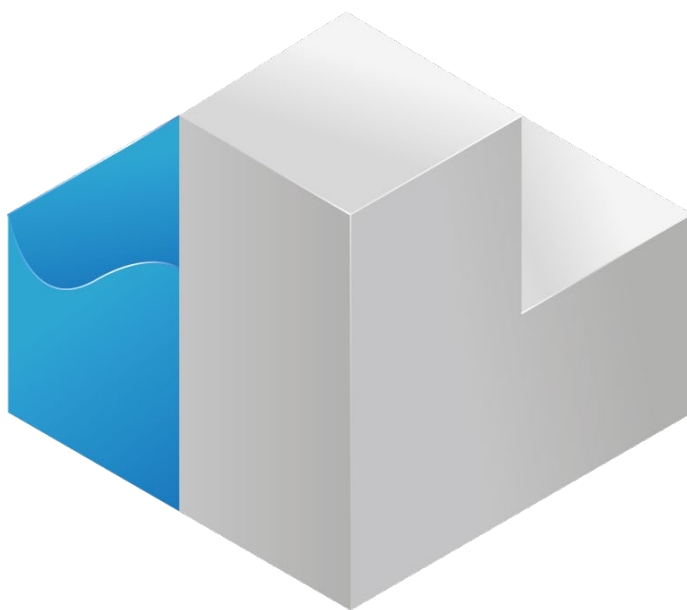




REBECOS

MANUAL DE USUARIO

Version 1.0



Contenido

1. Introducción	3
2. Bases teóricas	3
3. Esquema de funcionamiento	4
4. Requerimientos de PC	5
5. Interfaz de usuario	5
6. Inputs	6
7. Outputs	7
8. Menús	8
9. Secuencia de órdenes para generar caso nuevo.....	12
10. Tutoriales	12
11. Referencias	14



1. Introducción

REBECOS es un programa que permite simular de forma realista la gravedad sobre elementos pesados y las colisiones que se producen entre ellos. Su desarrollo inicial está orientado a las aplicaciones en ingeniería marítima (tanto obra nueva como reparaciones), donde aporta los siguientes beneficios:

- Análisis de la viabilidad constructiva de un proceso de construcción.
- Optimización de procesos constructivos, reducción de costes y tiempos.
- Análisis de sensibilidad del proceso constructivo frente a diversos factores.
- Evaluación de la seguridad del proceso constructivo.
- Visualización (video) de procesos constructivos complejos.
- Mejora de la información cliente-empresa sobre procesos constructivos.

Para más información, escriba a Jorge Molines (jormollo@upv.es).

2. Bases teóricas

REBECOS está programado en el entorno Unity™, donde se integra un Game Engine (GE) que permite simular la acción de la gravedad y las colisiones entre objetos. El GE que emplea Unity es PhysX, desarrollado por NVIDIA, el cual resuelve las ecuaciones de la mecánica clásica (Leyes de Newton). Las bases teóricas de la simulación de físicas mediante un GE están detalladas en Molines et al. (2021). Cualquier GE resuelve las Leyes de Newton que vienen dadas por:

$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a} \quad (4)$$

$$\mathbf{M} = I \cdot \boldsymbol{\alpha} \quad (5)$$

Donde el vector de tres componentes $\mathbf{F}$ es la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre el objeto, la matriz diagonal m de 3x3 es la masa del objeto, $\mathbf{a}$ es la aceleración lineal, el vector de tres componentes $\mathbf{M}$ es la resultante de todos los momentos que actúan sobre el objeto, la matriz simétrica I de 3x3 es la inercia del objeto y $\boldsymbol{\alpha}$ es la aceleración angular. Dado un conjunto de fuerzas y momentos que actúan sobre el objeto, el GE integra dos veces las aceleraciones lineales y angulares



para obtener la posición y orientación del objeto. El GE calcula la posición en cada paso de tiempo hasta que el objeto se encuentra en la posición final sin ningún movimiento.

3. Esquema de funcionamiento

REBECOS es un simulador de construcción realista de obras marítimas donde se pueden analizar escenarios tanto de obra nueva como de reparación, especialmente obra nueva y reparaciones de diques en talud o banquetas de diques verticales. REBECOS está organizado por secuencias constructivas que equivalen a la posición de la grúa durante el avance de la obra. La Figura 1 muestra una vista en planta de avance de localizaciones de grúa sobre un dique en talud de nueva implantación. Los puntos amarillos corresponden a la malla de colocación que sirve como input de REBECOS®

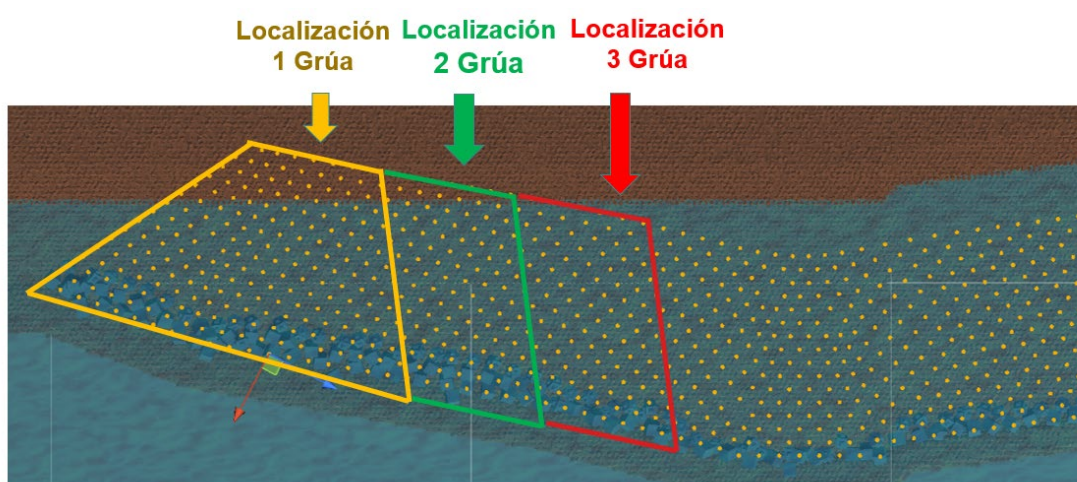


Figura 1. Secuencias constructivas de colocación

REBECOS no es un software de diseño 3D; es un simulador de colisiones. Trabaja en coordenadas locales y es capaz de simular la colocación de 30-40 elementos por minuto si se acelera la visualización (el pc almacena el cálculo y se acelera sólo la visualización). Para reducir el esfuerzo computacional, la capa de filtro no se coloca, si no que se genera sobre la envolvente del modelo 3D que se emplea como input (ver Sección 5).



REBECOS simula la colocación de los elementos de la última capa de estructuras como diques en talud. La simulación diferencia entre: (1) los elementos activos que caen a velocidad constante y que se liberan bajo la acción de la gravedad cuando contacta con los elementos de la capa inferior y (2) los elementos de la capa inferior, cuyas colisiones se activan cuando reciben elementos que colisionan con ellos, si no, están en reposo.

Cuando se detecta la colisión entre un elemento que cae y los que estaban en reposo, se detectan colisiones dentro de la esfera definida con centro en el elemento activo y radio $2 \cdot D_n$ (D_n = Diámetro nominal o lado del cubo equivalente). Los elementos descienden a velocidad constante y cuando se acerca la colisión, se impone una velocidad inicial y se activa la gravedad para realizar el cálculo de las colisiones.

REBECOS es versátil, en función de los sólidos 3D que se importen, se pueden realizar simulaciones de obra nueva o de reparación (ver sección 7 y 8). Cuando la simulación se activa, se borran todos los elementos que se han colocado con posterioridad al simulado. Las simulaciones se guardan en un archivo tipo “.json” que puede cargarse posteriormente en REBECOS para visualizarla de nuevo.

4. Requerimientos de PC

Para un correcto funcionamiento del simulador REBECOS se requiere:

- Tarjeta Gráfica dedicada con al menos 2Gb
- Al menos 16 Gb de RAM
- CPU igual o superior a Pentium i7

5. Interfaz de usuario

El software presenta una interfaz intuitiva con 5 secciones (ver Figura 2):

- Menús: en la zona superior se encuentran los menús de usuario
- Secuencia constructiva: identifica la secuencia constructiva de los elementos
- Propiedades del elemento: identifica el tamaño, peso, posición, etc. del elemento seleccionado



- Control de simulación: Permite iniciar/parar la simulación
- Herramienta medir: Permite medir distancias en el modelo 3D

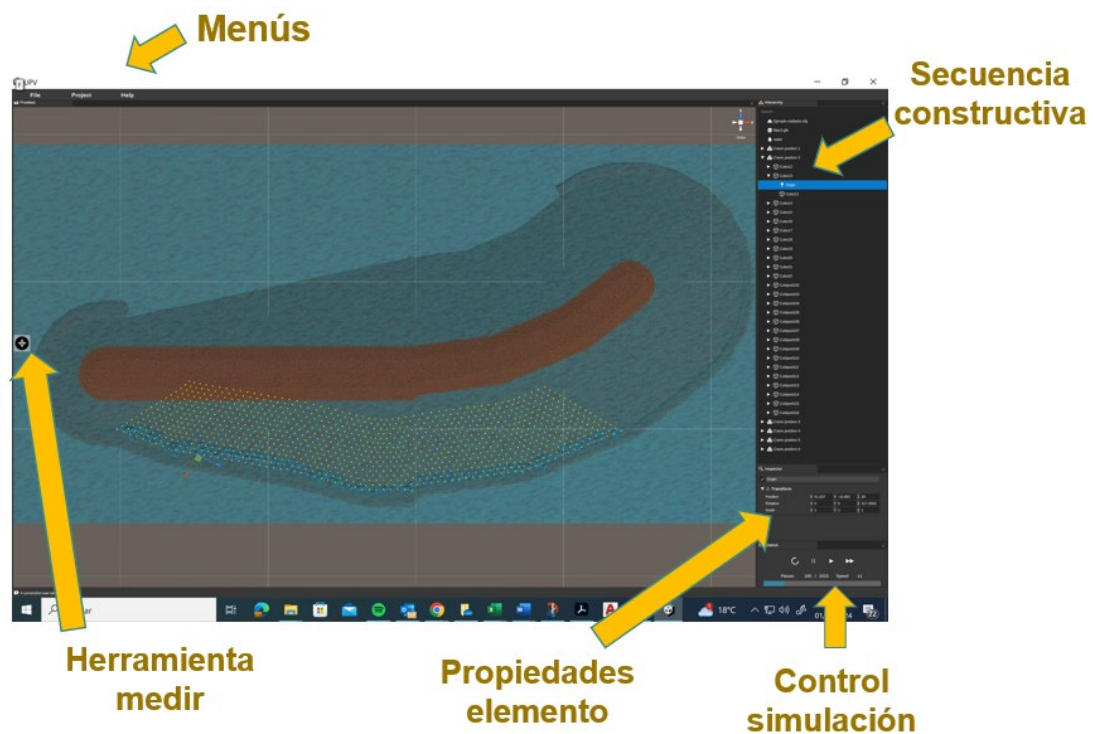


Figura 2. Interfaz de usuario general

6. Inputs

El simulador REBECOS necesita los siguientes inputs para funcionar:

- Archivo tipo ".csv" con posiciones iniciales de los elementos en columnas:
 - o 6 Grados de Libertad de cada pieza (3 posición en metros y 3 rotación en radianes)
 - o Secuencia constructiva de la que forma parte (1, 2, 3...)
 - o Orden de colocación dentro de la secuencia constructiva (1,2,3,4,5....)
 - o Nombre de la pieza (Cubo1, Cubípodo1...)
 - o Tipo de pieza: Cubo, Cubípodo (de momento). Las palabras clave para añadirlos son "Cube" y "Cubipod".
 - o Diámetro nominal en los 3 ejes cartesianos en metros
- Modelo 3D (en formato tipo ".obj"):



- REBECOS genera automáticamente la última capa de filtro, por lo que el modelo 3D que se importa debe estar desplazado la mitad del diámetro nominal del filtro respecto al plano que separa el filtro del manto (ver Figura 3). De este modo, al generar el filtro, la capa exterior del mismo será coincidente con el plano de separación filtro-manto. Por tanto, el modelo 3D que se importa es un “pseudo-filtro”. Esta capa de filtro tiene un coeficiente de fricción estática de 0.6 y de fricción dinámica de 0.5.

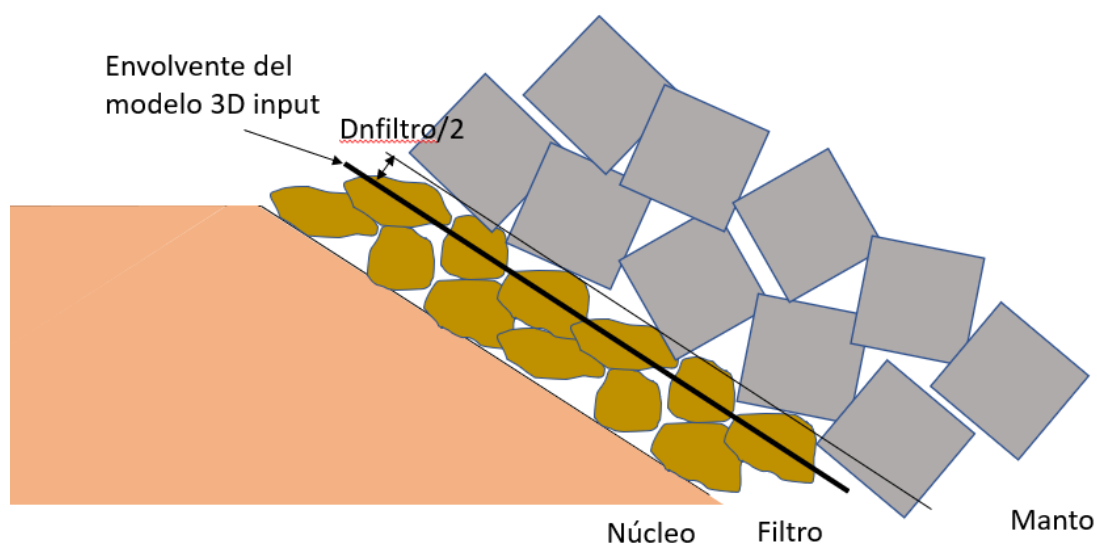


Figura 3. Modelo 3D input.

7. Outputs

El simulador REBECOS permite exportar:

- Archivo .csv con posiciones iniciales simuladas:
 - 6 Grados de Libertad de cada pieza (3 posición en metros y 3 rotación en radianes)
 - Secuencia constructiva de la que forma parte (1, 2, 3...)
 - Orden de colocación dentro de la secuencia constructiva (1,2,3,4,5....)
 - Nombre de la pieza (Cubo1, Cubípodo1...)
 - Tipo de pieza: Cubo, Cubípodo (de momento)



- Diámetro nominal en los 3 ejes cartesianos en metros
- Archivo .csv con posiciones finales simuladas:
 - 6 Grados de Libertad de cada pieza (3 posición en metros y 3 rotación en radianes)
 - Secuencia constructiva de la que forma parte (1, 2, 3...)
 - Orden de colocación dentro de la secuencia constructiva (1,2,3,4,5....)
 - Nombre de la pieza (Cubo1, Cubípodo1...)
 - Tipo de pieza: Cubo, Cubípodo (de momento)
 - Diámetro nominal en los 3 ejes cartesianos en metros
- Modelo 3D (en formato tipo “.glb”). Contiene el estado final de la simulación, con la posición final de cada uno de los elementos.

8. Menús

File:

- New: Genera una nueva simulación
- Load: Carga una simulación existente
- Save: Guarda la simulación realizada
- Close: Cierra la simulación
- Exit: Cierra el programa

Project:

- Add layer: Añade capas al modelo:
 - Layer: Importa todos los sólidos .obj necesarios para realizar la simulación. Al importarlo, solicita el nombre con el que se verá en el menú de la derecha llamado “Hierarchy”.
 - Water: Genera una capa de agua a la cota deseada (sólo es visual, no interactúa con los sólidos).
 - Armor Units: Permite importar un .csv con los datos de piezas que ya están colocadas en la obra. Éstos se generarán como sólidos en base a un archivo .csv que tiene el mismo formato que el descrito en la Sección 5. Inputs.



- Generate Filter: Genera la capa de filtro sobre el sólido 3D que se indique. Para ello emplea una librería de rocas que ha sido incorporada al programa. Solicita el Diámetro nominal de las rocas y la porosidad que se requiere (permite 5 porosidades: 13%, 20%, 26%, 32% y 37%)
- Crane position: controla la secuencia constructiva:
 - o Constructive sequence: Archivo .csv definido en la sección 5. Inputs. Al importarla, se generará en el menú Hierarchy las posiciones de grúa con los elementos dentro de cada una de ellas que se colocarán.
 - o Remove all: Elimina todas las secuencias constructivas.
 - o Add Armor Unit: Añade un único elemento en la posición deseada. Para ello solicita el nombre, secuencia constructiva, orden constructivo, tipo de armor unit y los 6 grados de libertad (posición y rotación)
- Export: Menús para exportar resultados:
 - o Scene 3D: exporta un sólido .glb con el estado final de la simulación
 - o Initial coordinates: Exporta el archivo .csv con posiciones iniciales simuladas (ver Sección 6). Es importante por si el usuario ha modificado la posición de algún elemento a mano respecto al archivo inicial de Inputs.
 - o Final coordinates: Exporta el archivo .csv con posiciones finales simuladas (ver Sección 6)
- Undo: Deshace alguna de las acciones en la pantalla
- Preferences: controla los parámetros de la simulación:
 - o Project:
 - Crane speed: velocidad de descenso del elemento. Sólo es un valor visual, no tiene efecto en la simulación. Por defecto es 3 m/s para que la simulación sea un poco más rápida
 - Drop armor unit speed : Es la velocidad inicial que se impone a la pieza que desciende cuando se detecta la colisión. Es por tanto la velocidad a la que la grúa estaría descendiendo realmente justo antes de la colisión. Por defecto 0.5 m/s.



- Language: English (de momento)
- Detailed water: muestra un efecto de movimiento visual en el agua generada (puede activarse/desactivarse).
- Armor Unit Physics: controlas las propiedades físicas de la simulación, se recomienda no tocarlo salvo datos específicos:
 - Armor Unit: Tipo de elemento
 - D. Friction: Fricción dinámica, por defecto 0.5.
 - S. Friction: Fricción estática, por defecto 0.6.
 - Density: Densidad de las piezas para calcular su peso, por defecto 2300 kg/m³
 - Drag: Coeficiente para calcular la fuerza de un fluido sobre un sólido. En base a literatura se toma por defecto 1.
 - Angular Drag: Coeficiente para calcular el momento de un fluido sobre un sólido. En base a literatura se toma por defecto 1.
- Bounciness: Coeficiente de restitución, identifica la energía que se disipa en el impacto (choques inelásticos toman valores cercanos a 0 y elásticos cercanos a 1). Por defecto 0.

Help:

- Console: Muestra mensajes durante la ejecución del código interno
- Guide: Abre la carpeta donde está el Manual de Usuario
- Screenshot: Toma una captura de pantalla
- About: Proporciona los datos de la versión y año de REBECOS®

Menú Hierarchy

En este menú se controlan las secuencias constructivas. Dentro de cada posicionamiento de grúa se listan todos los elementos que se van a colocar. Haciendo click derecho sobre uno de ellos, si el elemento ya ha sido colocado, aparecen dos estados: "Origin" y "Nombredelapieza" (ver figura 4). "Origin" es la



posición inicial de los elementos cargados mientras que “Nombredelapieza” aparece cuando las piezas se han colocado.

Al hacer click derecho sobre cualquiera de las piezas aparecen tres opciones:

- Simulate: Ejecuta toda la simulación desde el principio.
- Simulate from here: Ejecuta la simulación desde este elemento.
- Remove: Elimina este elemento.

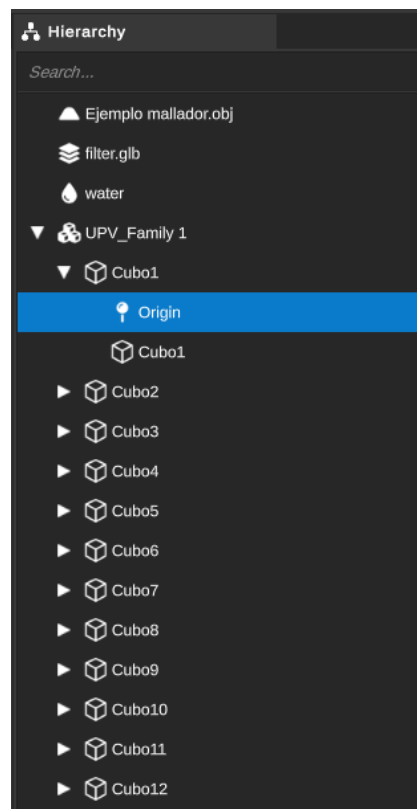


Figura 4. Menú Hierarchy.

Menú Inspector

Este menú permite cambiar la posición, rotación y escala de un elemento cuando es seleccionado (ver Figura 5)

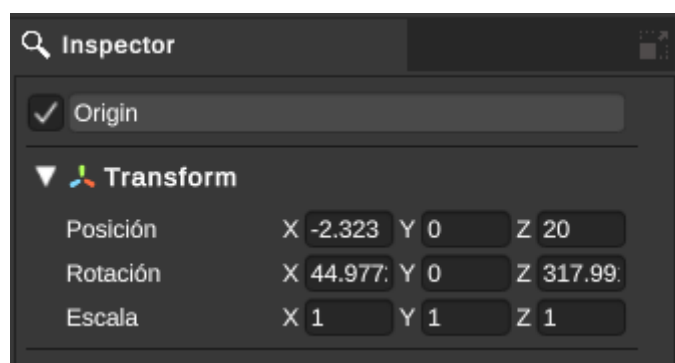


Figura 5. Menú Inspector.

Menú Simulation

Este menú permite correr la simulación. Consta de cuatro botones y una barra inferior que muestra el número de piezas colocadas respecto al total:

- Botón 1: Reiniciar toda la simulación desde el origen.
- Botón 2: Pausa de la simulación.
- Botón 3: Reanudar la simulación desde la última pieza colocada.
- Botón 4: Acelerar el tiempo hasta x4.

9. Secuencia de órdenes para generar caso nuevo

Los pasos básicos para utilizar el software son:

1. Generar archivo nuevo (File/New)
2. Añadir las capas sólidas necesarias 3D (Project/Add Layer)
3. Generar el filtro (Generate filter)
4. Importar la secuencia constructiva (Project/Crane position)
5. Iniciar la simulación (Botón de play)

10. Tutoriales

El simulador REBECOS incluye dos tutoriales:

Tutorial 1: Construcción de nuevo dique de Cubípodos

Es un caso complejo, con batimetría variable, morros de dos tamaños y un tramo curvo (Figura 6). Son Cubípodos de $D_n=3$ m sobre un filtro de $D_n=1$ m. Todo el



tutorial se ha llevado a cabo con una única secuencia constructiva a modo de ejemplo. El tutorial contiene:

- Modelo 3D
- Excel con inputs de las posiciones de las piezas.

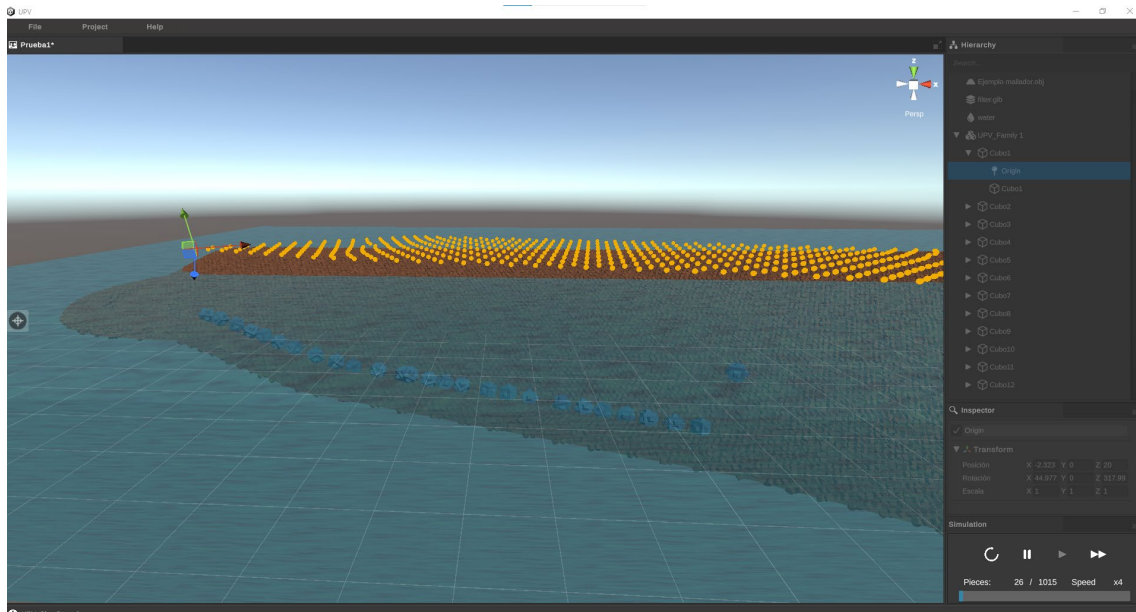


Figura 6. Tutorial 1.

Tutorial 2: Reparación de un dique de cubos

Este tutorial considera la reparación de un dique de cubos con 3 posiciones de grúa. Para realizarlo, se ha escaneado una nube de puntos como si de un LIDAR/sonar de barrido lateral se tratara y se ha incluido un modelo 3D que representa la geometría del manto de cubos existente con huecos. Son Cubos de $D_n=3$ m sobre un filtro de $D_n=1$ m. La simulación permite evaluar la factibilidad de introducir una pieza en un hueco determinado.



Figura 7. Tutorial 2.

11. Referencias

Molines, J., Centi, R., Di Risio, M., Medina, J.R., 2021. Estimation of layer coefficients of cubipod homogeneous low-crested structures using physical and numerical model placement tests. Coast Eng. 168 (March) <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2021.103901>.