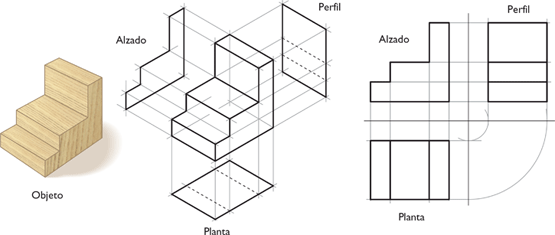
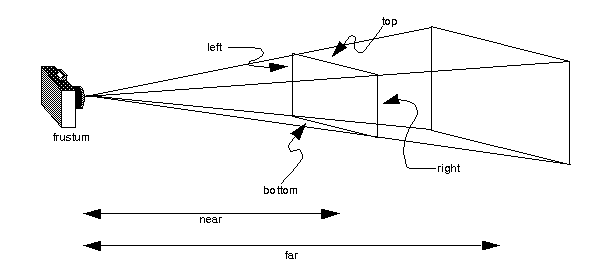
### Escena

La creación de la escena es bastante simple, solamente debemos crear el objeto y para añadir objetos usaremos la función *add*.



### Cámara

Three.js nos ofrece cuatro tipos de cámaras:

* Camera: esta es una clase abstracta de la cual heredan las otras.
* CubeCamera: Crea 6 cámaras para renderizar un tipos especiales de gráficos 3D, es una cámara que no use durante mi proyecto.
* OrthographicCamera: Cámara con una proyección ortográfica. Una proyección ortográfica es un sistema de representación gráfica que consiste en representar elementos geométricos o volúmenes en un plano mediante proyección ortogonal.
* PerspectiveCamera: Cámara con una proyección perspectiva. Este método consiste en proyectar puntos hacia el plano de visión, con este tipo de proyección parece todo más real ya que es la manera de formar las imágenes en el lente de las cámaras, como lo ve el ojo humano.  
  

 Las cámaras tienes atributos similares como *near* y *far*,tal como lo indica su traducción es la posición de la cámara hacia el plano cercano y lejano respectivamente y nos indica que en ese intervalo serán mostrados los objetos en la escena. Para la cámara en perspectiva se necesitan dos valores más para los atributos *fov* y *aspect*, el primero es el campo de visión desde el fondo hasta el inicio en grados y el segundo es el radio de aspecto que siempre tendrá el valor del ancho de la ventana entre la altura de la misma.

Con la cámara creada debemos establecer su posición y hacia donde apunta, en este caso apuntará hacia la escena.



### Renderizado

En este punto ya hemos creado la cámara y la escena, ahora debemos crear el objeto de renderizado y añadirlo al DOM, es decir, añadirlo a nuestra página.



Como se puede ver en el fragmento de código solo hemos creado el objeto de renderizado añadiendo algunos valores a los atributos color de fondo, tamaño y muestra de sombra habilitada.

Para que nuestra escena sea dinámica he añadido un control orbital para la cámara, la idea es que podamos manejar a nuestro antojo la cámara por la escena. Necesitaremos añadir la librería ubicada en /*js/controls/OrbitControls.js* y crear el objeto *OrbitControls* asociando la cámara y el renderizado.



Una vez creado todos los objetos debemos añadir al DOM él renderizado y luego asociar la escena y la cámara, para esta acción crearemos una función llamada *render* la cual además de asociar el renderizado con la escena y la cámara nos proporcionará una escena más dinámica.

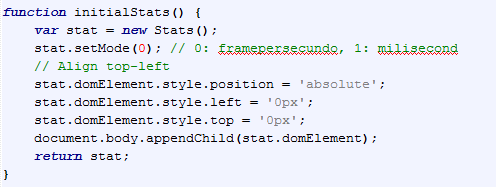


### Función *render*

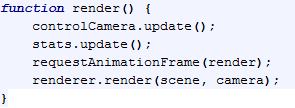
Como objetivo principal esta función asocia al objeto de renderizado la escena y cámara. Si asociamos los elementos descritos anteriormente y añadimos algún objeto como un cubo no veríamos nada ya que además de asociar los objetos debemos actualizar la escena, para ello usaremos la función *requestAnimationFrame* pasando como argumento la función *render*. La función requestAnimationFrame dibujara lo renderizado en la escena 60 veces por segundo (60 fotogramas por segundo), como se actualizará el renderizado también debemos actualizar el valor del objeto *OrbitControls* para lograr el efecto de control de la cámara.

Para ver la cantidad de fotogramas que nuestro navegador trabaja vamos a añadir un objeto *Stats* cuya librería está ubicada en */js/libs/stats.min.js*, este también debe ser actualizado en la función *render*. Crearemos un objeto y lo asociaremos a una etiqueta *div* creada dinámicamente como se hizo anteriormente, para ello usaremos la función *initialStats* que nos creará el bloque en el DOM y nos devolverá el objeto con las estadísticas.



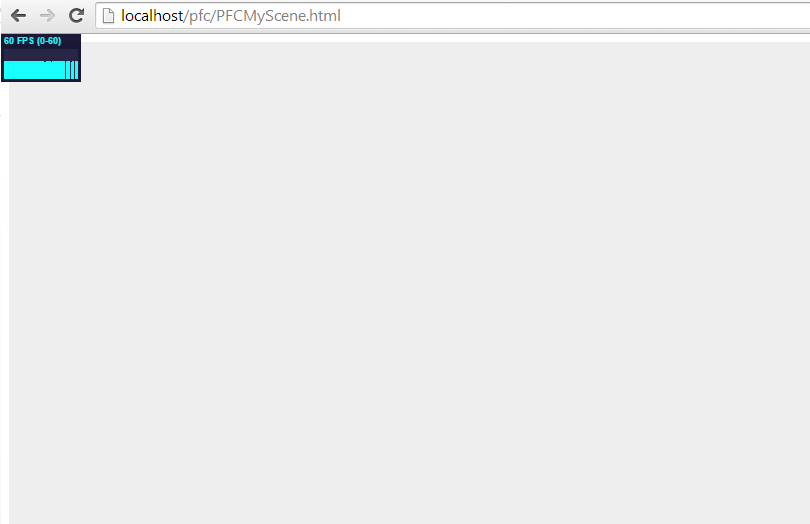


Ya creados los objetos básicos para la escena creamos la función *render*:



Cabe mencionar que todas las variables descritas son variables globales de javasScript, gracias a ello podemos modificar sus valores fácilmente en las funciones.

Con todo lo descrito anteriormente deberíamos crear una escena sin ningún elemento teniendo un aspecto que se puede apreciar en la siguiente imagen.



Crear unas escena: <http://threejs.org/docs/index.html#Manual/Introduction/Creating_a_scene>

WebBL: <http://es.wikipedia.org/wiki/WebGL>

Cdn: <http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_entrega_de_contenidos>

Página web: <http://threejs.org/>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n_ortogr%C3%A1fica>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n_ortogonal>

<http://sabia.tic.udc.es/gc/teoria/Proyecciones/Punto5.htm>

Ejemplos

<http://www.smartjava.org/content/all-109-examples-my-book-threejs-threejs-version-r63>

<http://stemkoski.github.io/Three.js/>

<http://learningthreejs.com/blog/2011/08/14/dat-gui-simple-ui-for-demos/>

<http://mrdoob.github.io/three.js/examples/canvas_interactive_cubes.html>

<http://srchea.com/apps/terrain-generation-diamond-square-threejs-webgl/>

Idea principal

<http://www.instructables.com/id/3D-Print-Your-Trek-in-color/?ALLSTEPS>

# Mapbox

Es una librería JavaScript que nos permite crear mapas personalizados, sitios web como Foursquare, Pinteres, Evernote usan está librería. La información que nos ofrece Mapbox proviene de fuentes de información de libre acceso (open data) tales como OpenStreetMap y Nasa. Su tecnología está basada en Node.js, CouchDB, Mapnik, Gdal y Leafletjs.

Podemos usar algunos mapas que nos ofrece Mapbox por defecto sin la necesidad de crear una cuenta, para crear mapas y cambiar su diseño necesitamos crear una cuenta en la página oficial (<https://www.mapbox.com/>).

## Edición de mapas

Crearemos una cuenta gratuita y editaremos algunos mapas, para ello debemos rellenar el típico formulario y tras la confirmación de la cuenta vía email tendremos acceso a nuestra cuenta Mapbox.

## Crear proyecto

Nuestros diseños serán proyectos, para crear un proyecto debemos ir a nuestra cuenta y seleccionar la opción de *projects*.



Figura x.x – Mapbox *Projects*.

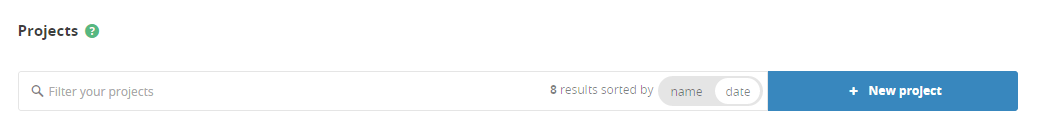
Ya en nuestra sección de *Projects* para crear un proyecto nuevo seleccionamos la opción *+ New Project*.

Figura x.x – Mapbox *New project*.

Al seleccionar la opción *New project* nos aparecerá un mapamundi junto con los diseños que nos ofrece Mapbox. Por defecto esta seleccionada la opción *Street* la cual utiliza colores clásicos que hacen referencia a los elementos del mapa, por ejemplo los ríos están con un color azul claro.

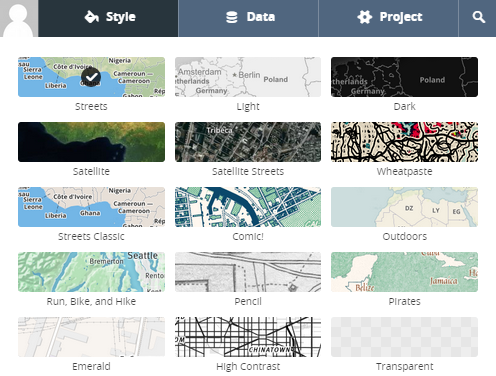


Figura x.x – Mapbox Estilo mapa.

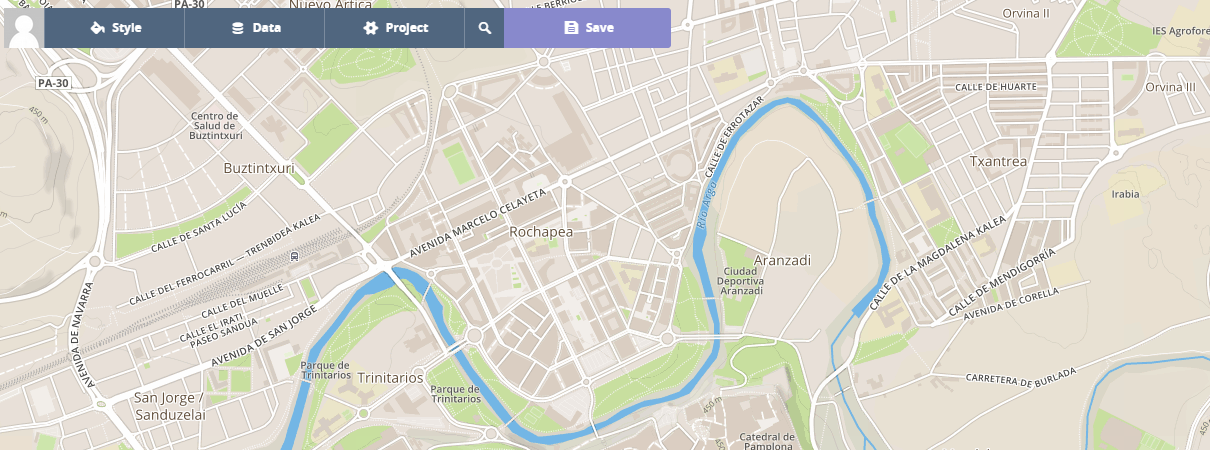


Figura x.x – Mapbox mapa ejemplo.

Ahora solos nos queda guardar nuestro proyecto hacienda clic en la opción *Save.*





Figura x.x – Mapbox guardar mapa*.*

Ya tenemos nuestro diseño de mapa creado, en la sección de proyectos nos aparecerá y si nos fijamos bien como título tiene *Untitled Project* ya que no le hemos puesto ningún nombre, en este caso no es relevante ya que para referirnos a ese mapa usaremos su identificador que aparece debajo de cada proyecto.

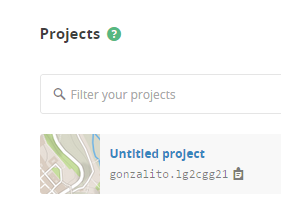


Figura x.x – Mapbox *identificador* mapa*.*

Si hemos seguido los pasos anteriormente descritos ya tenemos nuestro primer diseño de ejemplo, en el siguiente apartado se explica el uso de Mapbox en el navegador con el cual visualizaremos el mapa creado.

## Uso de Mapbox

Al ser un framework ligero podemos disfrutar de todas sus opciones indicando su cdn sin la necesidad de descargar ningún fichero, cargaremos el cdn de la página de estilos de Mapbox y haremos referencia a su librería JavaScript.



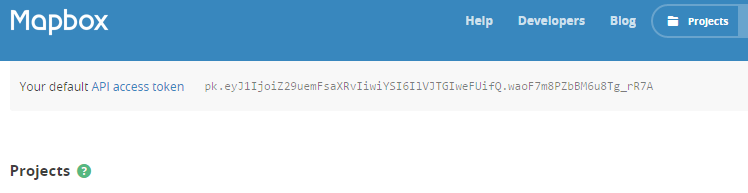
 Con nuestra cuenta creada anteriormente tan solo nos basta indicar nuestra *clave de acceso* y el *identificador* del mapa para poder visualizar nuestro mapa. Para saber nuestro *identificador* de usuario debemos ir a la sección de *Projects* y fijarnos en la parte de arriba donde aparecerá nuestro *clave de acceso* (API Access token).

Figura x.x – Mapbox *clave acceso.*

Para ver el mapa debemos crear una simple página web con un elemento donde será cargado el mapa, en este caso usaremos un elemento del tipo *div* como bloque contenedor y cuando carguemos el mapa indicaré que sus coordenadas sean el Campus de Arrosadía.

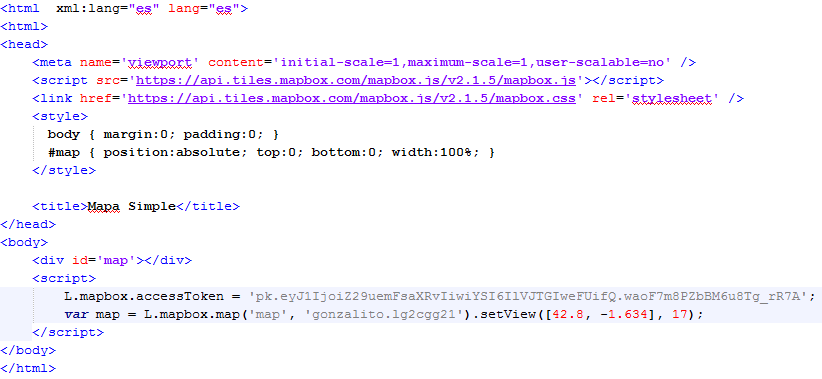


Figura x.x – Mapbox PFCMapbox.html código*.*

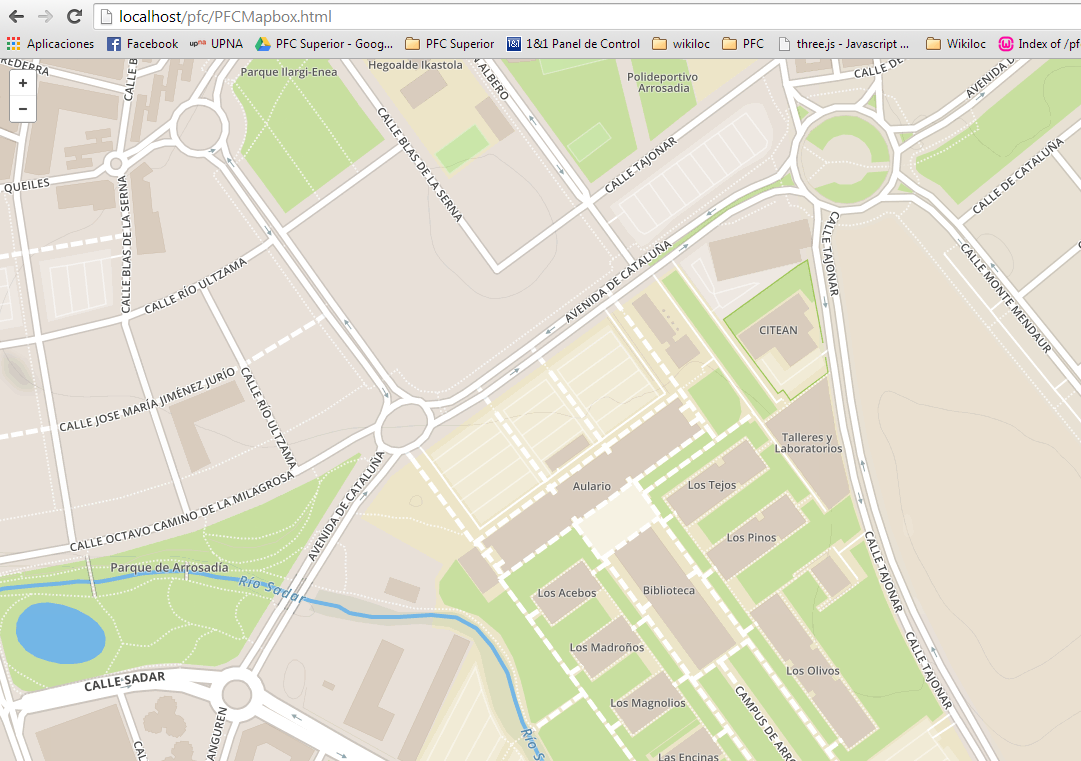


Figura x.x – Mapbox PFCMapbox.html navagador.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Mapbox>

<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Mapbox>

<https://www.mapbox.com/mapbox.js/api/v2.1.5/>

# Cesium

Librería basada en JavaScript para la creación de globos terrestres en 3D y mapas en 2D en el navegador sin la necesidad de algún plugin, es de libre acceso (open source) bajo licencia Apache 2.0.

A diferencia de los otros frameworks basados en JavaScript este no posee *cdn*, por lo tanto, para su uso debemos descargarnos el framework desde la página oficial ( <http://cesiumjs.org/downloads.html> ).

Esencialmente utilizaremos la librería para acceder a los datos de las elevaciones del terreno. Resumiendo el uso de cesium:

* Con las coordenadas de la ruta accedemos a los tiles que nos ofrece cesium. Los tiles son rectángulos que guardan información acerca de los datos del terreno.
* La información obtenida en lo tiles la graficaremos usando *threeJS*.

## Uso de Cesium

En este ejemplo de Cesium usaremos las coordenadas de una zona de Pamplona, en específico latitud *42.8* y longitud *-1.634*.

Para obtener los datos de cesium debemos seguir los siguientes pasos:

* Declarar un proveedor de datos de Cesium, haremos un bucle hasta que el proveedor esté listo.
* Con las coordenadas obtenemos la posición del tile y de este obtenemos la información. Para obtener la información del tile usaremos una llamada asíncrona que nos proporciona Cesium, para mayor comodidad almacenaré cada petición en un arreglo y usare una función que ofrece Cesium que se ejecutará cuando las peticiones hayan acabado.

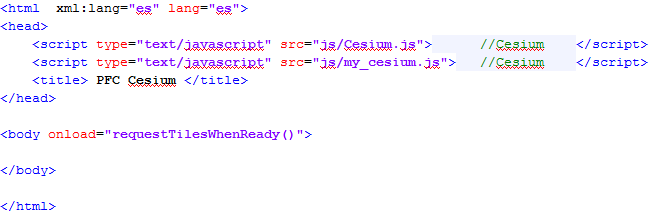


Figura x.x – PFCCesium.html

Se llama a la función *requestTileWhenReady* que se encargará de establecer la conexión con Cesium usando un objeto *CesiumTerrainProvider*. Se creará una función recursiva que llamará tantas veces sea necesario a la función hasta obtener la conexión, todas las funciones y código JavaScript estará en el fichero */js/my\_cesium.js*

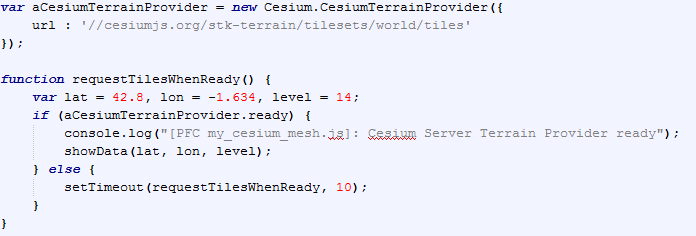


Figura x.x – Cesium función recursiva.

Cuando se haya establecida la conexión llamaremos a la función *showData* pasando como argumentos la latitud, longitud y el nivel. El nivel es la aproximación real de los datos, es decir, mientras mayor sea el nivel más específico son los datos y dependiendo de la ubicación geográfica hay más o menos niveles.

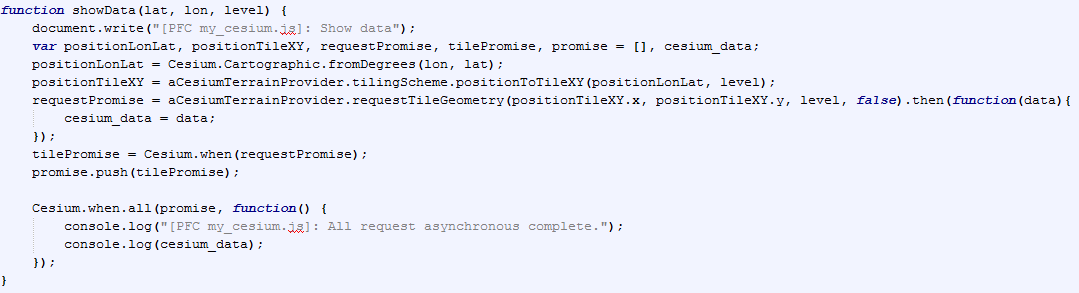


Figura x.x – Cesium función obtención de datos.

En la función *showData* realizamos lo siguiente:

* *Cesium.Cartographic.fromDegrees(longitude, latitude, height optional, reult optional)*: Creamos una instancia del tipo *Cartographic* (objeto Cesium) a partir de una longitud y latitud en grados, el objeto resultante está en radianes.
* *Cesium.CesiumTerrainProvider.tilingScheme.positionToTileXY(position, level, result optional)*: Calculamos las coordenadas x e y del tile según la posición de las coordenadas.
* *Cesium.CesiumTerrainProvider.requestTileGeometry(x, y, leve, throttleRequests optional)*: Obtenemos la geometría a partir del tile indicado.
* Almacenaremos la información en la variable *cesium\_data*.
* Crearemos por cada petición una variable usando la función *Cesium.when(petición)* y la almacenaremos en el arreglo *promise*. Implementamos el método *Cesium.when.all()* que nos indicará que las peticiones se han realizado y mostraremos la información por la consola del navegador.



Figura x.x – Datos Cesium.

De los datos ofrecidos por cesium usaremos los siguientes:

* *maximumHeight* y *minimumHeight* como los valores mínimos y máximos de alturas del terreno.
* *uValues*, *vValues* y *heightValues* almacenados en el objeto *quantizedVertices* que contiene tripletes donde guardamos la longitud, latitud y altura.
* Con estos datos crearemos las geometrías de los terrenos, esto se explicará más adelante en el desarrollo del proyecto.

# Generador de terreno

## La idea

A partir de una ruta *gpx* modelar el recorrido en 3D con las elevaciones del terreno. Se podrá elegir uno de los mapas creados en Mapbox que será la textura de nuestro modelado.

## Desarrollo

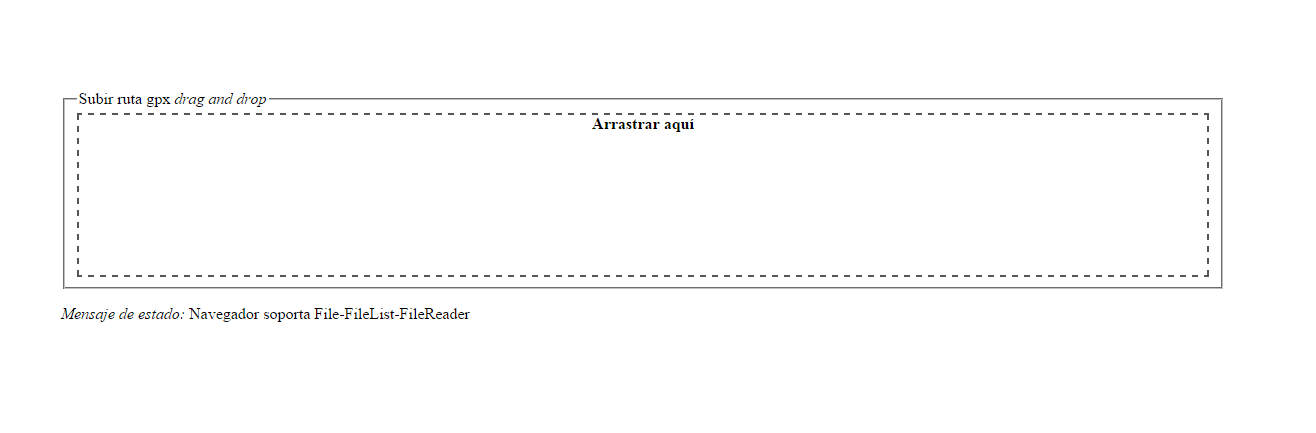
 Se carga la página *PFCIndex.html* donde se subirá el fichero *gpx* al servidor mediante ajax y php, se ha controlado que solo se puedan subir ficheros *gpx* y cada vez que se cargue la página inicial se borraran todos los datos en el servidor.

Figura x.x – Drag and drop *gps*.

Cuando el fichero es cargado exitosamente en el servidor cargaremos la página *PFCMyRute.html* que nos mostrará la ruta *gpx* cargada en el mapa de Mapbox.



Figura x.x – Mapbox ruta gps.

Cesium nos ofrece los datos mediante tiles, estos contiene una gran cantidad de información, entre esos datos tenemos las elevaciones del terreno. Un tile corresponde a una área rectangular del mapa, por cada coordenada verifico al tile que pertenece obteniendo de esta manera todos los tiles correspondientes a la ruta.

Por cada tile almaceno sus límites Sur-Oeste, Sur-Este, Nor-Oeste, Nor-Este. Con estos datos en Mapbox puedo dibujar un rectángulo para identificar cada tile de la ruta.



Figura x.x – Mapbox tile ruta.

La idea es obtener un modelado rectangular del recorrido, por lo tanto, a partir de la ruta he añadido más tiles identificando los máximos y mínimos laterales de la ruta.

Para obtener la información de cada tile debemos indicar sus coordenadas y nivel. En este proyecto se usó el nivel 14 ya que es el mayor nivel soportado para la zona Europea, en zonas de Estados Unidos soporta un nivel de 15, mientras mayor es el nivel más detallado son los datos obtenidos.

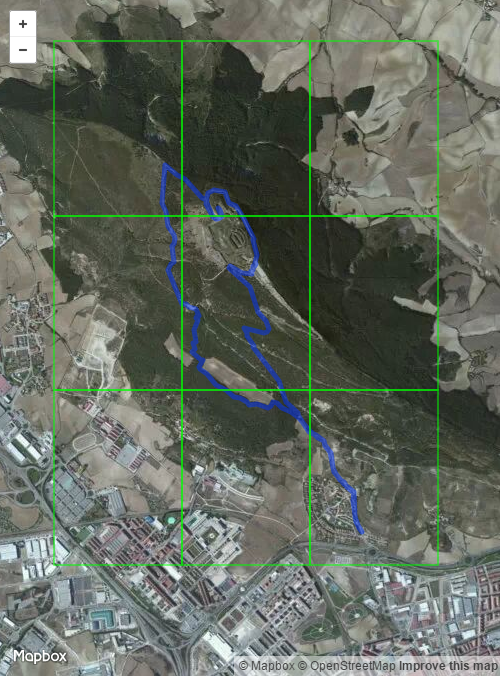


Figura x.x – Mapbox nivel 14. Figura x.x – Mapbox nivel 13.

La página *PFCMyRute.html* a su vez trabaja con varios ficheros externos en JavaScript ubicados en la carpeta *js*. El fichero */js/my\_cesium\_rute.js* junto a los ficheros */js/clases.js, /js/functions.js* y */js/Cesium.js* este último es el fichero ofrecido por Cesium.

### my\_cesium.js

#### Mapa y coordenadas

Crear el mapa y cargar las coordenadas de la ruta *gps* en el arreglo *coordinates*.

#### Información tiles

Usando la función *checkTile(coordinates, level)* creamos el arreglo *info\_tiles*,la función lleva como parámetros de entrada las coordenadas y el nivel de Mapbox. El arreglo guarda objetos *InfoTile* donde cada uno de ellos contiene la siguiente información:

* *bounds:* Límites del tile.
* *cardinality:* En un principio se usó para la creación del terreno, luego por modificaciones se ha usado para guardar la referencia de donde fue creado la variable, en que función del código.
* *coordinate:* coordenadas iniciales de la ruta.
* *Index:* posición inicial de la ruta correspondiente al arreglo de coordenadas *coordinates.*
* *x:* coordenada x de Cesium para solicitar la información de un tile.
* *y:* coordenada Y de Cesium para solicitar la información de un tile.

En este punto tenemos los tiles que corresponden a la ruta y como se mencionó antes la idea es crear un terreno rectangular, por lo tanto, llamamos a la función *createRectangle(info\_tiles, level)*. Está función nos devuelve un arreglo que contiene objetos *InfoTile* correspondientes a la ruta y añade nuevos valores completando un rectángulo, como parámetros de entrada la función recibe los tiles del recorrido y el nivel de Mapbox. El resultado de la función lo guardaremos en la variable *rectangle\_tiles*.

#### Mapa y recorrido

Centrar el mapa y dibujar el recorrido en el mapa. Se ha centrado el mapa usando los límites del primer y último tile del recorrido, no necesariamente abarcaran toda la ruta pero se puede ajustar manualmente con el ratón sobre el mapa.

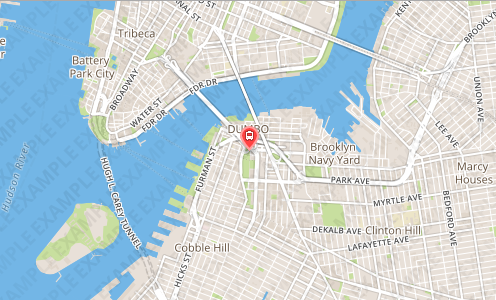
#### Texturas

Para crear la textura final debemos crear la textura por cada tile y luego unir todos los tiles. Para extraer las imágenes usamos el API *Static maps* de Mapbox, nos permite obtener distintos tipos de imágenes:

* Imágenes de mapas simples.



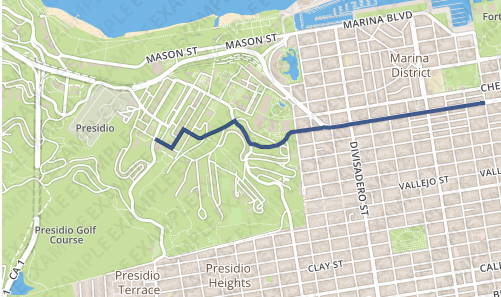
* Imágenes de mapas con marcadores.



* Imágenes de mapas con rutas mediantes GeoJSON.



* Imágenes de mapas con ruta mediante codificación de líneas *Encoded polylines*.



Para obtener la textura de cada tile con su ruta podemos usar uno de los dos últimos métodos. En un principio utilice el método de codificación de líneas pero surgían muchos problemas por este método ya que había que usar una librería de *google* y a veces no se dibujaba la ruta correctamente, al final decidí usar el método pasando la ruta en formato GeoJSON.

Con ambos métodos cargo una nueva página pasando en el *url* toda la información y en ambos si se supera una cantidad aproximada de 120 coordenadas no se devuelve correctamente la imagen del mapa, de este modo cuando un tile tiene un número muy grande de coordenadas aplique una función de reducción que intenta no perder la ruta original.

Para obtener las texturas de cada tile he creado la función *drawRute()*, esta función recorre todos los tiles almacenados en la variable *rectangle\_tiles* y por cada tile se realiza lo siguiente:

Figura x.x – Mapbox ruta rectangular.

## Problemas

## Soluciones

## Resultado

## Mejoras

# Shapeways

# Conclusiones

# Líneas Futuras

Mejorar algoritmo de ruta para que no de fallos.

# Bibliografía

<http://threejs.org/>

1. Lenguaje interpretado: lenguaje de programación que esta diseñado para ser ejecutado por medio de un intérprete. [↑](#footnote-ref-1)
2. DOM: Document Object Model. [↑](#footnote-ref-2)
3. Ajax : Asynchronous JavaScript and Xml [↑](#footnote-ref-3)
4. WWWC World Wide Web Consortium, consorcio internacional que realiza recomendaciones a la red informática mundial conocida como World Wide Web. [↑](#footnote-ref-4)