



Resiliencia ante los actuales
escenarios del fuego

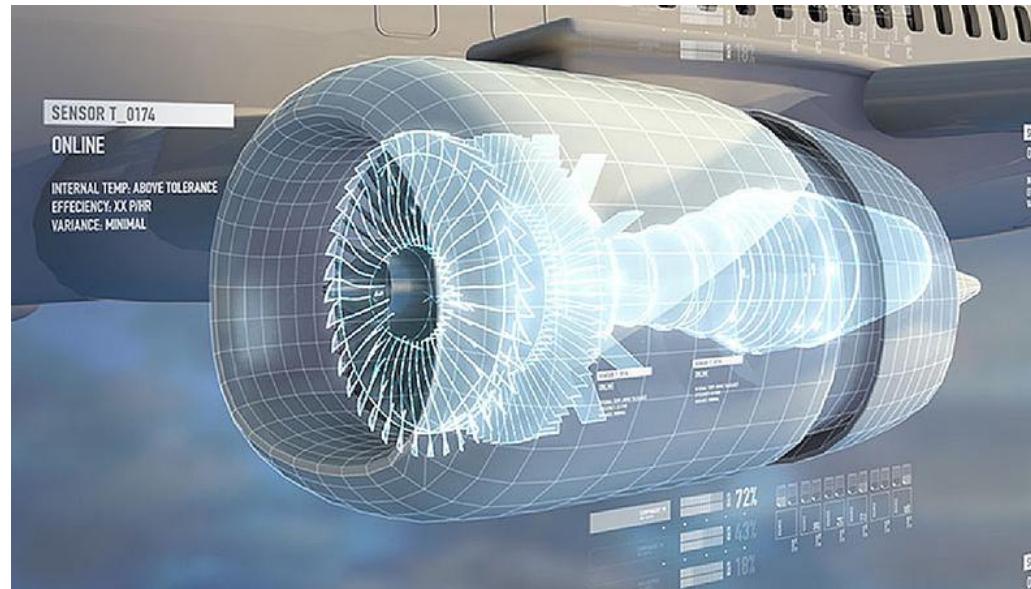
Desarrollos de simulación visual y gemelo digital

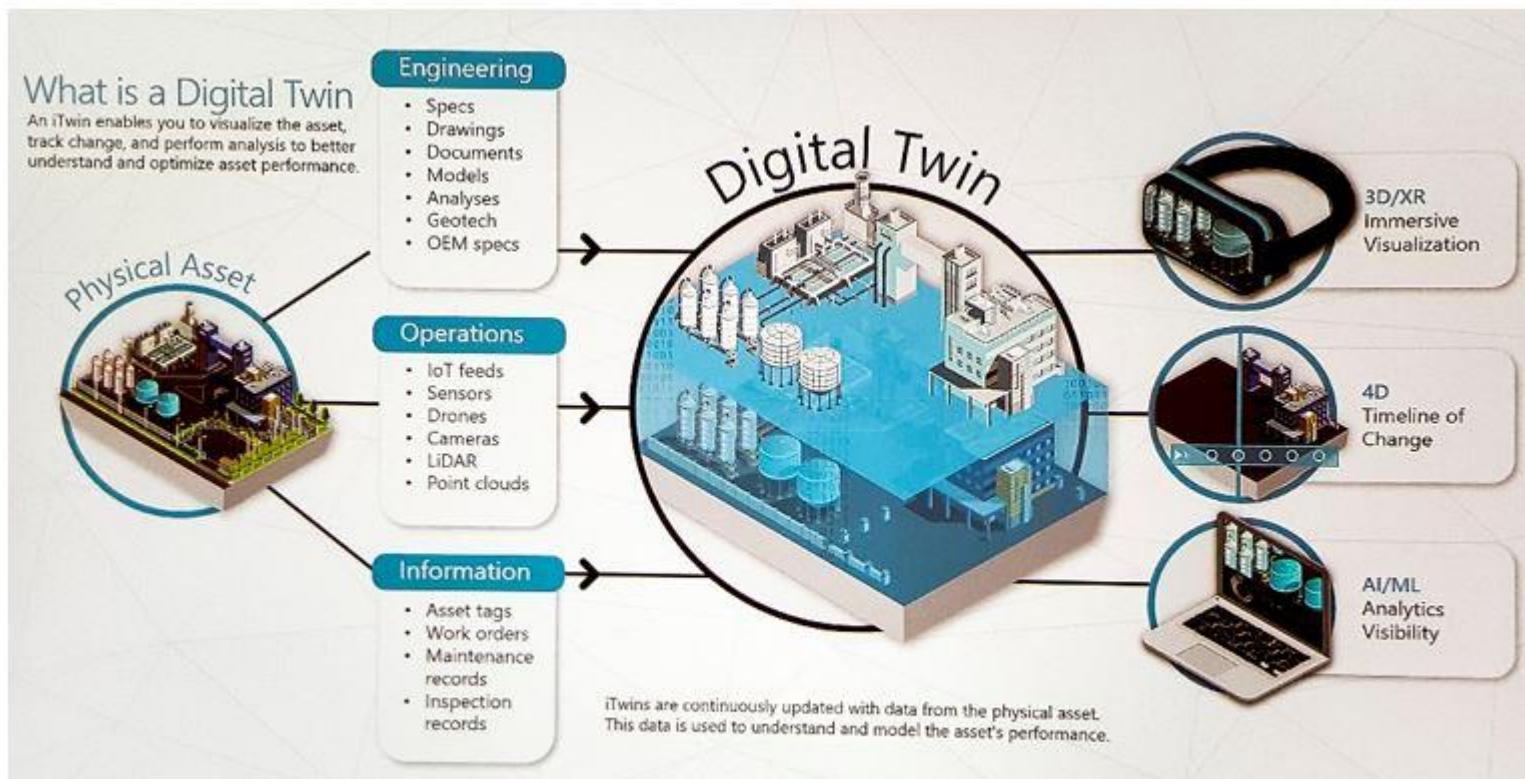
David Caballero

Un gemelo digital es una **copia virtual del mundo real**, que incluye objetos físicos, procesos, relaciones y comportamientos.

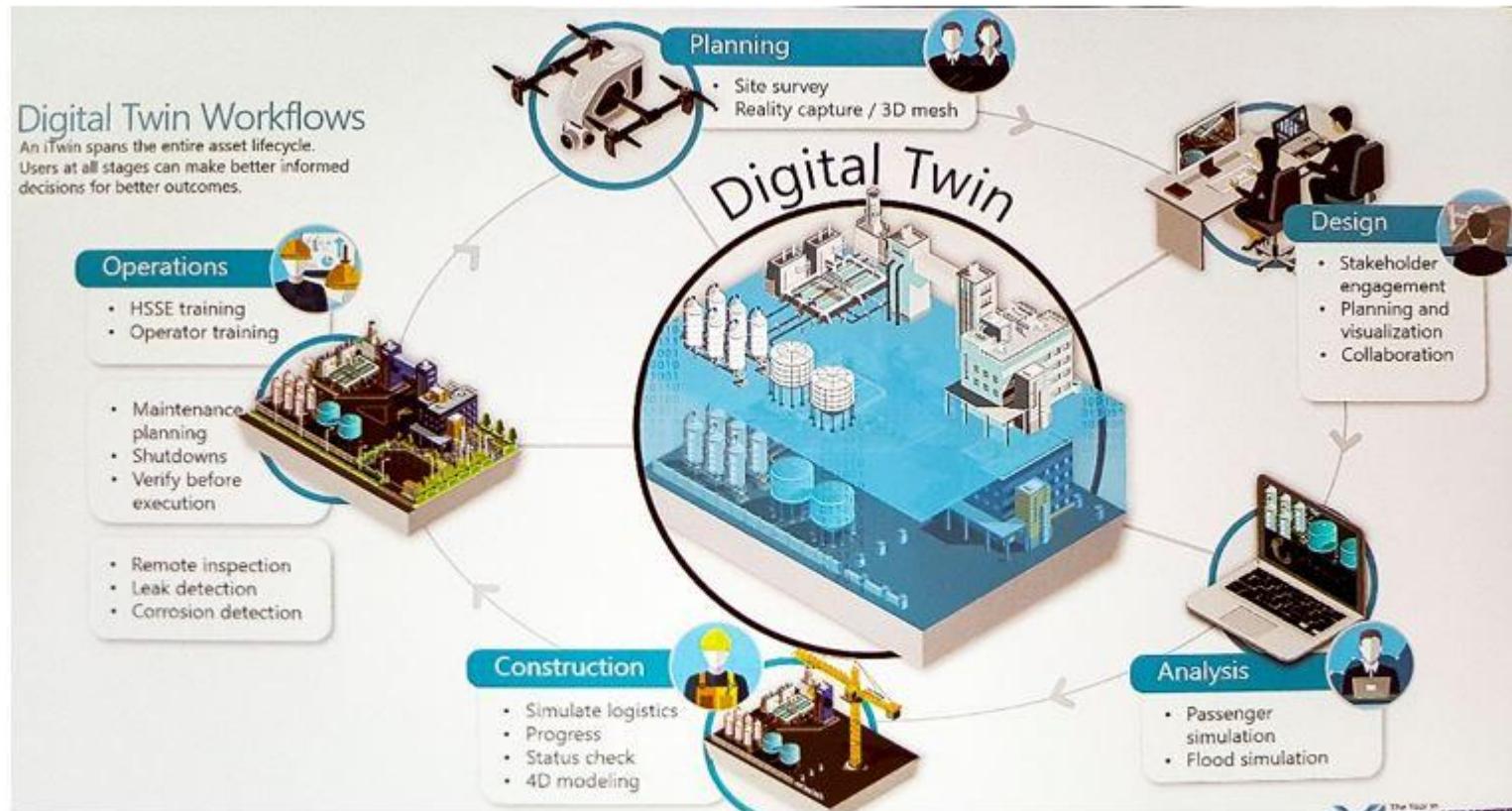
El gemelo digital permite:

- **Observar** la complejidad de un escenario/proceso (captura y visualización)
- **Ensayar** posibles futuros, cambios e interacciones
- Tomar **decisiones** y prever los resultados
- **Automatizar** las decisiones (IoT)





Definition of a Digital Twin by Bentley Systems During YII 2019



Key Digital Twin Workflows per Bentley Systems During YII 2019

- En simulación visual los resultados de los modelos numéricos tienen siempre una **representación gráfica** (imagen en pantalla)
- Una simulación visual 3D incluye
 - Objetos (geometría)
 - Texturas y materiales (la piel de los objetos)
 - Animación (movimiento de objetos y de sus partes)
 - Iluminación
 - Efectos especiales (niebla, destellos)
 - Otros objetos no geométricos (partículas, nubes etc.)
 - Posición y animación de la cámara (observador)
- Muy utilizado en arquitectura (ARCHVIZ) y ámbito militar
- Requiere un cálculo detallado de cómo interacciona la luz con las texturas sobre la geometría de los objetos y su variación en el tiempo (luces, sombras, radiosidad, reflexiones, transparencias)
- El cálculo de trazado de rayos (*Ray Tracing*) es muy costoso computacionalmente, pero muy realista visualmente
- Algunos objetos tienen geometrías muy complejas (árboles)

Simulación visual

- Simulación visual de un proyecto de arquitectura, con sus elementos anejos, arbolado y de entorno.
- Un único fotograma, lleva muchas horas calcularlo



Simulación visual

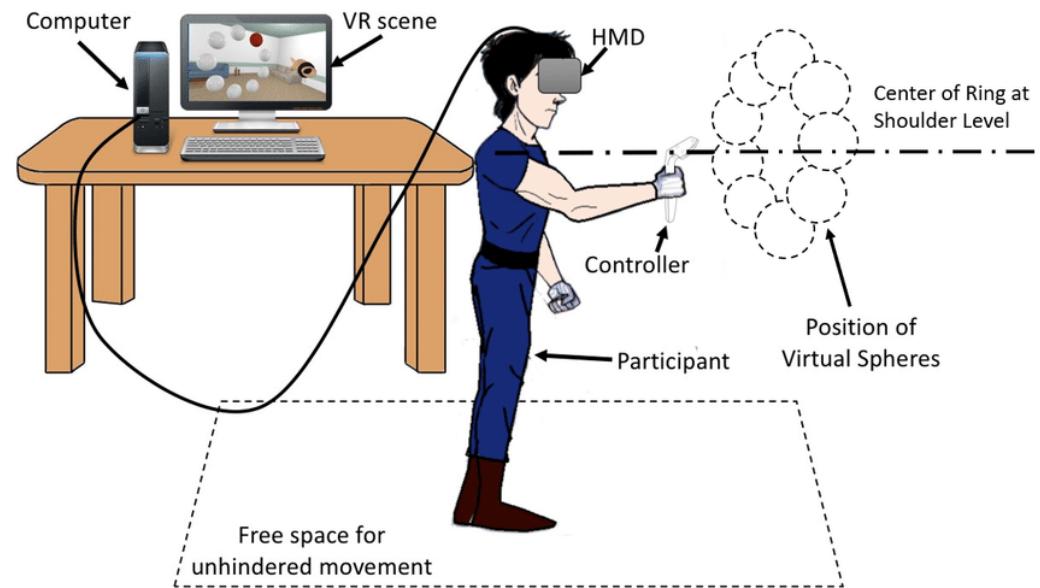


- Simulación visual **inmersiva**: cada ojo recibe una imagen ligeramente diferente y crea la sensación de profundidad (estereoscopía). Una micro-pantalla por ojo.
- Ciclo de refresco de imagen alto, de 70 a 120 fotogramas por segundo (fps)
- Las imágenes se actualizan de acuerdo al movimiento del observador y de la evolución de los objetos en el escenarios (movimiento, cambio etc.)
- Las imágenes, por tanto, se calculan en tiempo quasi-real, se comprimen, se envían al dispositivo y se sincronizan. Alta demanda de cálculo gráfico
- Se complementa con mandos para la interacción.
- Trazado de la posición y colocación del visor y de los mandos (6 GDL)
- Da la sensación de estar dentro del escenario, que se genera todo por ordenador



Requisitos – Cálculo gráfico y tarjeta

- Alta demanda de cálculos gráficos (tiempo real, 70 fps, dos pantallas)
- La CPU hace cálculos numéricos. La GPU hace cálculos gráficos
 - Movimiento y sombreado de objetos
 - Iluminación
 - Efectos especiales
- Hace decenas de miles de cálculos por segundo
- Computación paralela (miles de procesadores)
- Computación dedicada (sombreado, trazado de rayos etc.)



Ventajas de los entornos inmersivos

- Entorno espacial inmersivo (estar dentro)
- Estereoscopía (profundidad)
- Dinámica de procesos
- Interacción (objetos, procesos)
- Acoplamiento de objetos, modelos y simulaciones
- Alto grado de realismo (entrenamiento, concienciación)
- Permite analizar de manera intuitiva procesos complejos por su estructura espacial, relaciones o dinámica
- Procesos atmosféricos y meteorología (3D, dinámicos)
- Transferencia de partículas (trazado en 3D)
- Transferencia de energía (combustión, radiación, convección)
- Relación espacial entre objetos en el territorio

- Motores de juego (*Game Engine*)
- Plataformas técnicamente muy maduras y completas
- Sistemas complejos, módulos dedicados (materiales, iluminación, partículas, física, IA, animación, interacción, GUI, paisaje, vegetación etc.)
- Ideales para desarrollo de Gemelos Digitales y Simulación Visual
- Curva de aprendizaje muy pronunciada

Unreal Engine (<https://www.unrealengine.com>)

- Plataforma completísima y compleja.
- Muy alta calidad de la simulación visual
- Programable en C++, aprendizaje lento
- Plataforma abierta y gratuita, expandible e integrable
- Compila para varios OS (IOS, Android, Windows, Linux)



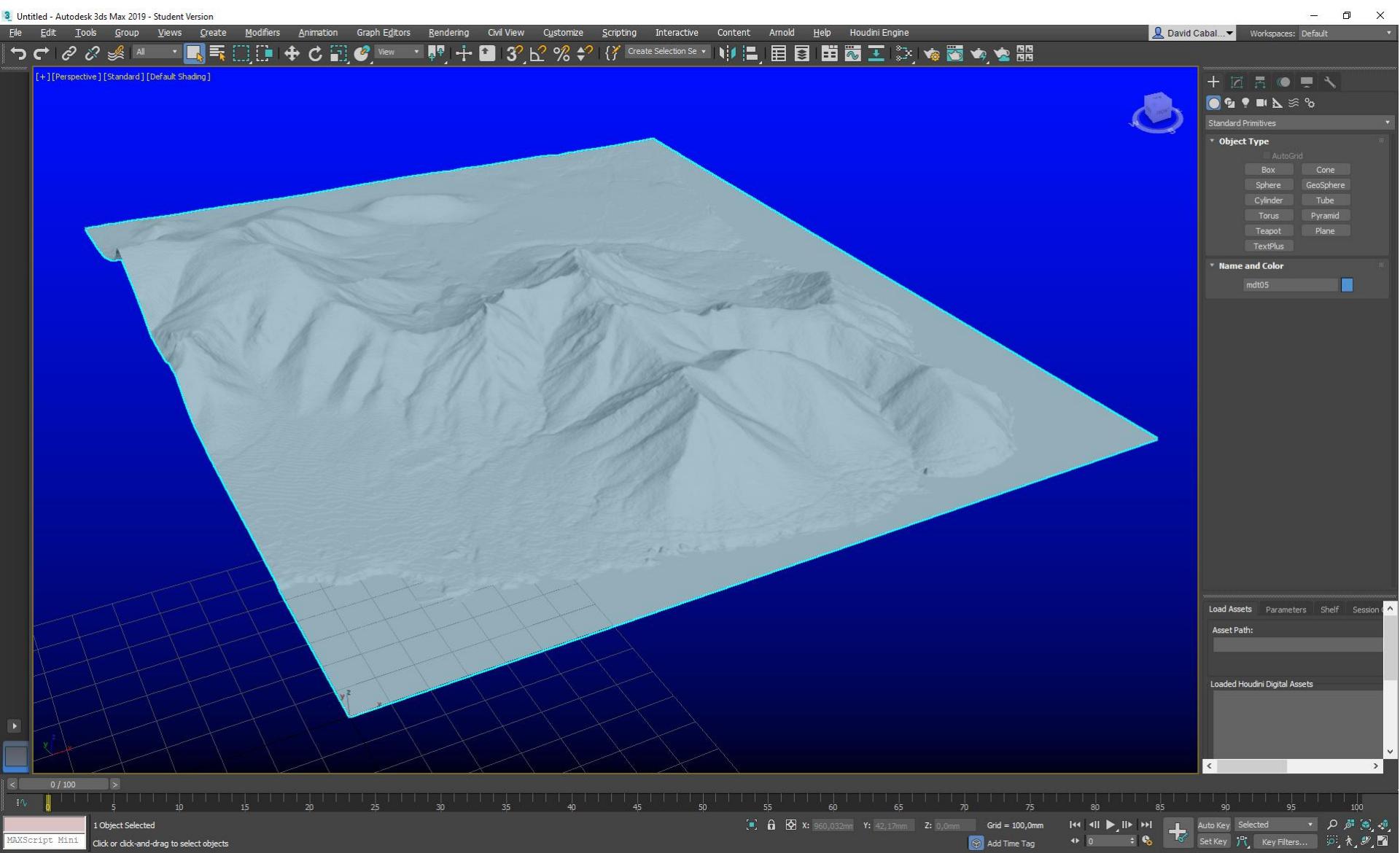
Unity (<https://unity.com>)

- Plataforma muy popular por su accesibilidad y relativa facilidad
- Óptimo para aplicaciones poco pesadas, Android
- Abierta y gratuita, programable en Python
- Compila para varios OS



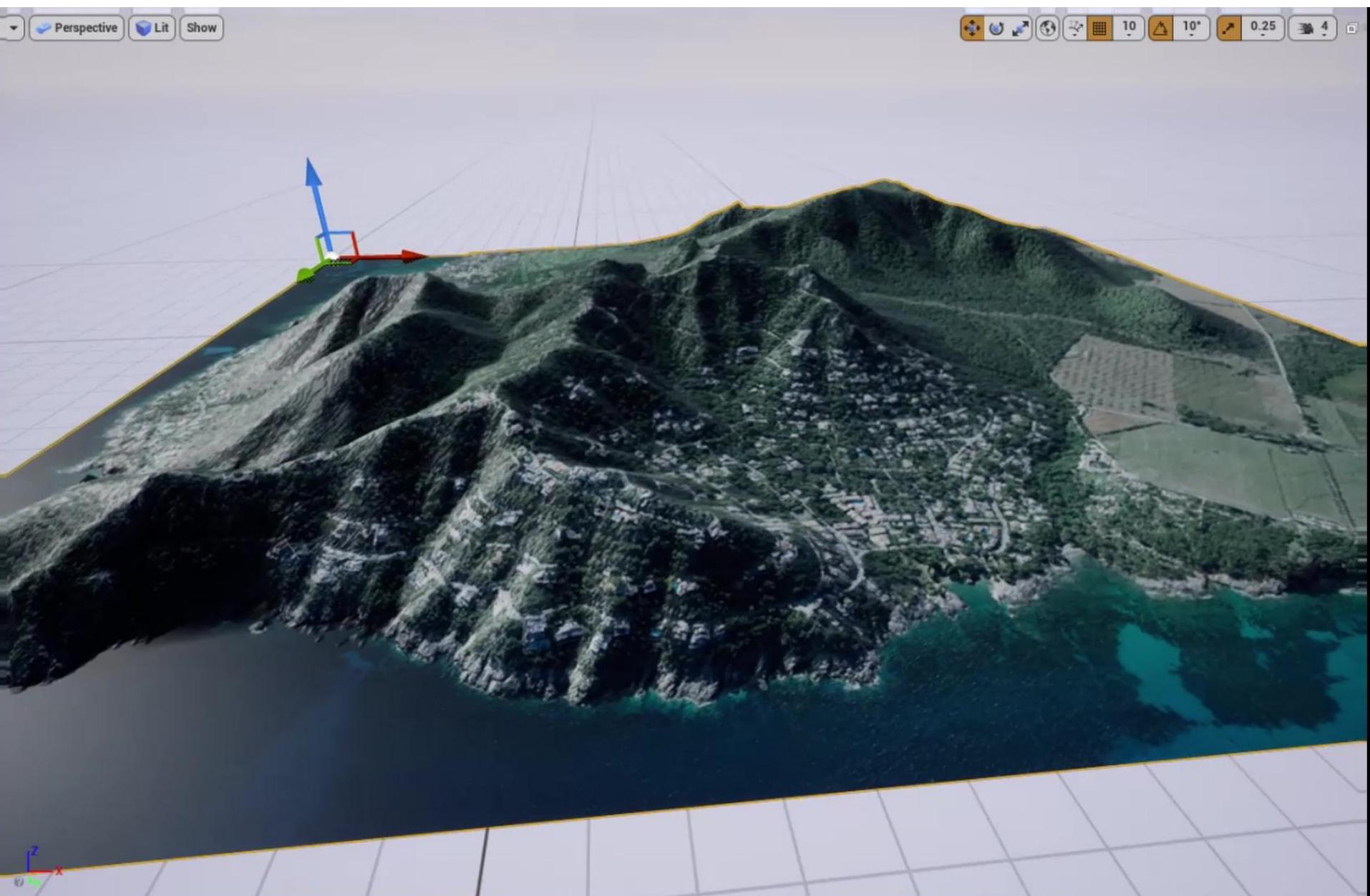
Representación del terreno

- A partir de datos LiDAR, MDT y MDV
- Exportable como objeto (formato FBX)



Representación del terreno

Superposición de la ortofoto
Mapa de reflejo (agua)



Representación del terreno

Incorporación de capas GIS vectoriales (parcelas, curvas de nivel etc.)
Scrolling 3D del área de interés

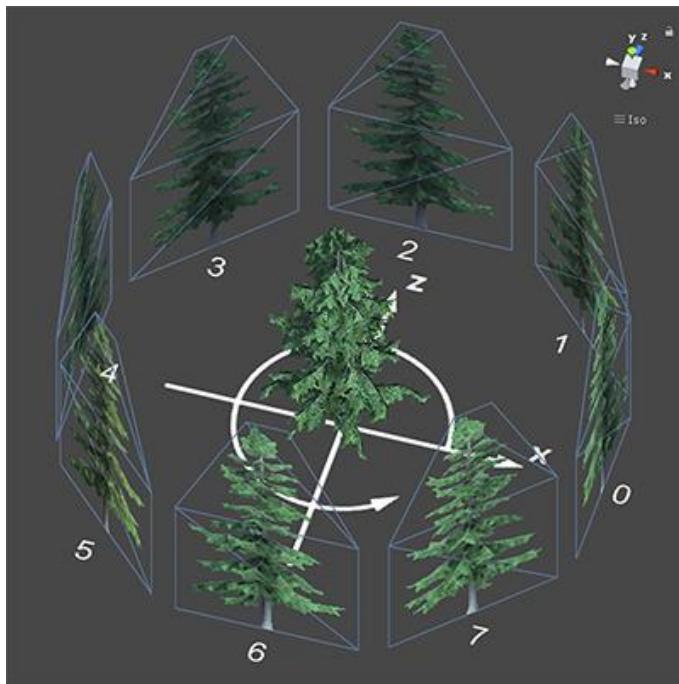
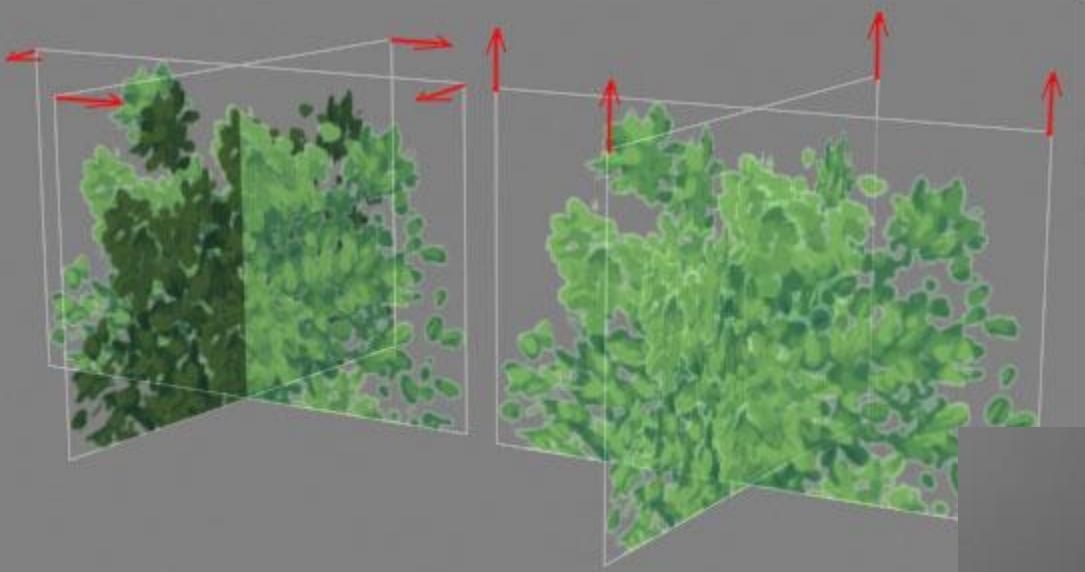


Servicio CESIUM

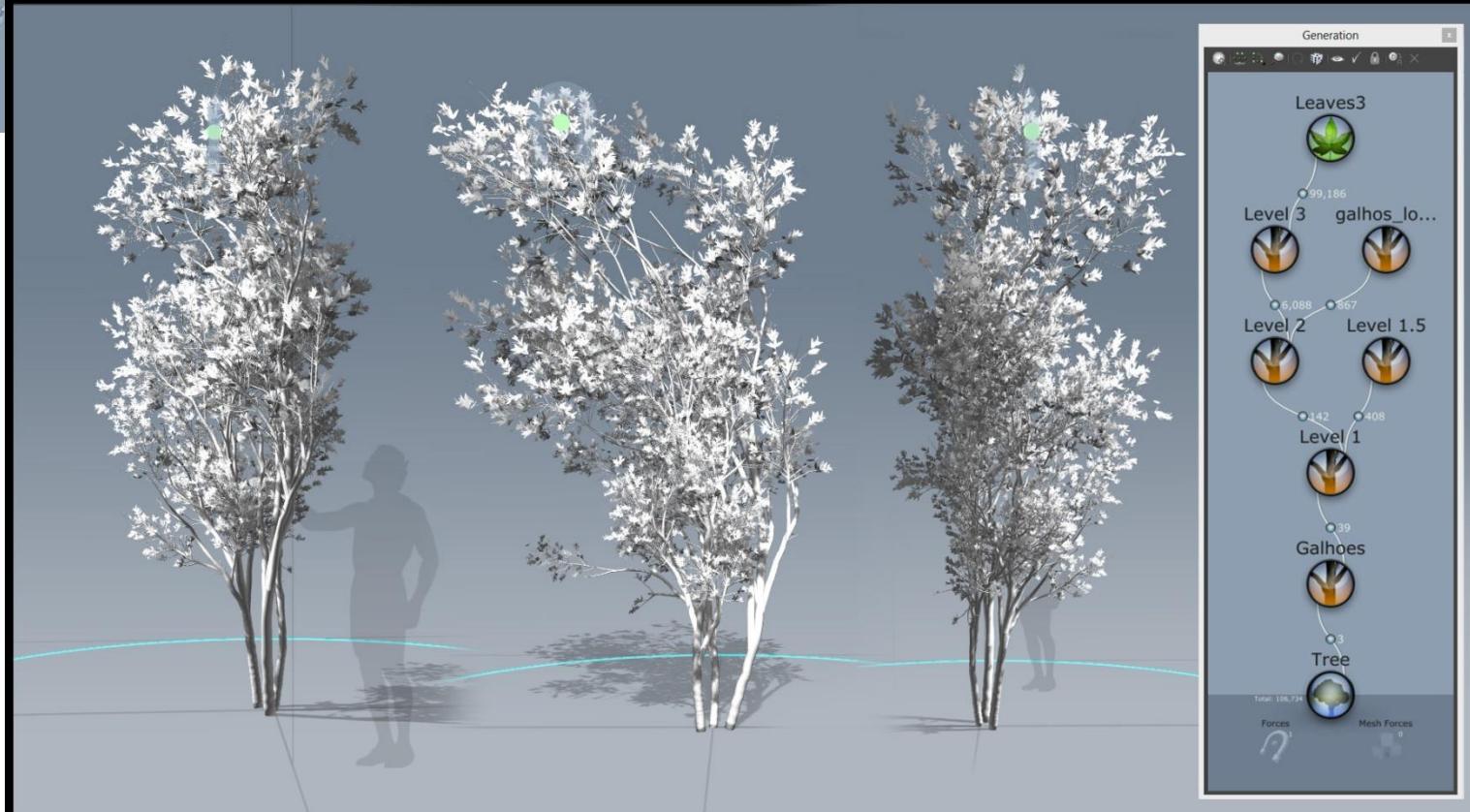
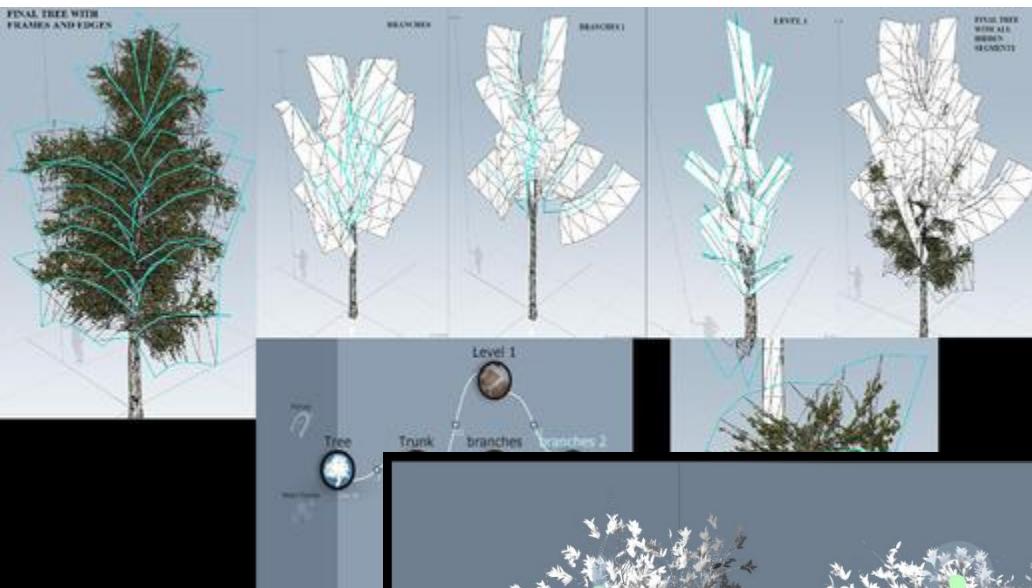
Servicio gratuito (de momento) que da acceso a MDT y modelos fotogramétricos 3D
Entrega los objetos para su integración como “actores” en Unreal Engine



Representación de las plantas - Billboards



Representación de las plantas – Modelos realistas



Representación de las plantas – Modelos realistas

Tecnología **Nanite** en UE5 para altísimas cantidades de polígonos



Representación de las plantas – Modelos realistas

El detalle se adapta a la distancia observador-objeto



Representación de las plantas – Modelos realistas

El detalle se adapta a la distancia observador-objeto

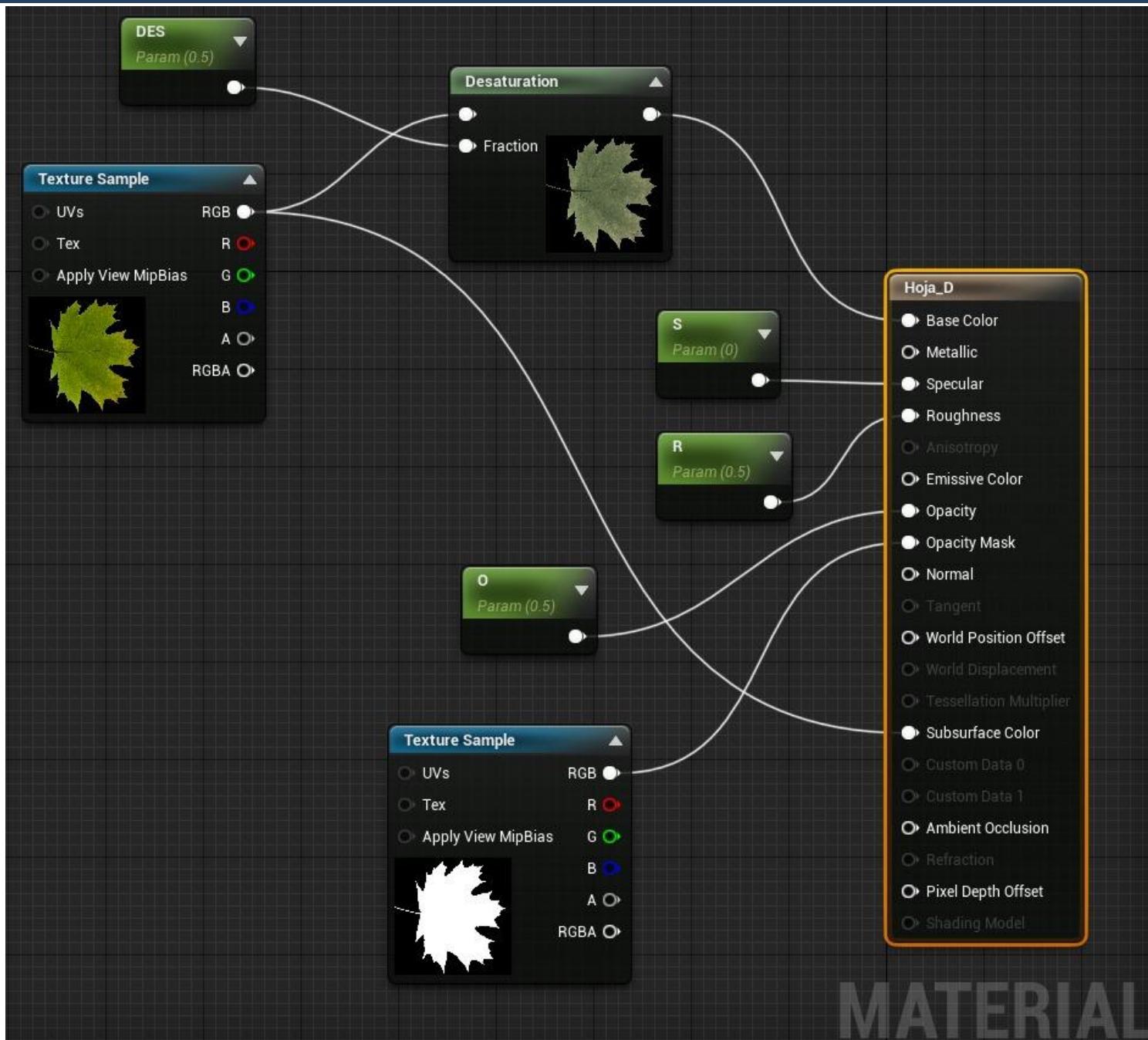


Representación de las plantas – Modelos realistas

El detalle se adapta a la distancia observador-objeto



Representación de las plantas



Representación de las plantas

Materiales translúcidos (*subsurface sampling*)



Representación de las plantas

Arboreto virtual (parametrizado)



Representación de las plantas

Catálogos de plantas y otros objetos 3D



Representación de las plantas – Posicionamiento con referencia GIS



Representación de las plantas

Foliage de Unreal Engine permite “pintar” en el terreno con plantas



Representación de las plantas

Modelización realista de la sombra proyectada en tiempo real (RTX)



Modelos fotogramétricos

Nubes de puntos a partir de colecciones de fotos desde dron



Modelos fotogramétricos

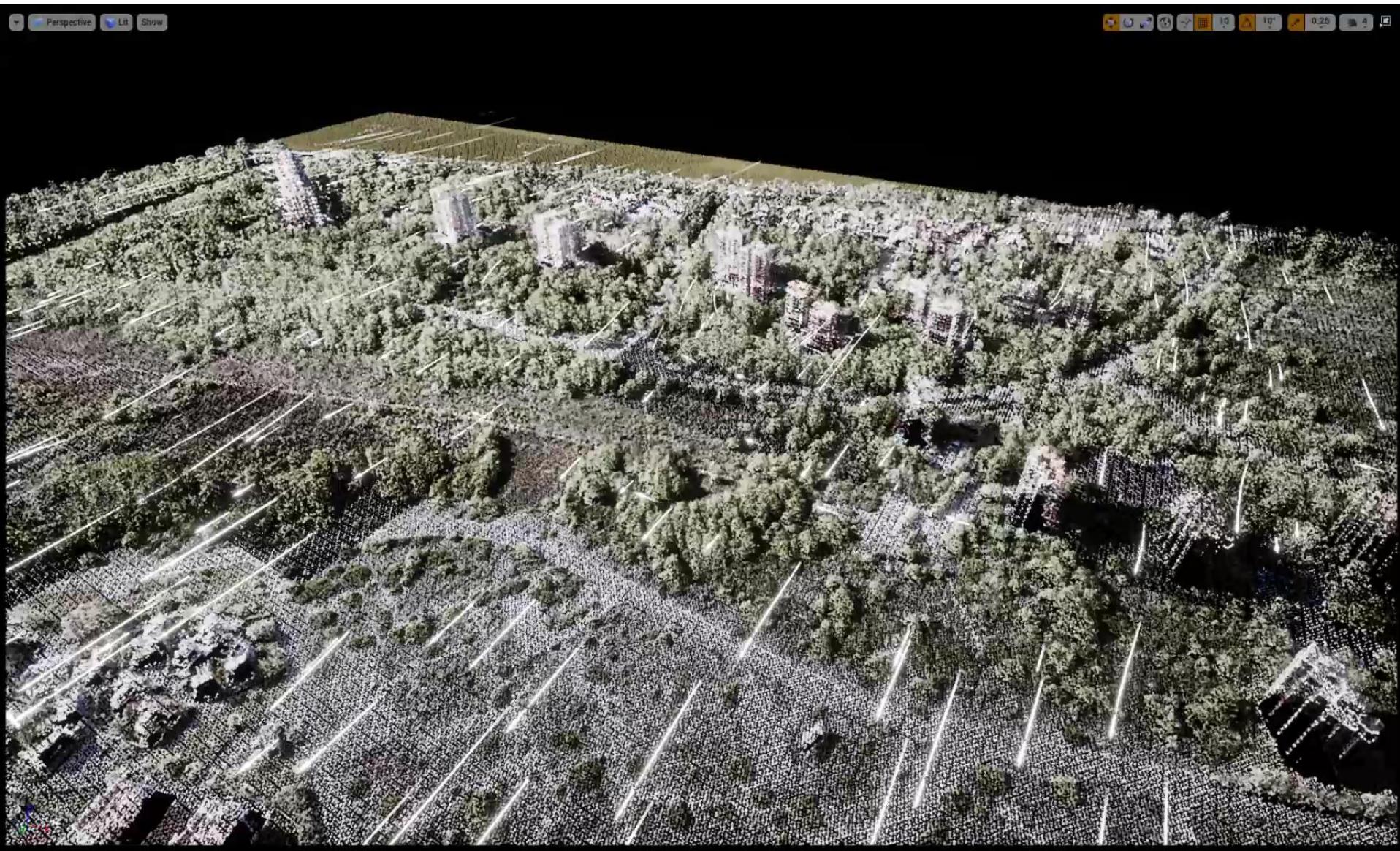
Densified point cloud



Modelos fotogramétricos



Modelos de nubes de puntos LiDAR



Representación de las viviendas

Importadas desde modelos CAD

Descripción de materiales

Desagregación en partes funcionales (puertas, ventanas etc.)



Representación de las viviendas

Integración en entornos naturales

Visualización arquitectónica



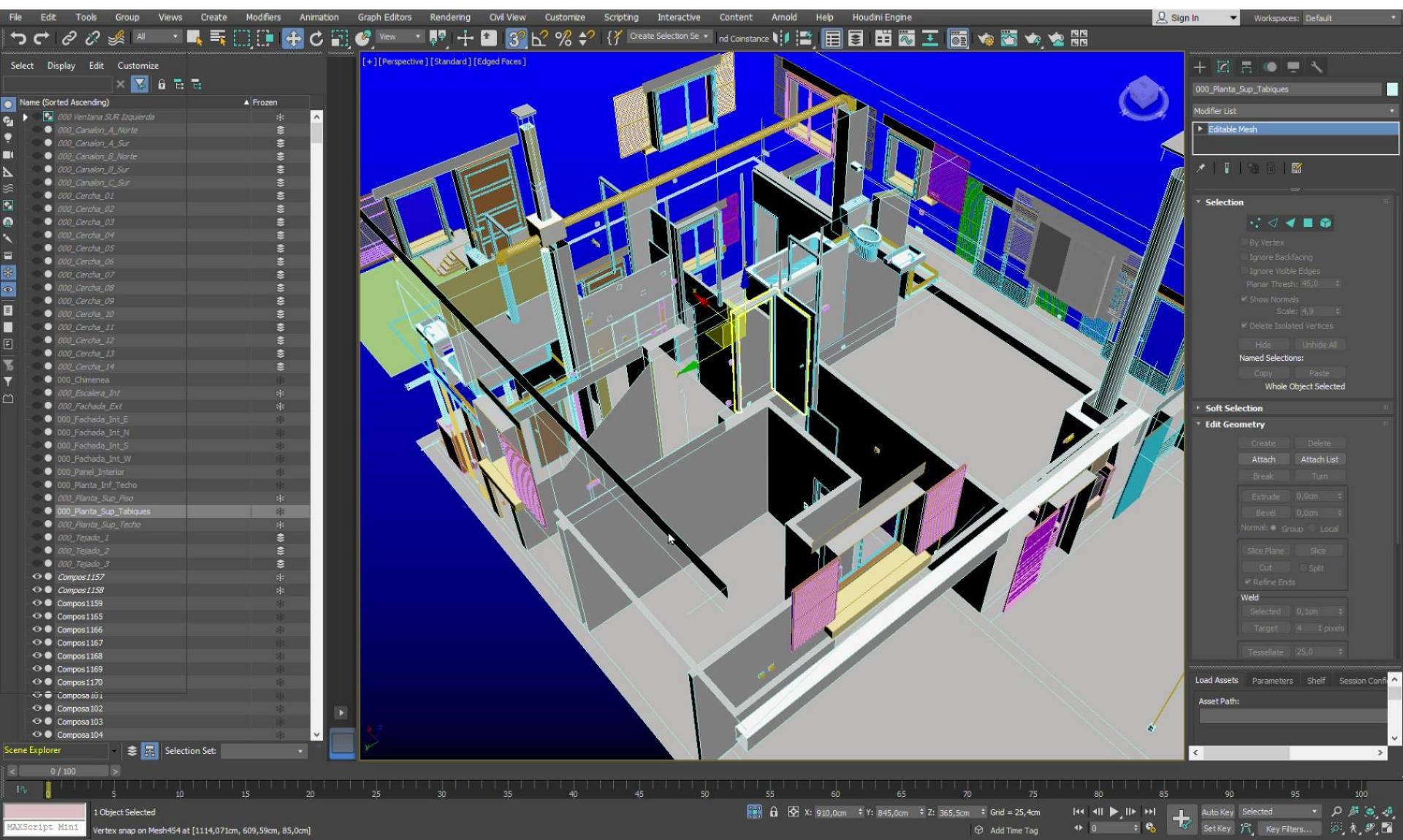
Representación de otros objetos

- Adaptación y refino de modelos 3D existentes (p.e. Sketchfab)
- Ajuste de la escala



Añadiendo movimiento y funcionalidad

- Disgregación de los objetos en partes funcionales
- Agregación de la jerarquía
- Agregación de los puntos de pivote y desplazamiento



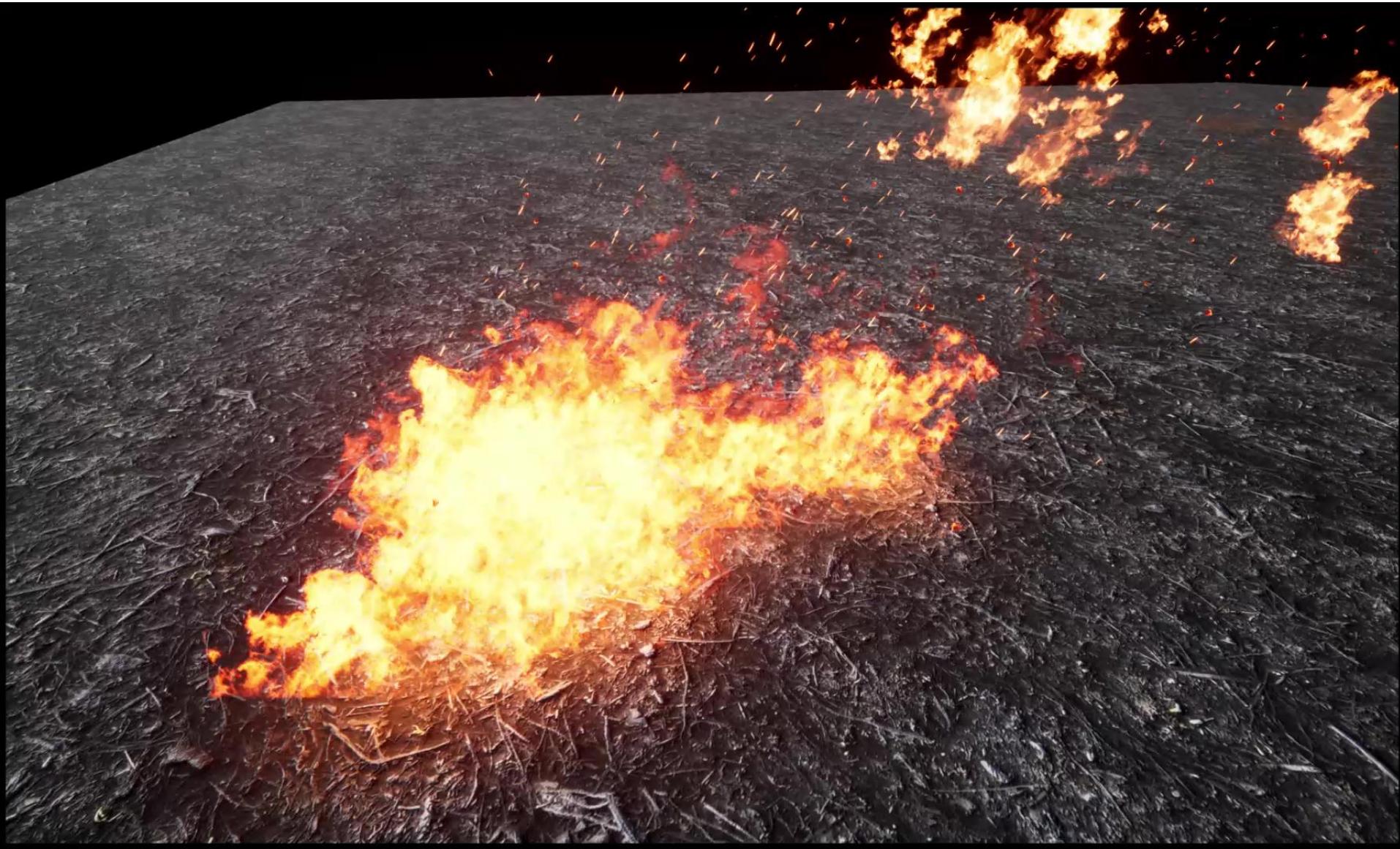
Representación del fuego - Billboard

Animaciones de fuego sobre planos que se intersecan, pero que son estáticos



Representación del fuego – Sprites y partículas

Animaciones de fuego sobre planos que los mueven un sistema de partículas



Representación del fuego – Sprites y partículas

Simulación de un dardo subsónico de un tanque GLP

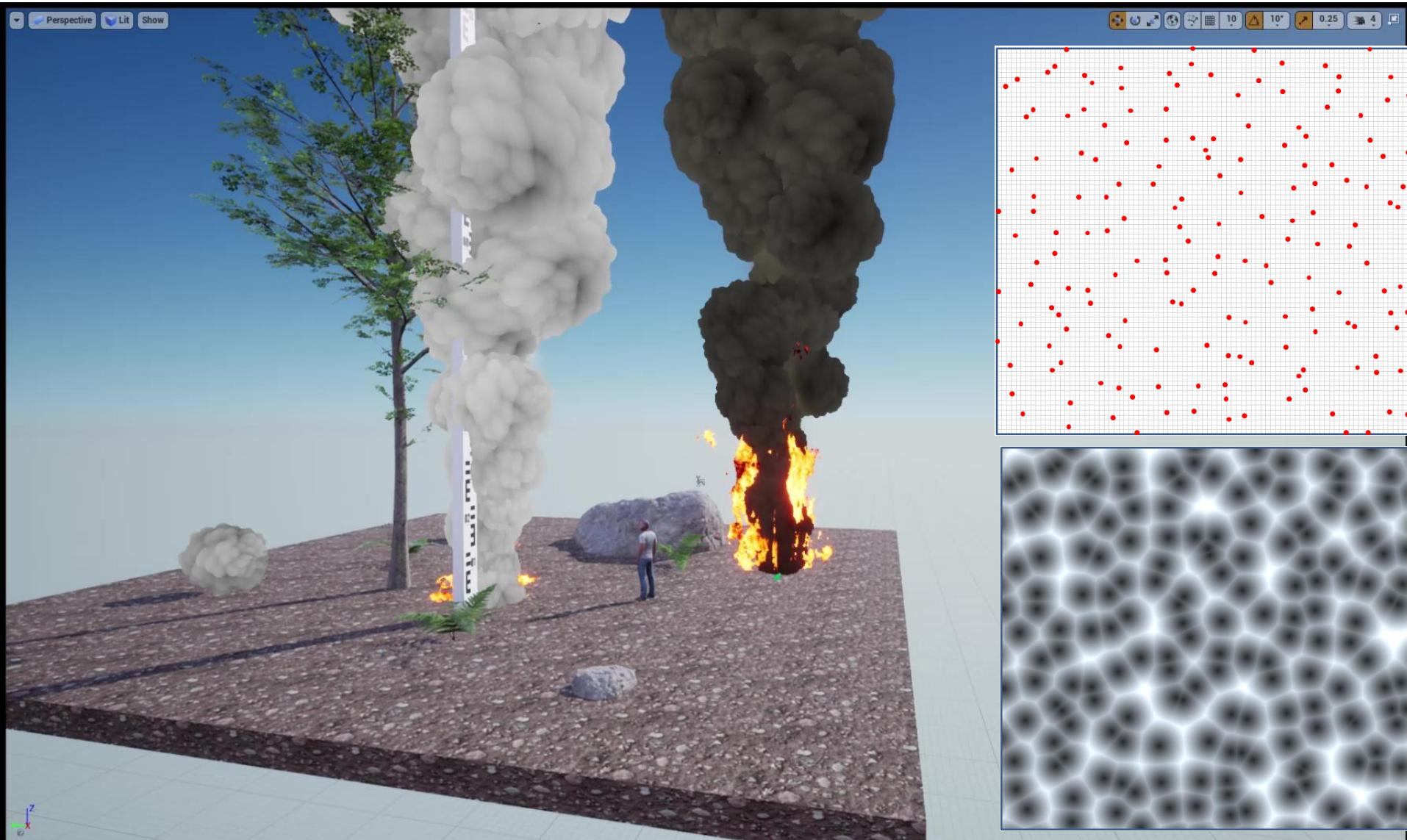


Representación del humo – Sprites y partículas



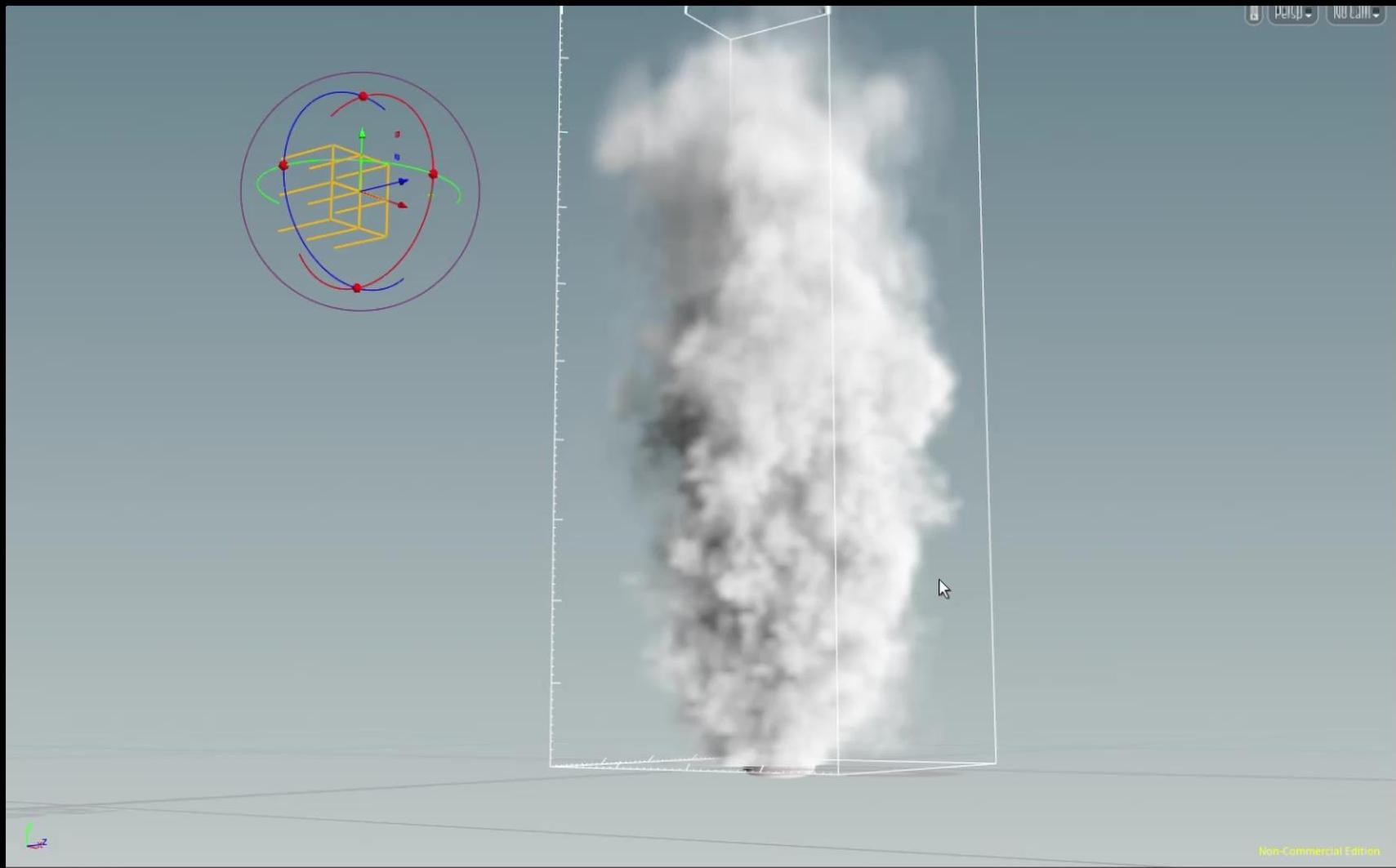
Representación del humo – Partículas y texturas Voronoi

Geometría base son esferas (puffs) que evolucionan (se expanden, suben, se mueven)
Textura que simula tridimensionalidad y dinámica



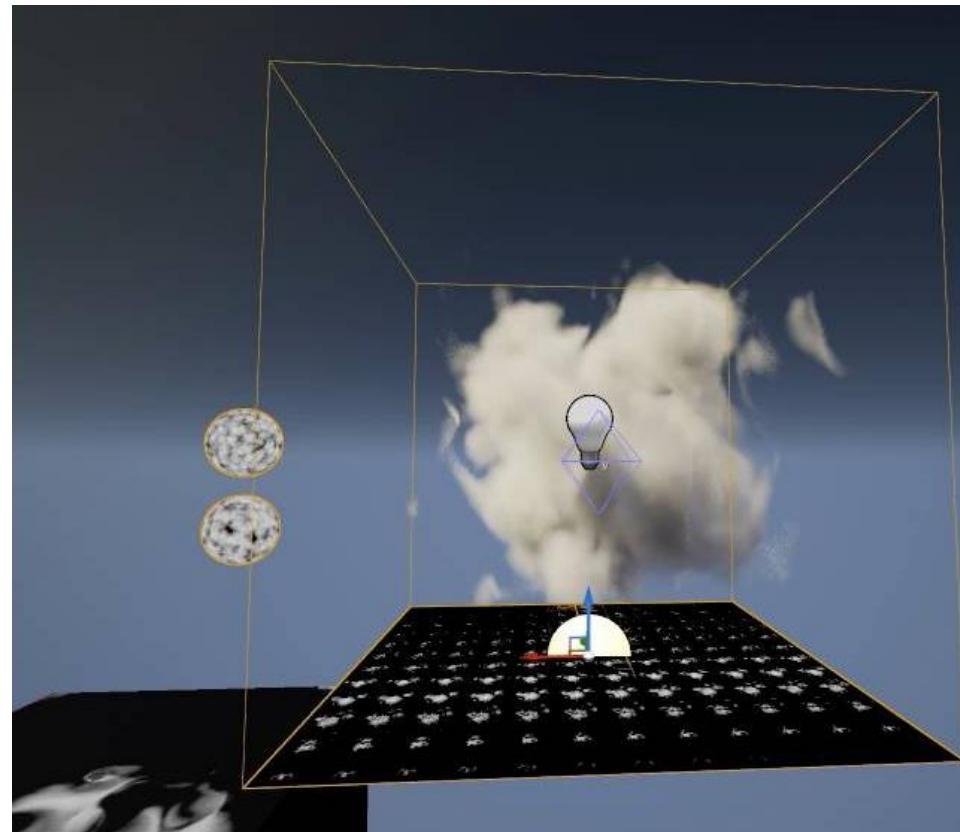
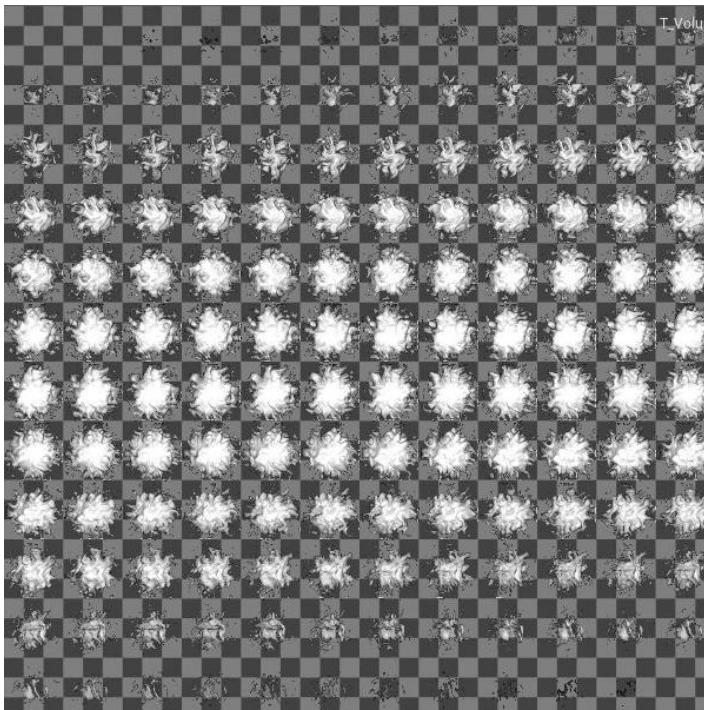
Representación del humo – Modelos termofluidodinámicos (Houdini Pyro)

Modelos fluidodinámicos parametrizados, fáciles de utilizar
Ajustes visuales (no numéricos)



Representación del humo – Texturas volumétricas

- Generamos columnas de humo según simulaciones (p.e. PUFF)
- Dividimos la columna de humo en rebanadas y extraemos una imagen 2D por cada una (parecido a un TAC)
- Reconstruimos el mapa tridimensional de densidad
- Aplicamos técnicas de Ray Marching (trazado de rayos de luz)
- Resultados muy realistas, se entremezclan volumétricamente con objetos
- Proceso costoso computacionalmente

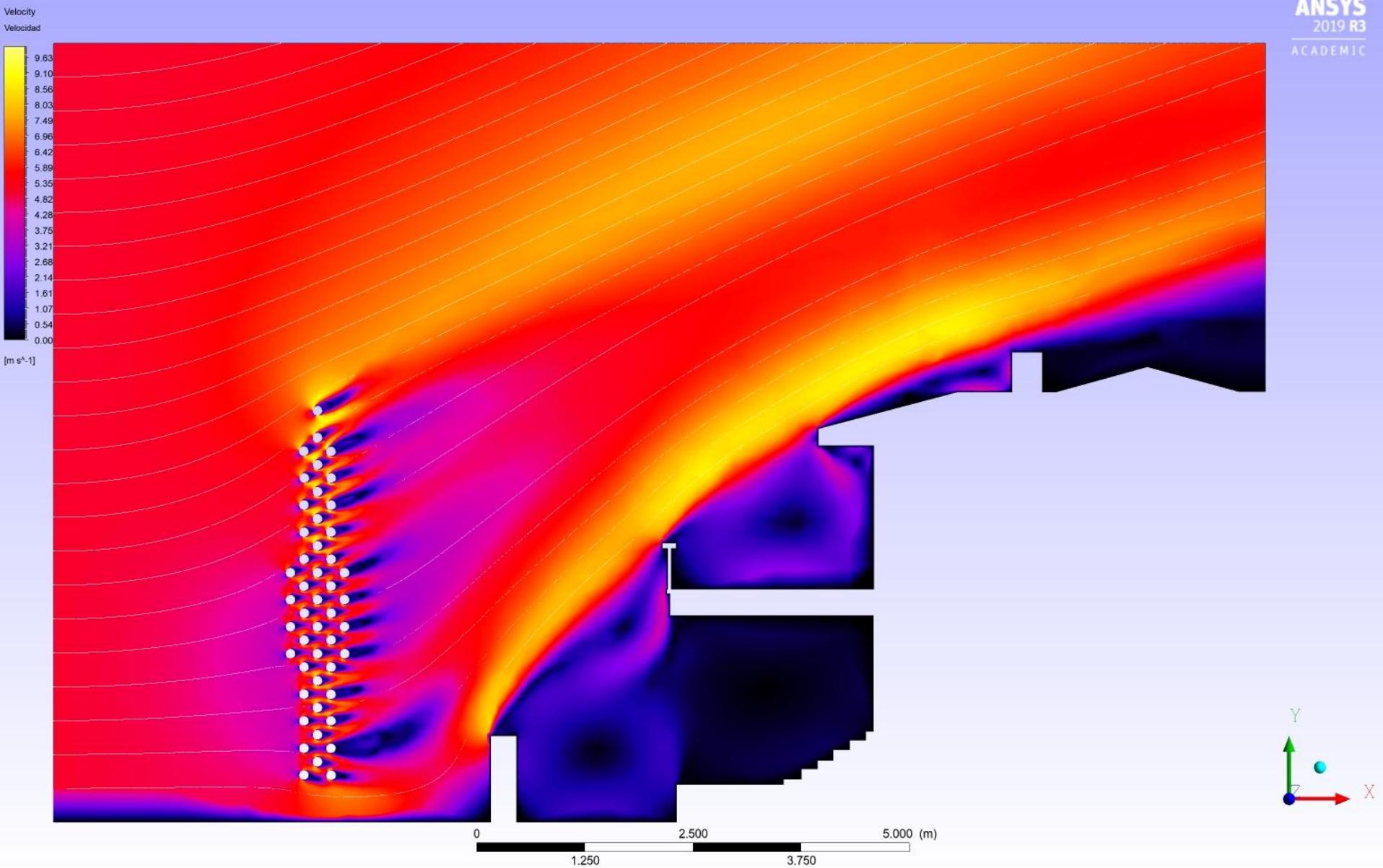


Representación del humo - Raymarching

Simulación de nube en tiempo real utilizando Ray Marching



Simulación sencilla de aerodinámica local (FLUENT)

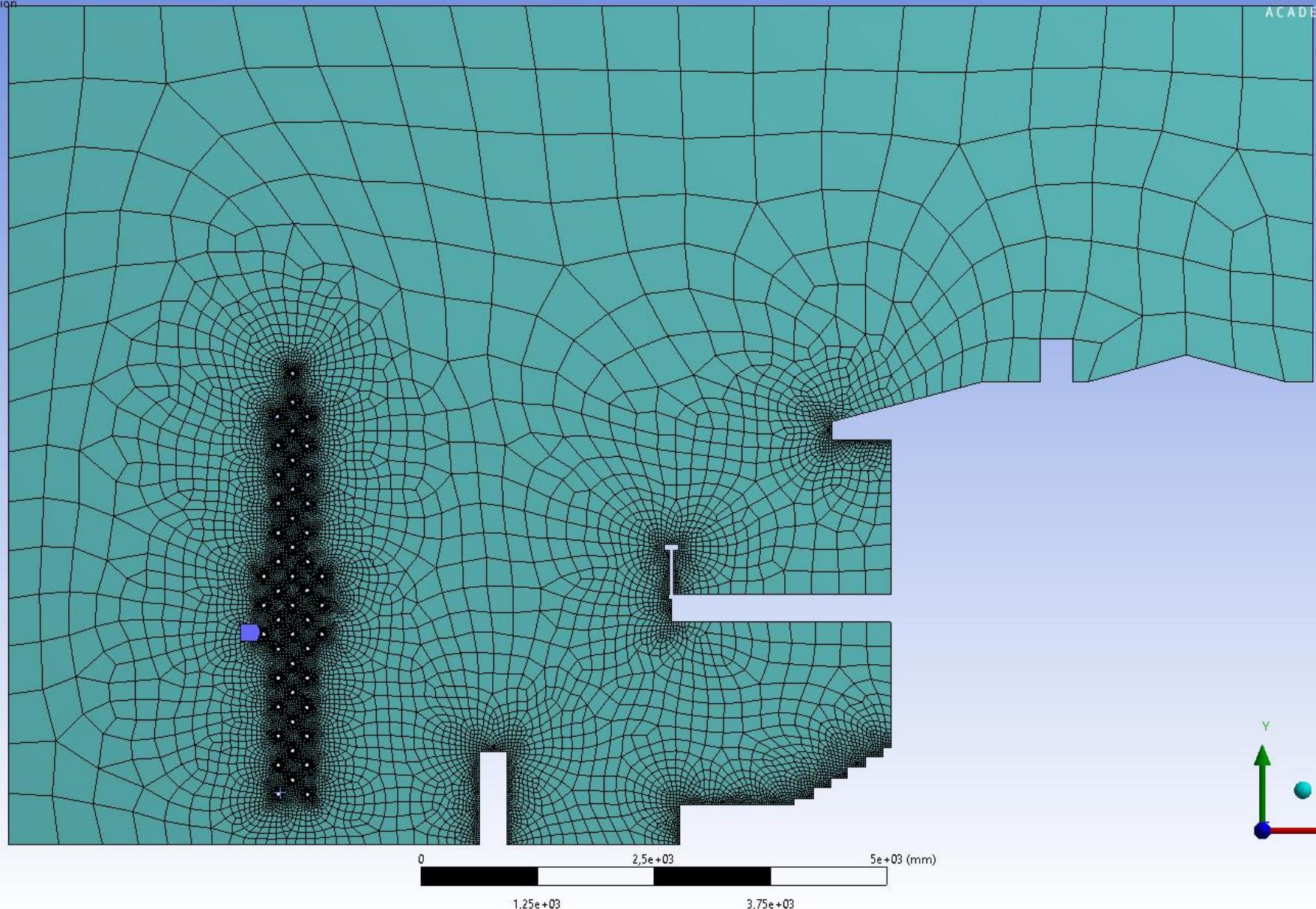


Simulación sencilla de aerodinámica local (FLUENT)

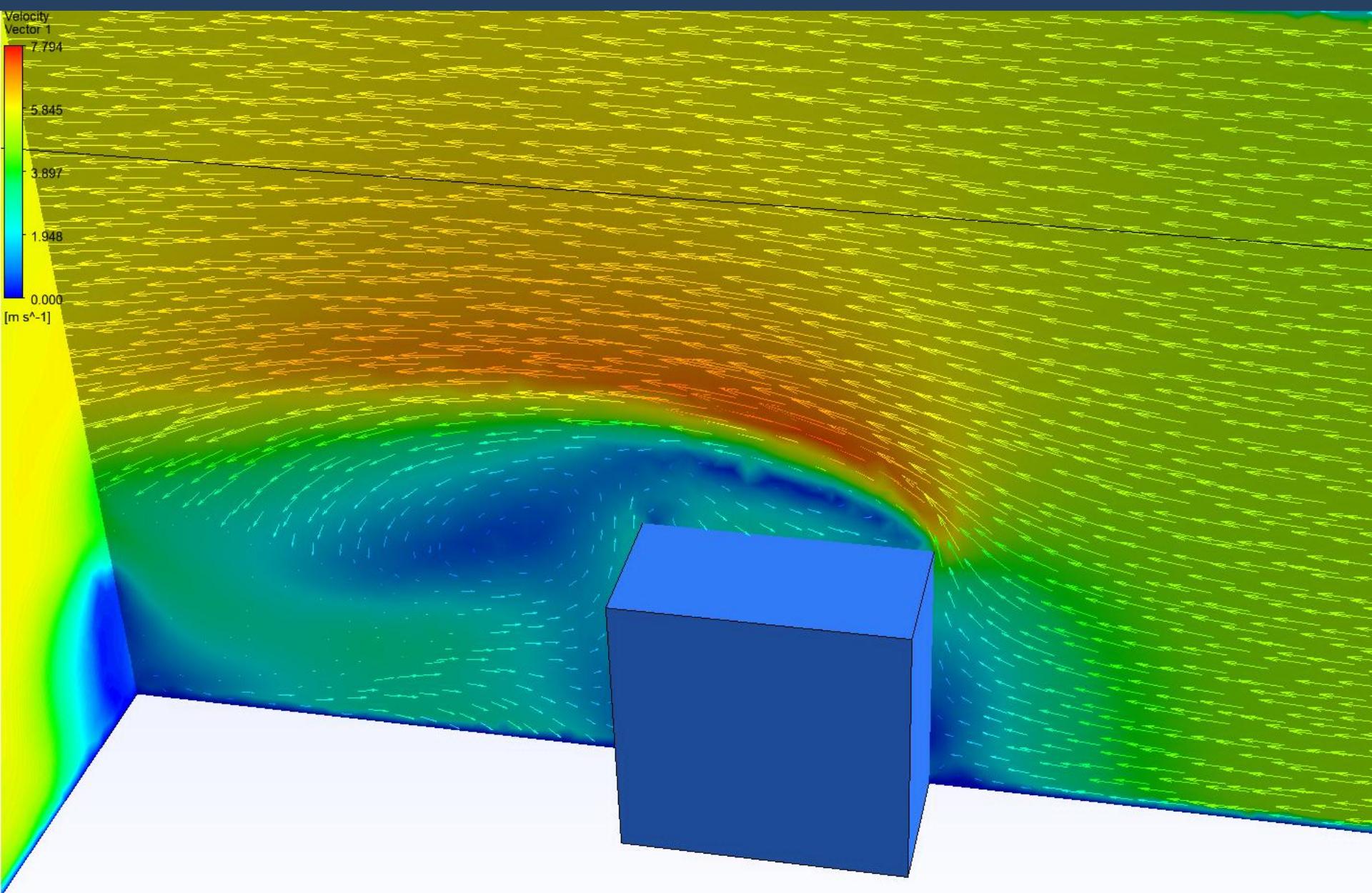
Inflation
17/04/2020 11:57

ANSYS
2019 R3

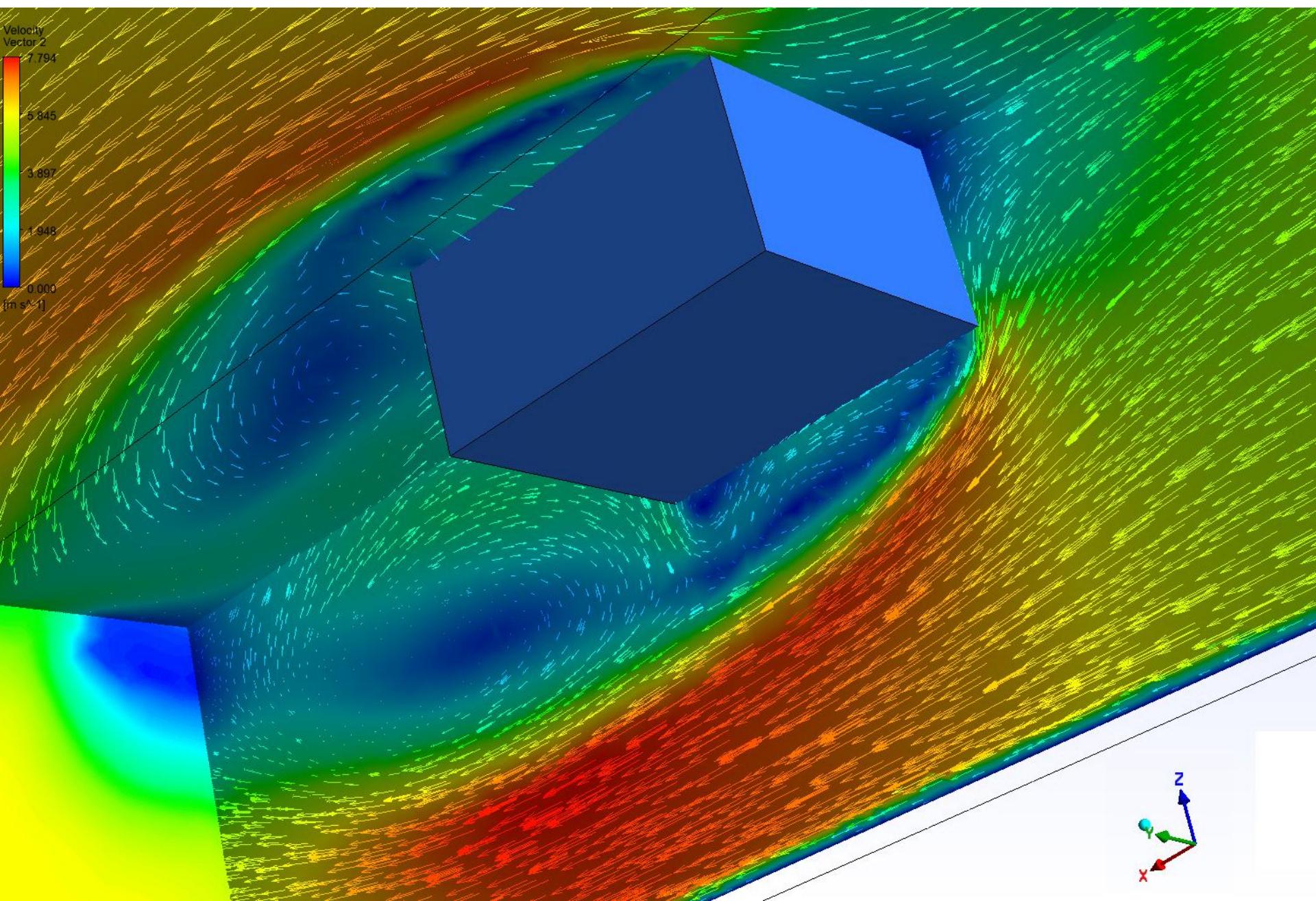
ACADEMIC



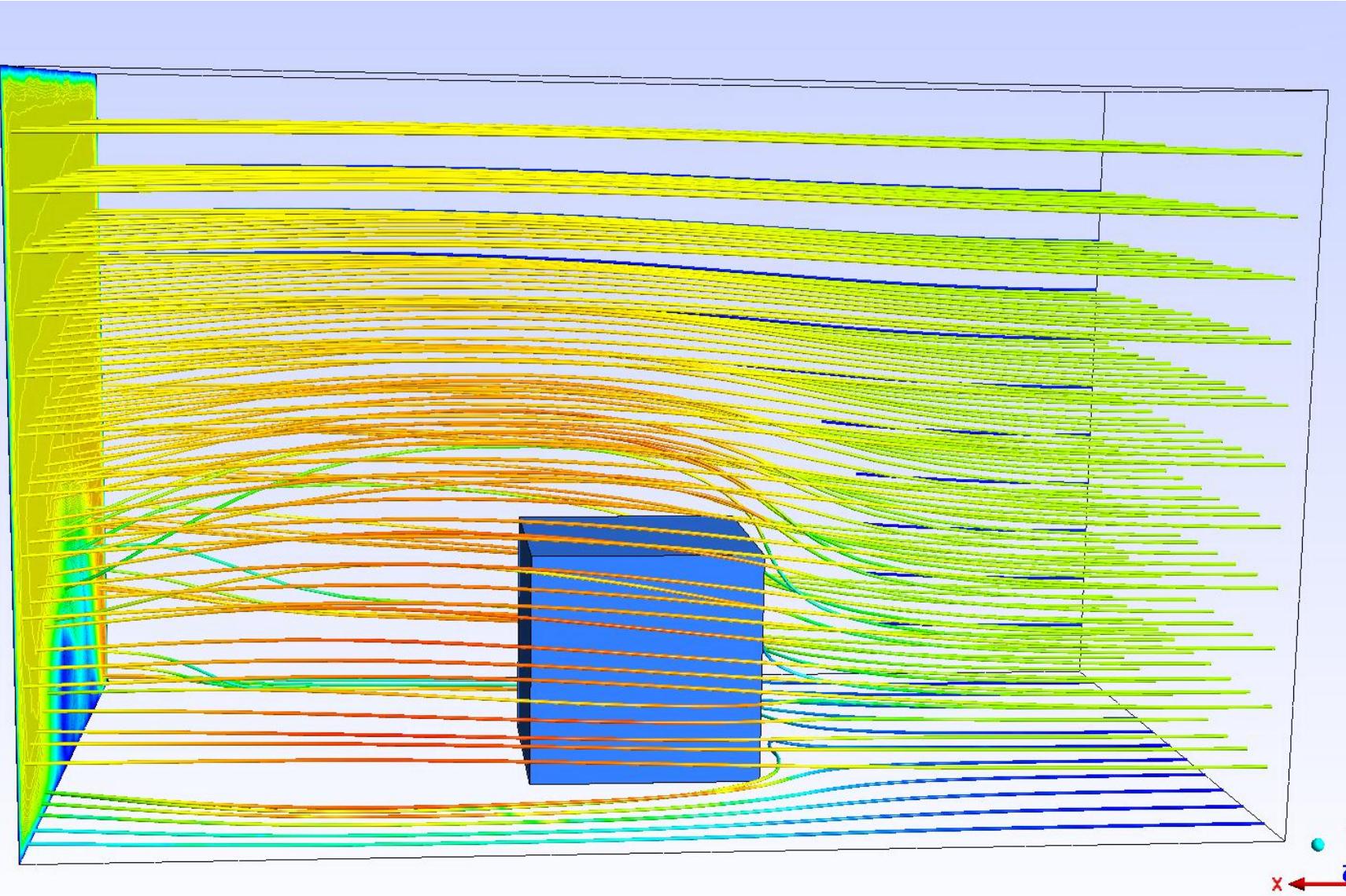
Simulación sencilla de aerodinámica local (FLUENT)



Simulación sencilla de aerodinámica local (FLUENT)

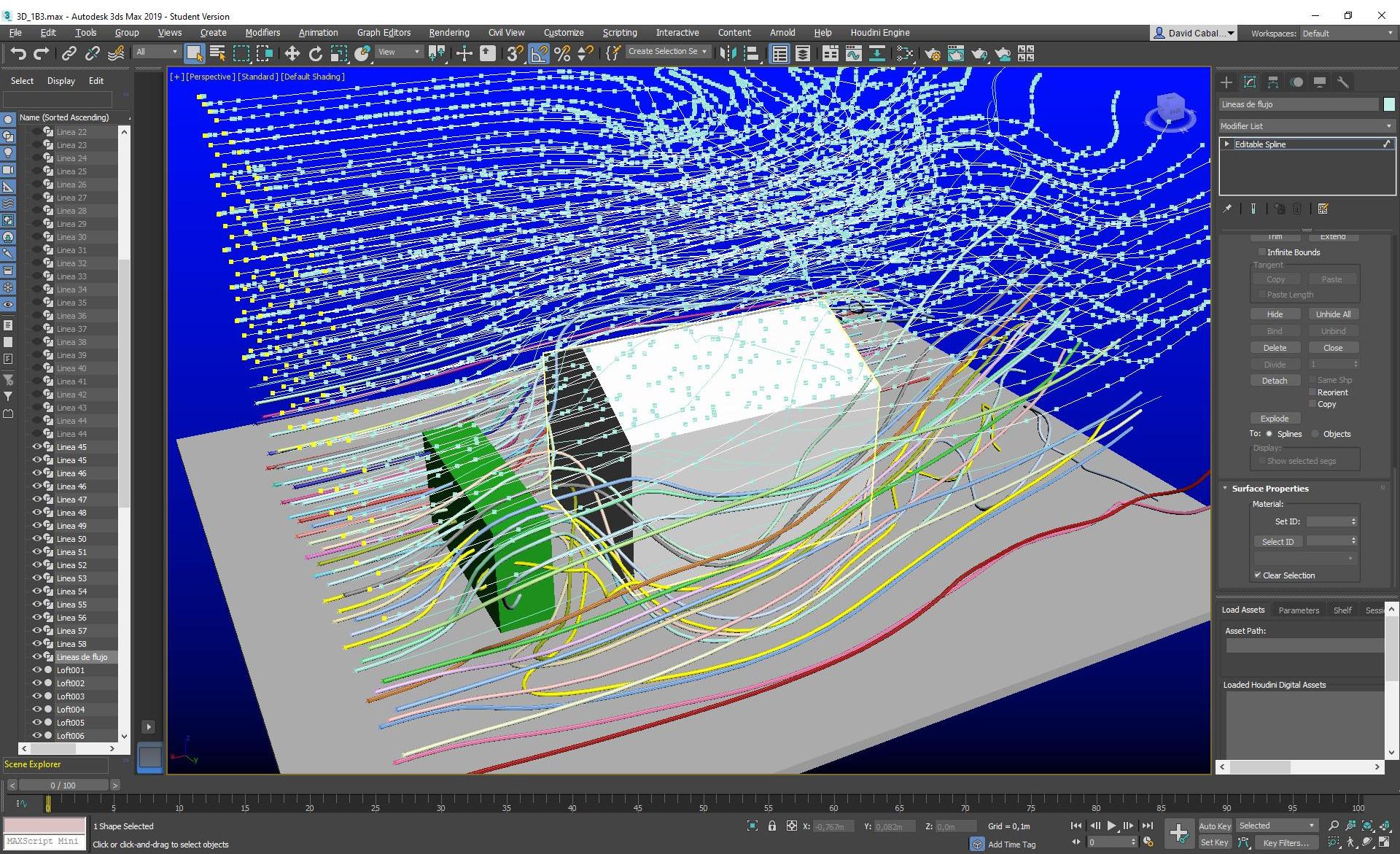


Simulación sencilla de aerodinámica local (FLUENT)

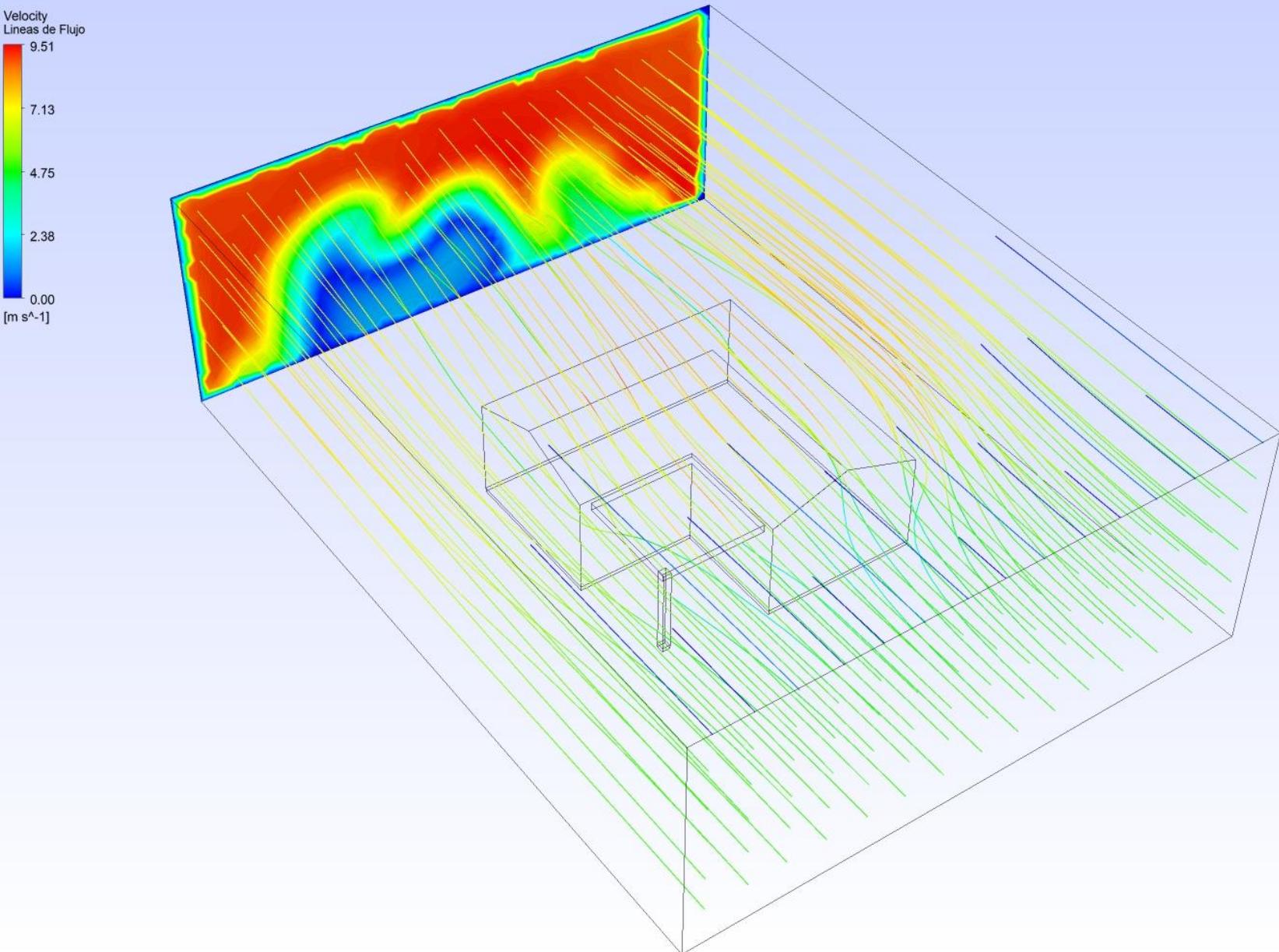


Simulación sencilla de aerodinámica local (FLUENT)

Importación de las líneas de flujo como objetos (espaguetis)



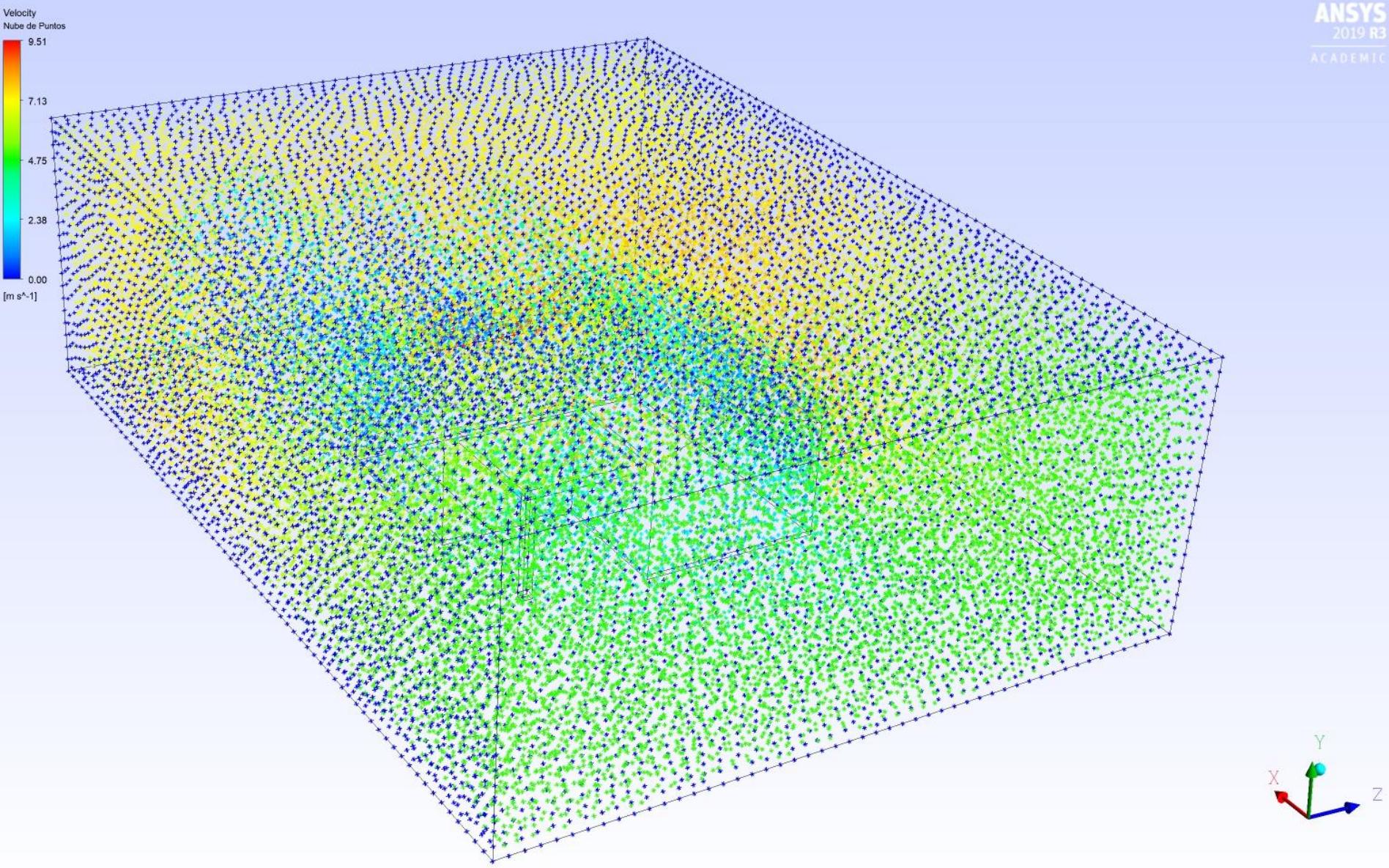
Simulación sencilla de aerodinámica local (FLUENT)



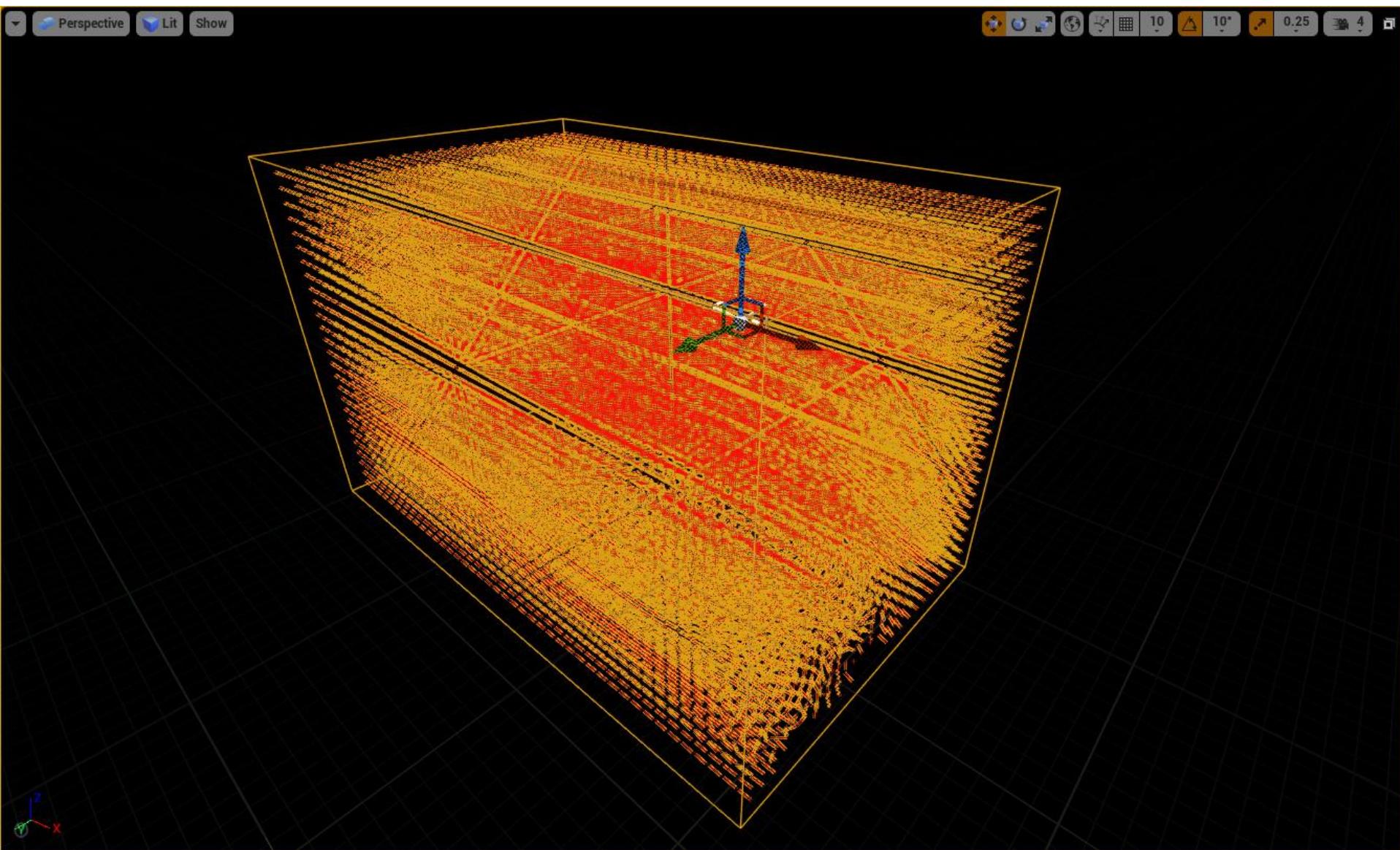
ANSYS
2019 R3
ACADEMIC

Simulación sencilla de aerodinámica local (FLUENT)

Muestreo y exportación del volumen de cálculo



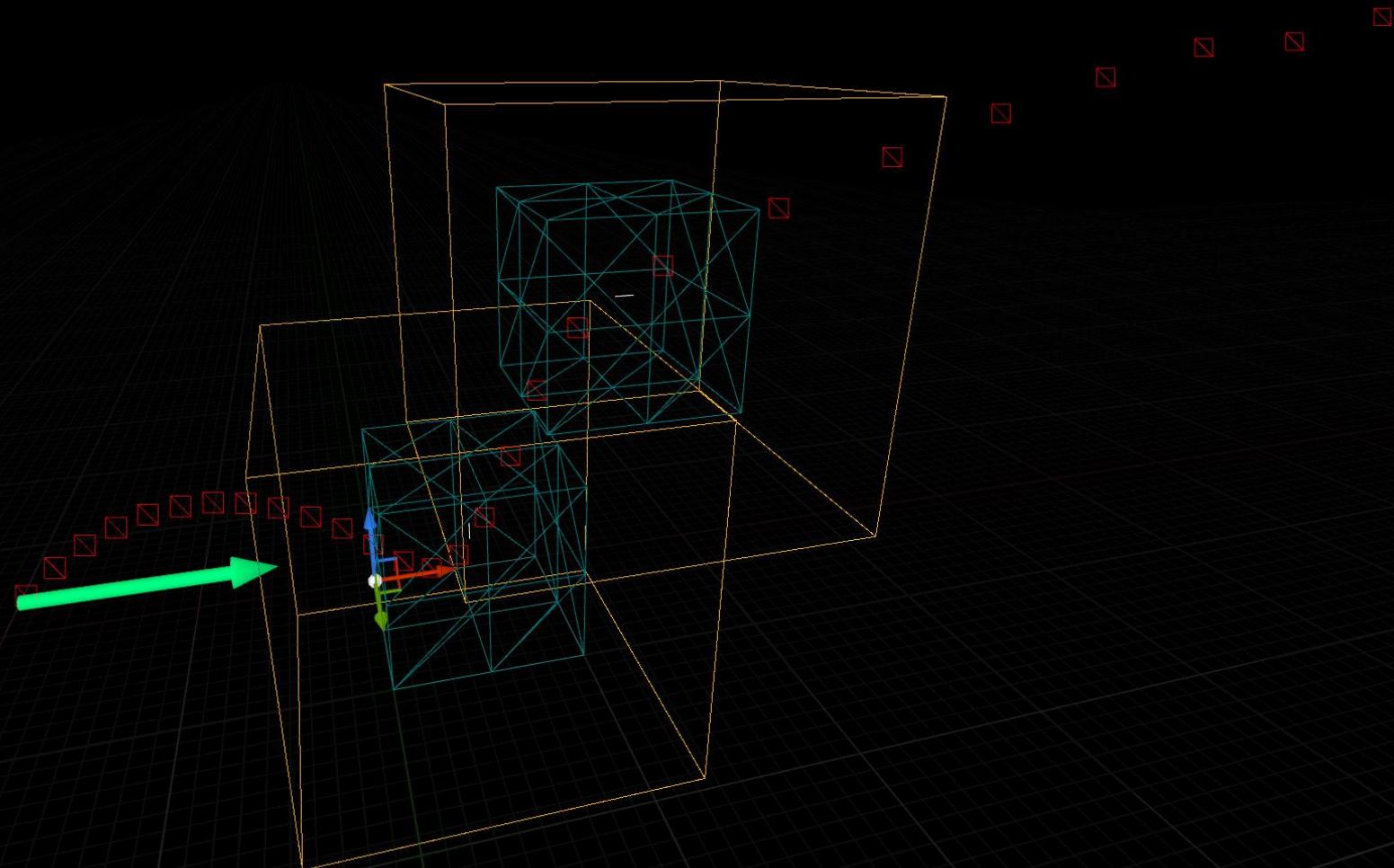
Representación de pavesas – Modelos híbridos



Representación de pavesas – Modelos híbridos

Importación e integración de campos de vectores (fuerzas, velocidades)

<https://youtu.be/tOYoPzZOORg>



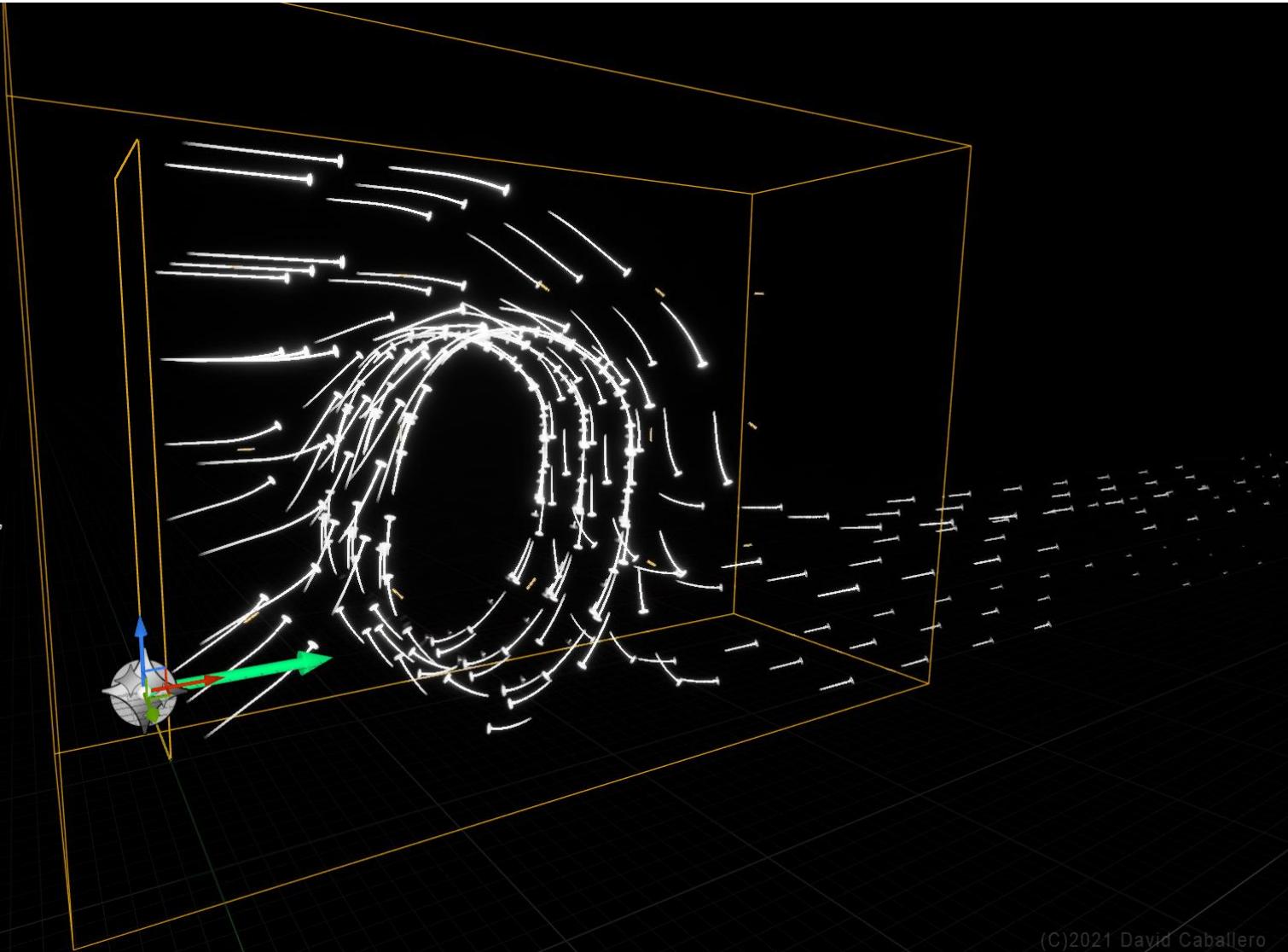
Representación de pavesas – Modelos híbridos

Prueba de campos rotacionales importados desde ficheros FGA

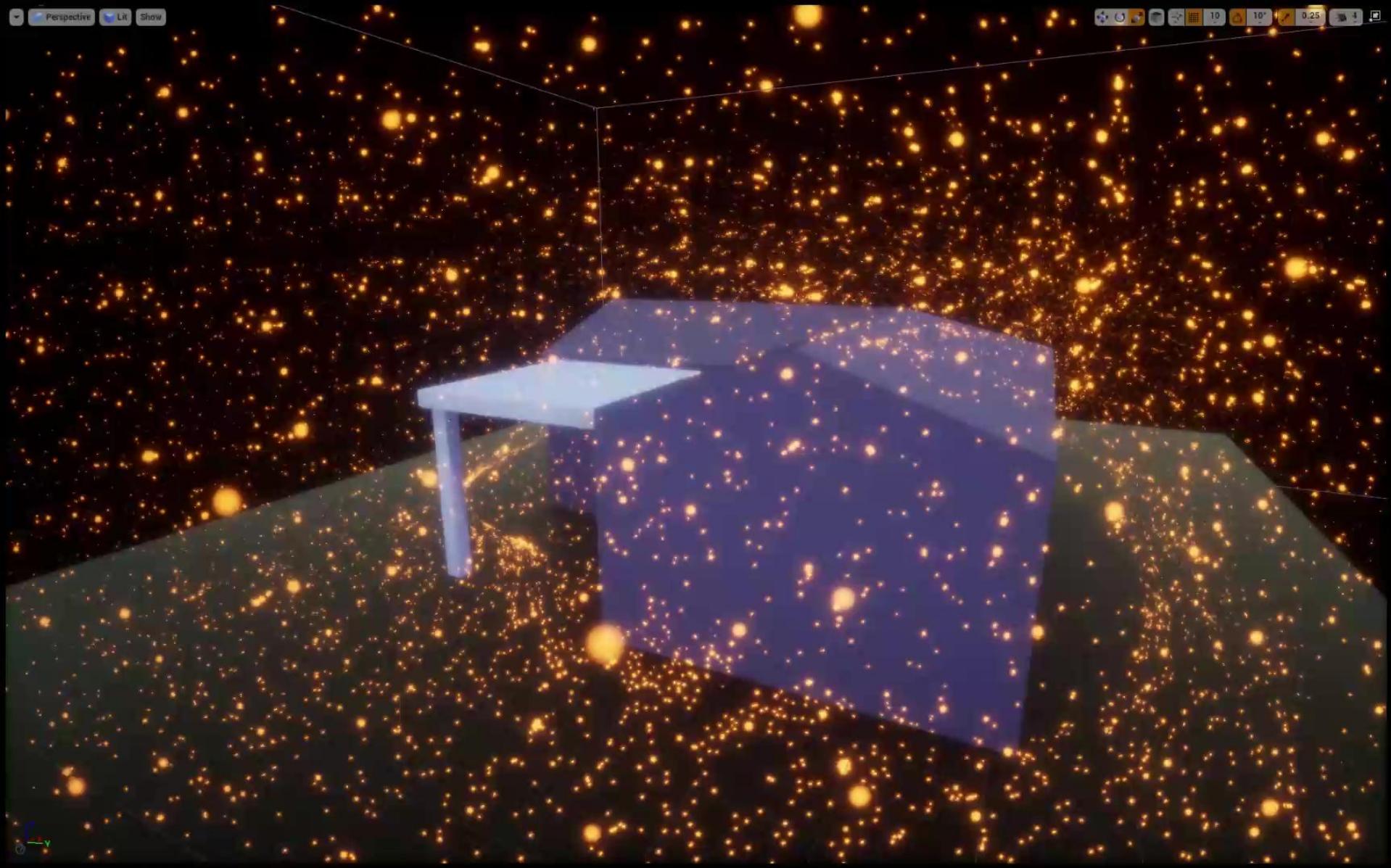
Eulerian-Lagrangian approach for the simulation
of a rotational vector field
in real-time particle movement

FGA File

| | |
|------------------|--------------|
| Nx, Ny, Nz | 5,1,3, |
| BBxi, BByi, BBz | 0,0,0, |
| BBxf, BBYf, BBzf | 500,100,300, |
| V1x, V1y, V1z | 86,0,50, |
| V2x, V2y, V2z | -70,0,70, |
| V3x, V3y, V3z | -70,0,-70, |
| V4x, V4y, V4z | 86,0,-50, |
| V5x, V5y, V5z | 100,0,0, |
| V6x, V6y, V6z | 100,0,0, |
| V7x, V7y, V7z | 0,0,100, |
| V8x, V8y, V8z | 0,0,0, |
| V9x, V9y, V9z | 0,0,-100, |
| V10x, V10y, V10z | 86,0,-50, |
| V11x, V11y, V11z | 100,0,0, |
| V12x, V12y, V21z | 100,0,0, |
| V13x, V13y, V13z | 86,0,-50, |
| V14x, V14y, V14z | 86,0,50, |
| V15x, V15y, V15z | 100,0,0, |

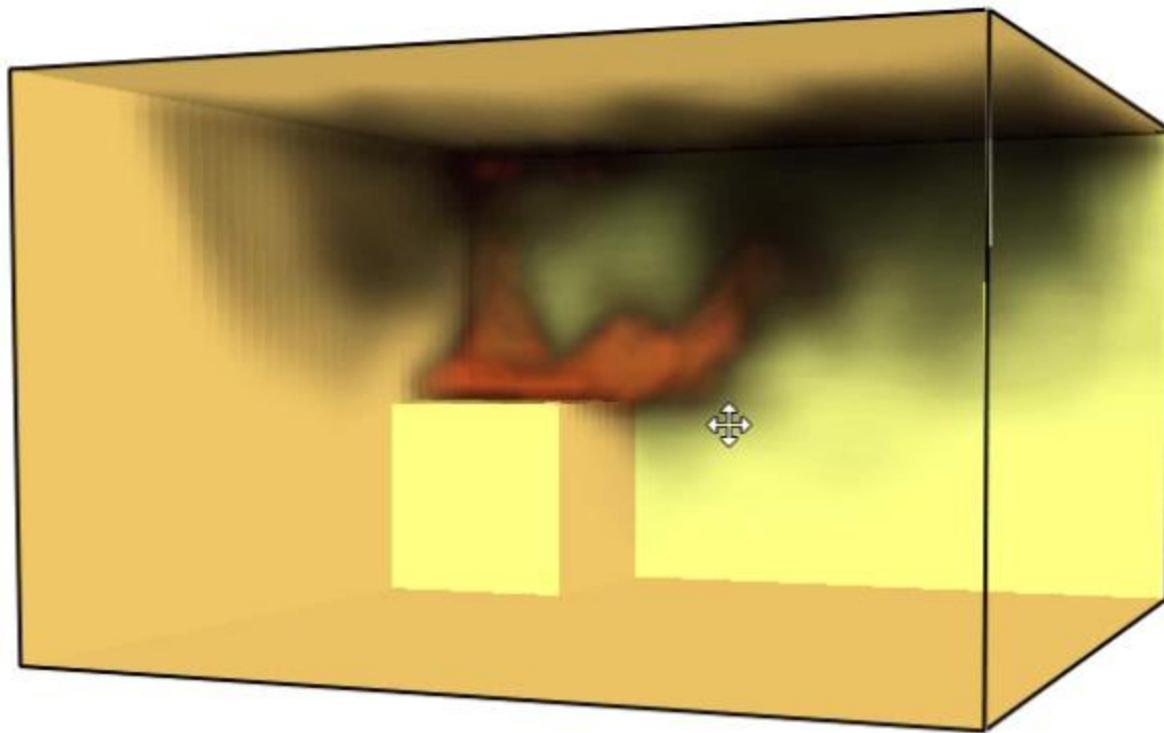


Representación de pavesas – Modelos híbridos



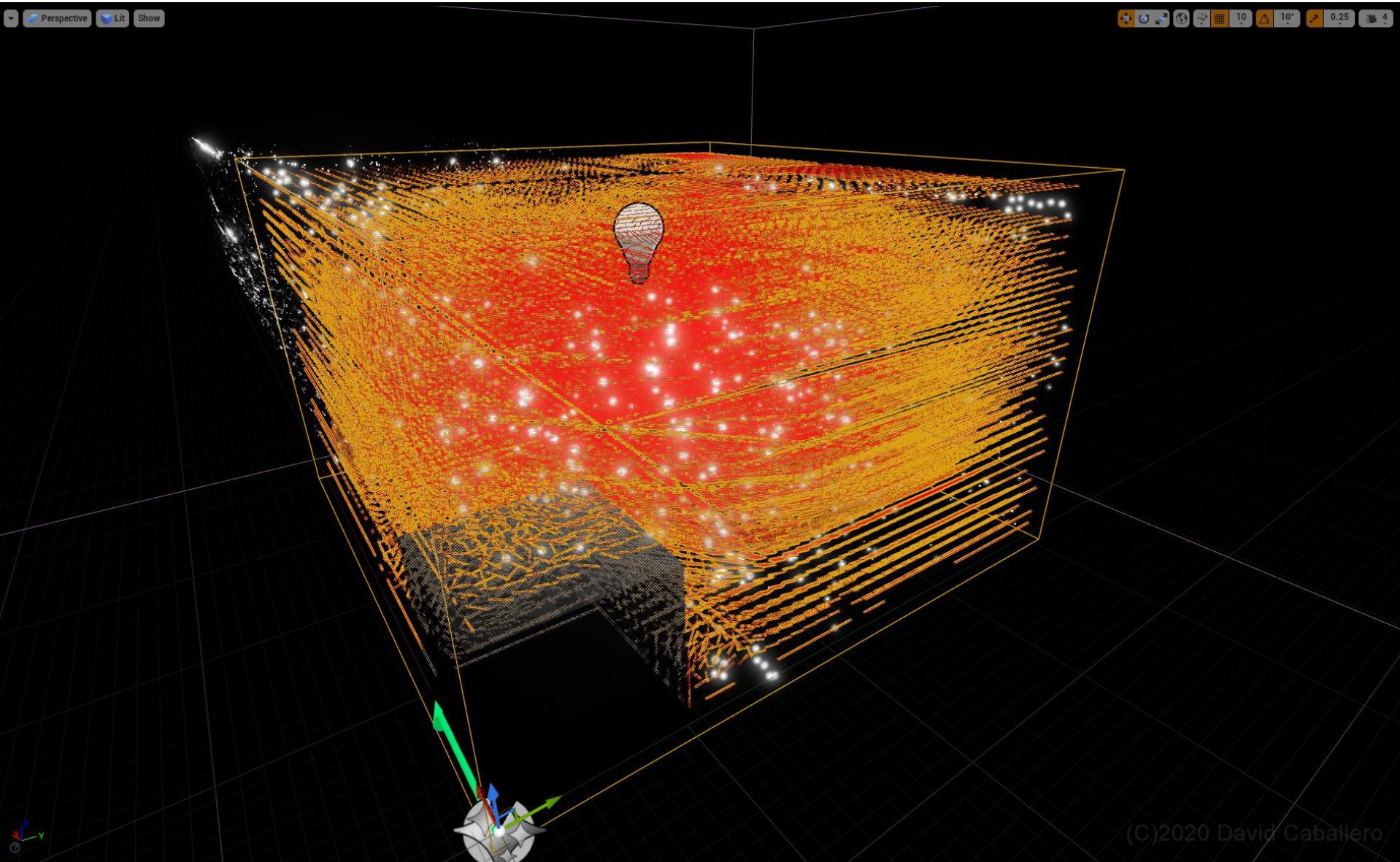
Simulación termofluidodinámica (FDS)

Smokeview SMV6.7.5-0-g92555b8 - Feb 13 2019

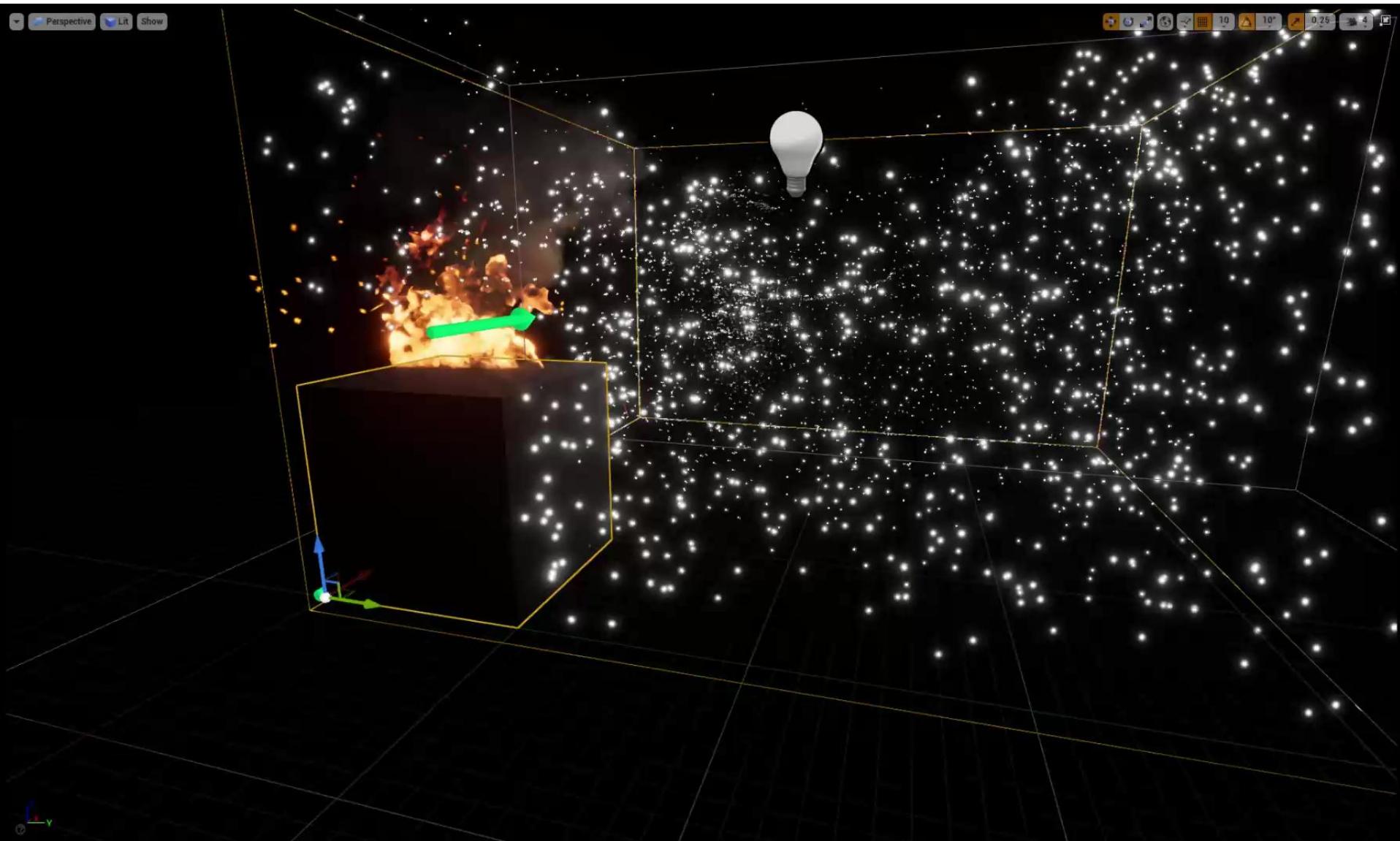


Time: 13.7

Simulación termofluidodinámica (FDS)

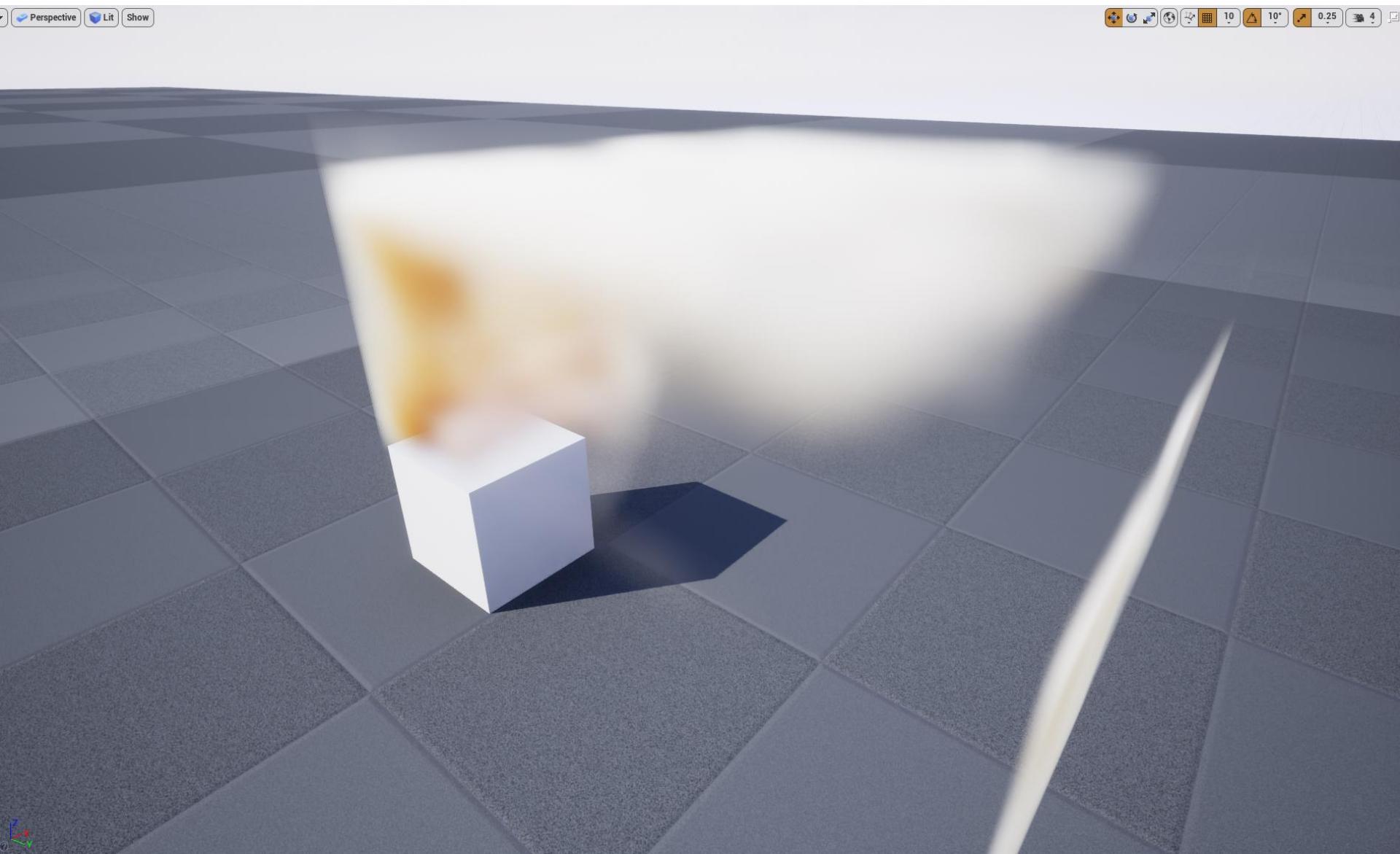


Simulación termofluidodinámica (FDS)

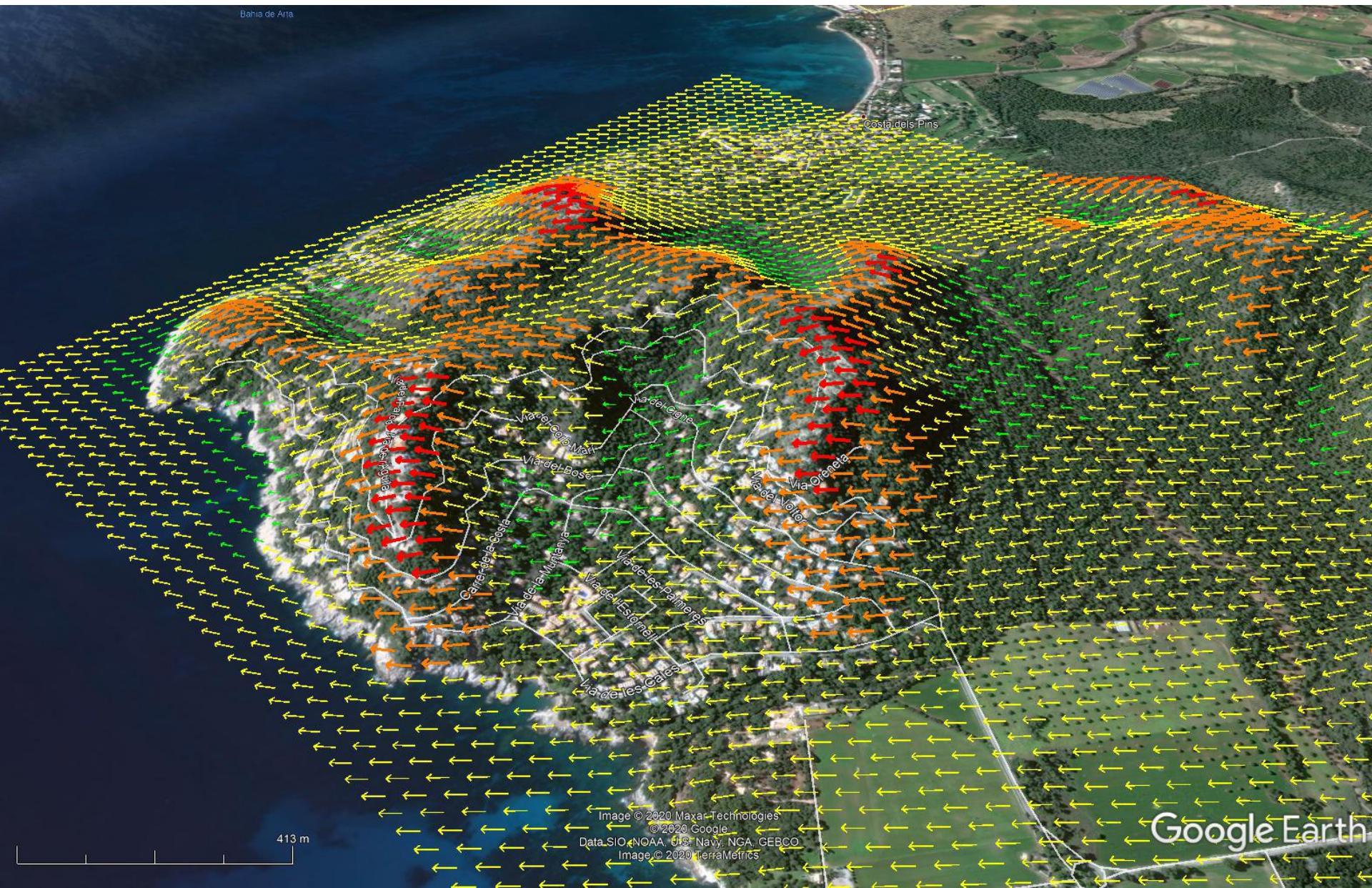


Simulación termofluidodinámica (FDS)

Importación del campo escalar de densidad de humo como textura volumétrica
Cálculo del efecto nube en tiempo real utilizando Ray Marching



Simulación sencilla de vientos Windninja



Simulación sencilla de vientos Windninja

Importación del campo de vectores viento

Generación de sistemas de partículas

Generación de trazadoras



Simulación sencilla de vientos Windninja

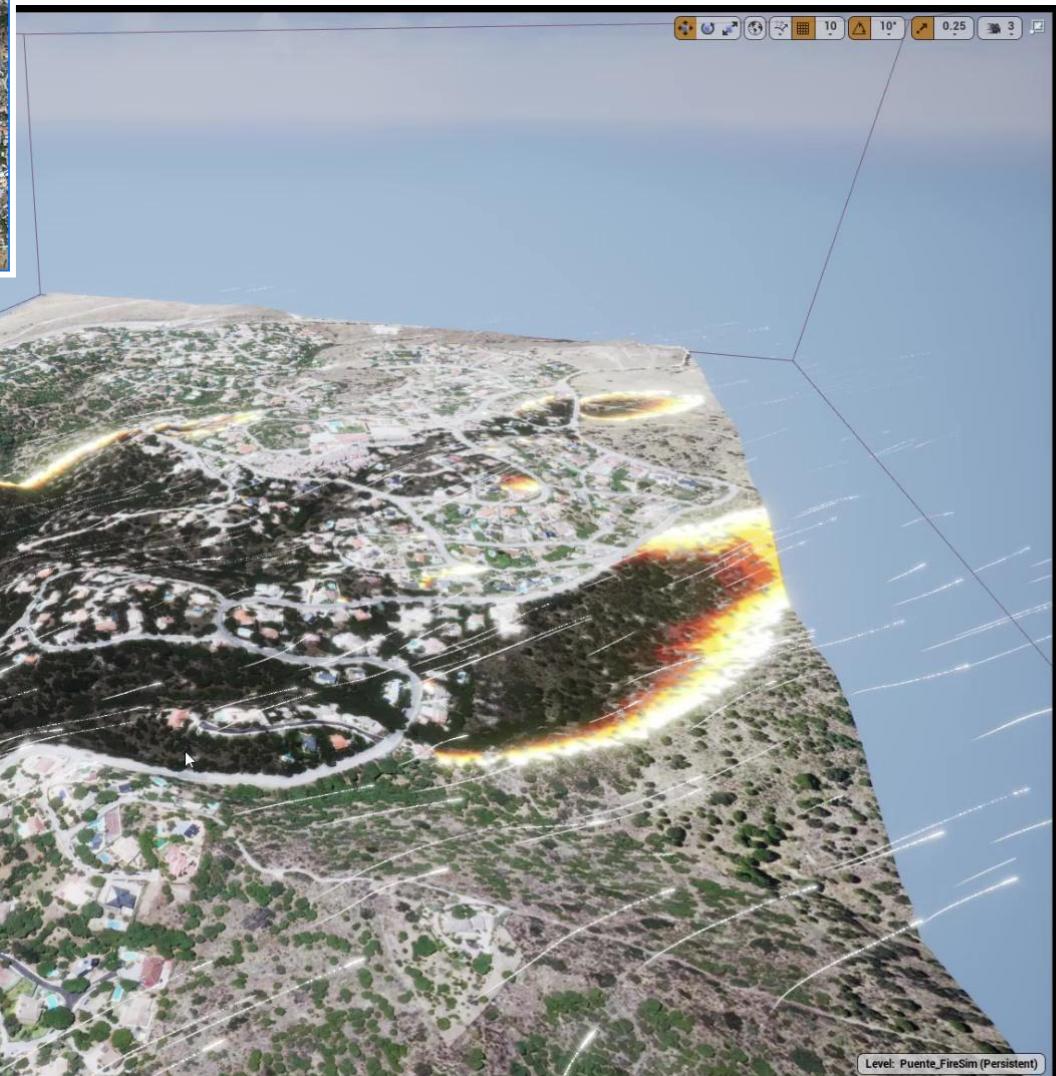
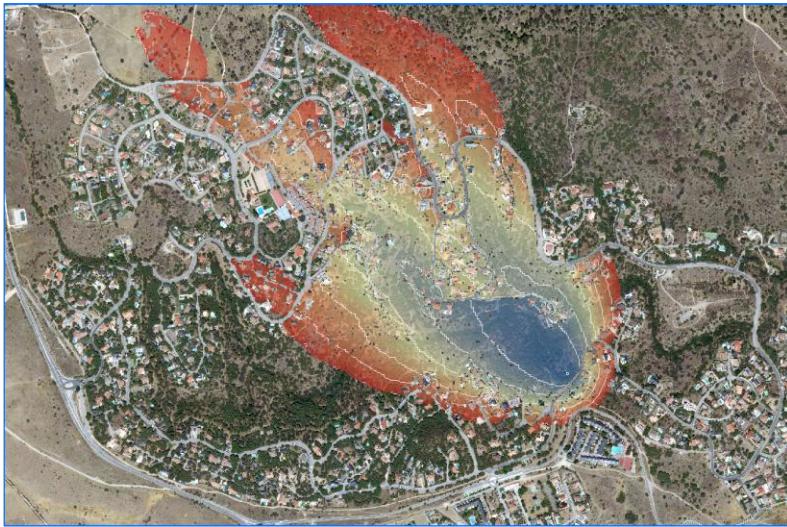


Simulación sencilla de vientos Windninja

Rafina-Mati area
Windninja simulation
W 90 kph at 10 m

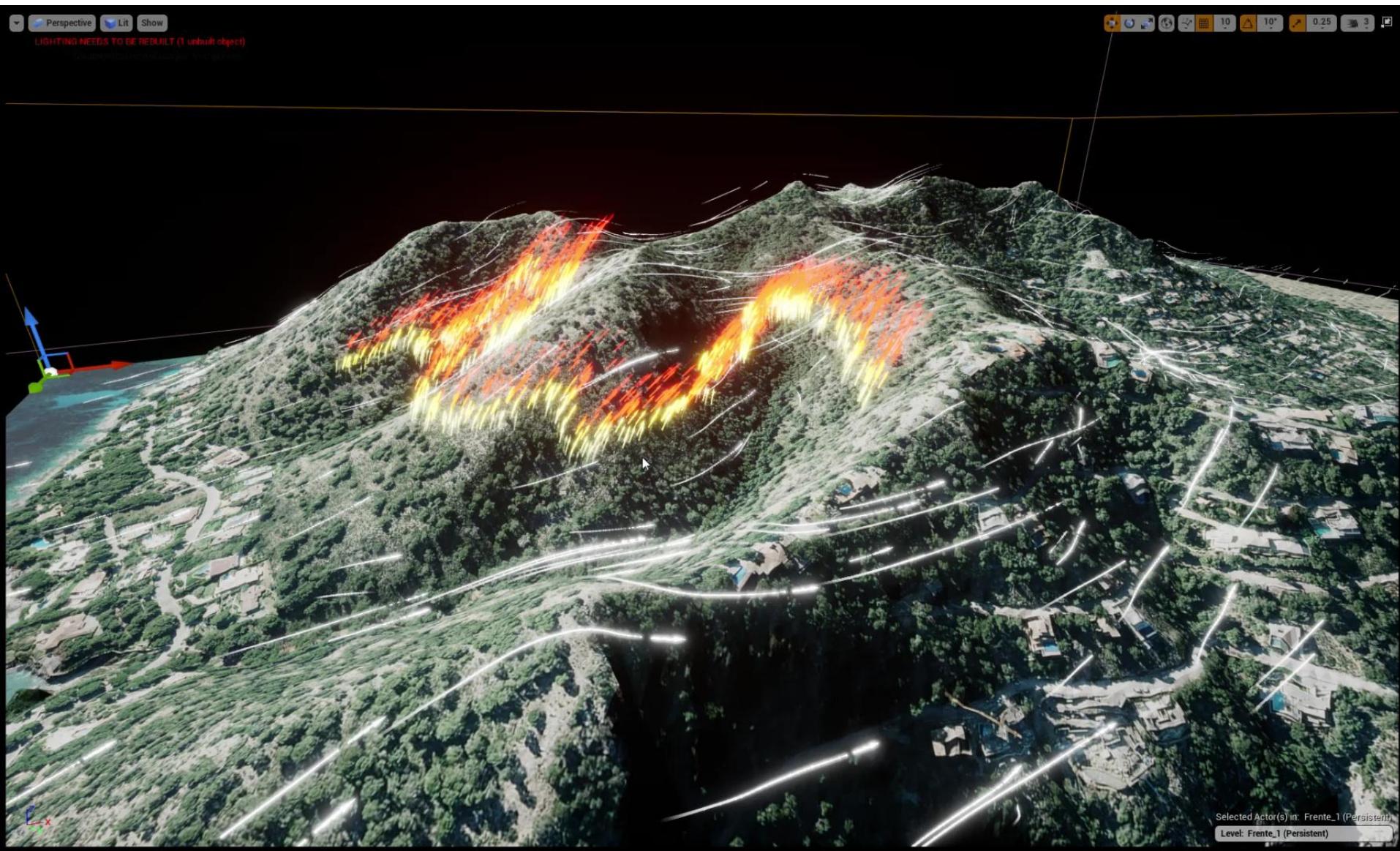


Simulación sencilla de incendios (2D -> 3D)



Simulación sencilla de incendios (2D -> 3D) - Partículas

Distancia vertical de las partículas en función del alto de llama
Movimiento gobernado por el campo de vientos



Simulación sencilla de incendios (2D -> 3D) – Partículas y Sprites

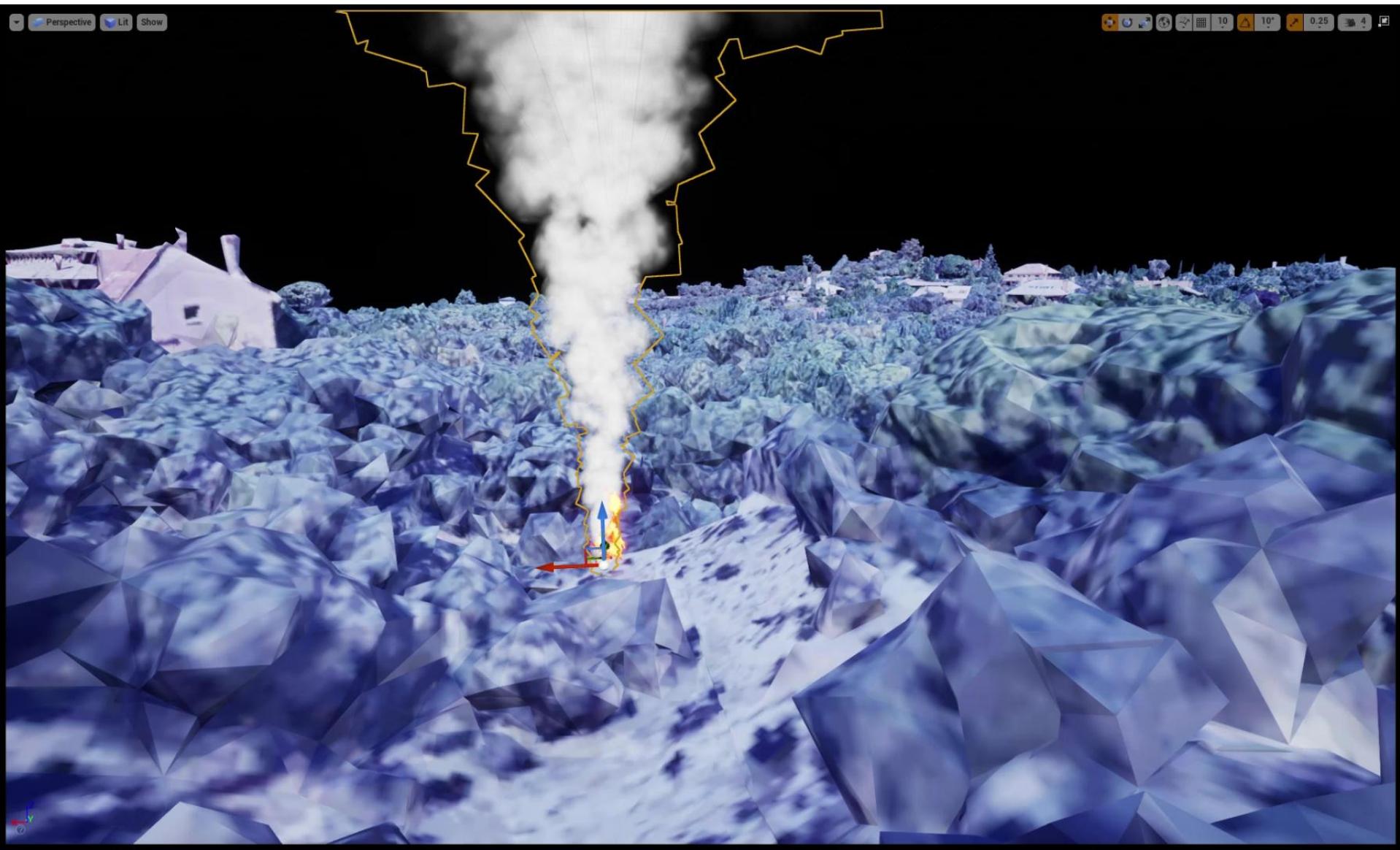
Sustitución por frentes de sprites movidos por partículas



Ejemplos de escenarios



Ejemplos de escenarios



Ejemplos de escenarios



Ejemplos de escenarios



Ejemplos de escenarios



Ejemplos de escenarios



Ejemplos de escenarios

Preimpacto de incendio en microescala IUF



Impacto de incendio en microescala de IUF



Gemelos digitales – Virtual Operation and Control Room

Maqueta 1:1000, simulaciones (fuego, humo, pavesas, medios, viento etc.)

Conexiones a Internet (SDI, servicios meteo etc.)

Imágenes y vídeos

Plataforma SIG



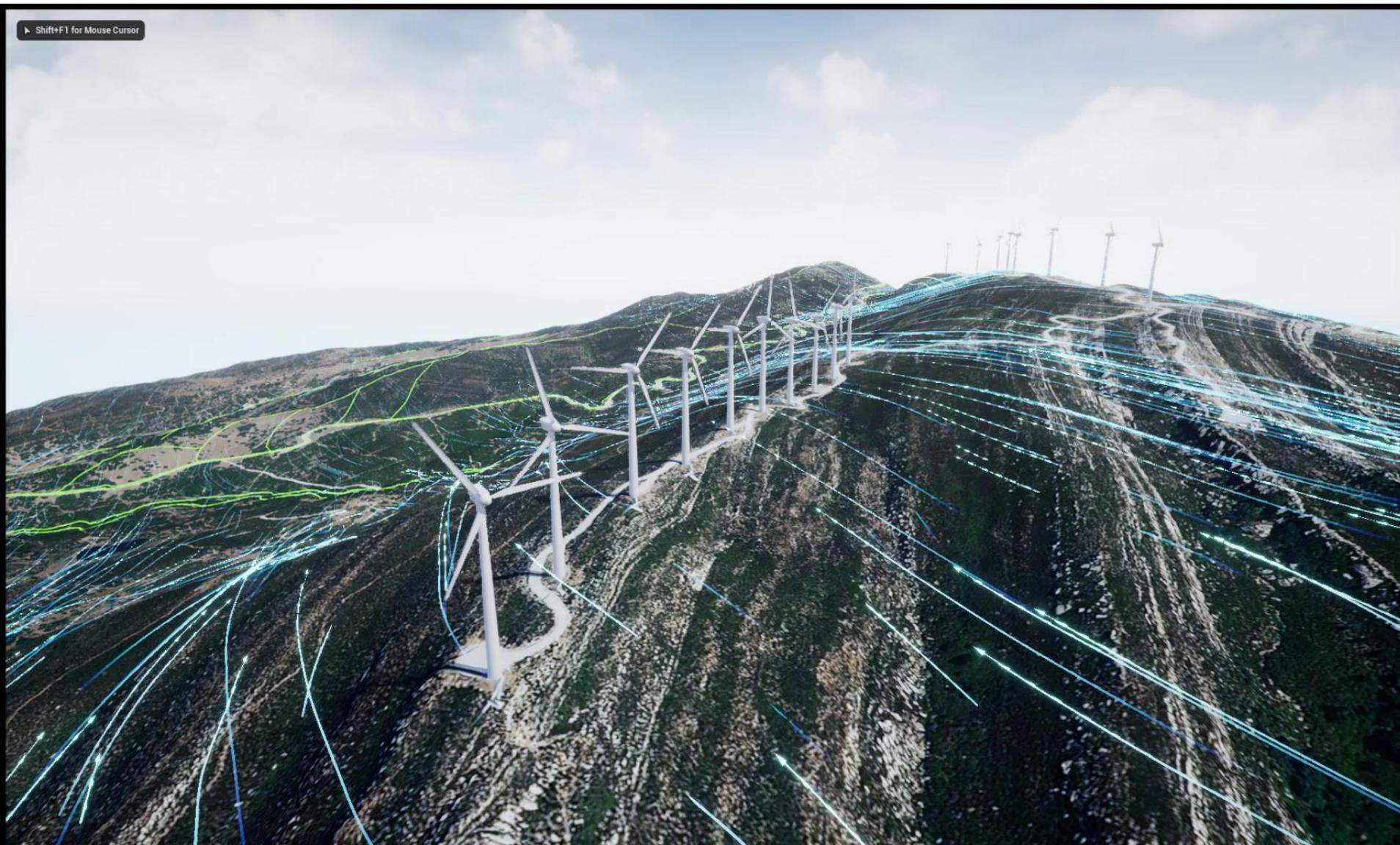
Gemelos digitales – Maqueta operativa digital de parque eólico

Maqueta 1:1000, ortofoto, curvas de nivel

Aerogeneradores (inteligentes)

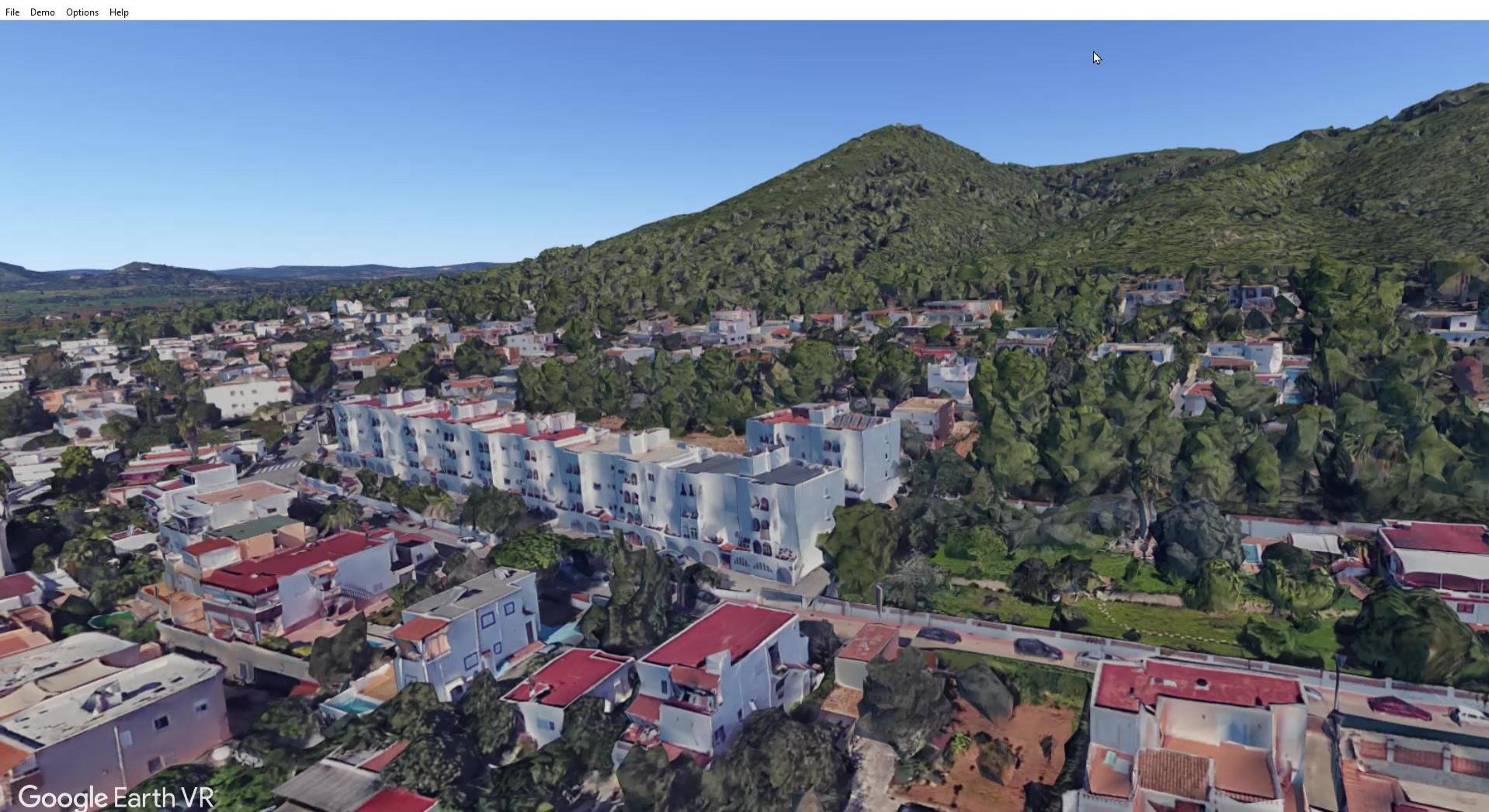
Campo de vientos

Trayectorias de aves planeadoras



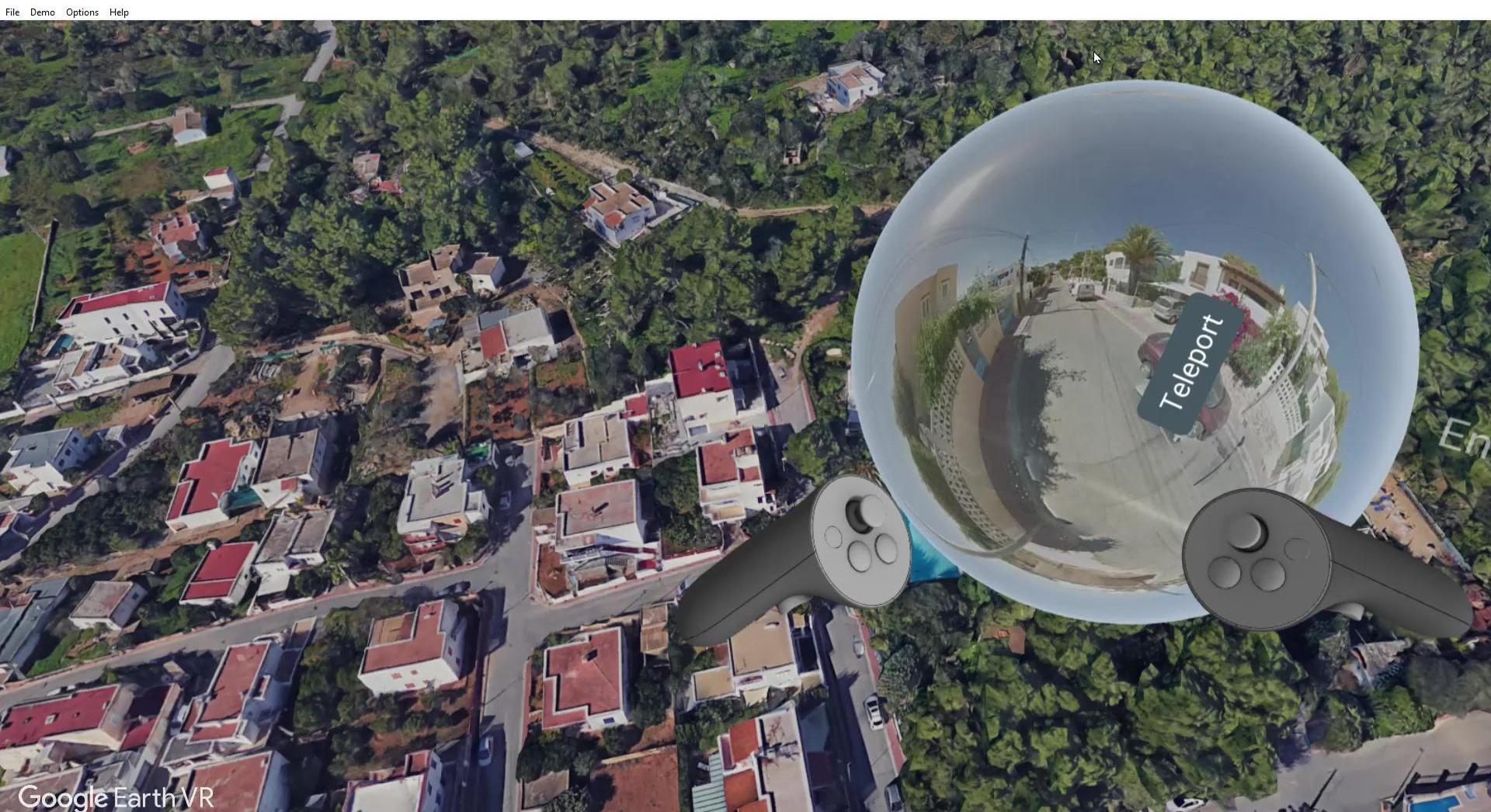
Gemelos digitales – Google Earth VR y análisis territorial

- Muchas partes del territorio tienen un modelo fotogramétrico realista
- Muy útil para el análisis espacial y la relación entre plantas y edificaciones



Gemelos digitales – Google Earth VR y análisis territorial

- Street View envolvente directamente incorporado
- Por ahora no se pueden agregar objetos o capas GIS



Gemelos digitales – Google Earth VR y análisis territorial



Gemelos digitales – Google Earth VR y análisis territorial



Gracias

davidcaballero@europe.com