



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR ENGINYERIA
INDUSTRIAL VALÈNCIA

TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGINYERÍA INDUSTRIAL

**MODELATGE VIRTUAL REALISTA D'UN
ENTORN URBÀ PER A LA PRESENTACIÓ DE
PRODUCTES I DESENVOLUPAMENT D'UNA
GUIA D'ESTIL PER A LA GENERACIÓ
D'AQUEST TIPUS D'ENTORNS. APLICACIÓ A
UN PRODUCTE COMERCIAL.**

AUTOR: Víctor Reig Sanchis

TUTOR: Francisco Eugenio Albert Gil

Selecció Nuria Aleixos Borrás

Curs Acadèmic: 2019-20

Resumen

Este Trabajo final de máster consistirá en el modelado de un entorno urbano enfocado a la contextualización de un producto, buscando un acabado realista en el cual se aplicarán distintas técnicas de optimización del modelo. Un resultado clave de este trabajo será la elaboración de una “guía de estilo”, que servirá para apoyarse en un modelo virtual para la presentación de productos con las posibilidades de visualización que este implica.

El entorno urbano que será modelado es el campus de Vera en el que aparecen los distintos elementos de interés, centrándose concretamente en la zona de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Esta guía podrá ser utilizada para cualquier entorno, puesto que en el campus hay edificaciones, aparcamientos y zonas verdes que se encuentran en cualquier ciudad.

Este trabajo se aplicará a un producto concreto: un patinete eléctrico para el transporte dentro de la UPV que se podrá alquilar para los distintos usuarios con intención de facilitar el transporte dentro del campus, como no se dispone de patinetes para hacer pruebas con los usuarios y ver la aceptación del mismo ni mostrar los distintos puntos de recogida o trayectorias se utilizará el modelo para realizar esta función.

La principal herramienta que se utilizará es Blender (empleado para el modelado del exterior junto con el patinete y otros elementos necesarios, animación y renderización) junto con otros tipos de software libre como GIMP e Inkscape (utilizados para edición de imágenes). Se utilizarán técnicas de modelado con precisión así como "ray tracing", texturas PBR y procedurales para la generación de renders realistas con post-procesado y optimización los archivos para reducir tiempos de cálculo.

Palabras clave: Presentación del producto, Entorno 3D, Modelo 3D, Universidad Politécnica de Valencia, Texturas PBR, Animación de productos, Blender.

Resum

Aquest treball de fi de màster consistirà en el modelatge d'un entorn urbà enfocat a la contextualització d'un producte, buscant un acabat realista en el qual s'aplicaran distintes tècniques d'optimització del model. Un resultat clau d'aquest treball serà l'elaboració d'una "guia d'estil", que servirà per a recolzar-se en un model virtual per a la presentació de productes amb les possibilitats de visualització que aquest implica.

El modelatge de l'entorn urbà s'aplicarà al campus de Vera en el que apareixen els distints elements d'interès, centrant-se concretament en la zona de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials. Aquesta guia podrà ser utilitzada per a qualsevol entorn, ja que en el campus hi ha edificacions, aparcaments i zones verdes que és troben en qualsevol ciutat.

Aquest treball s'aplicarà a un producte concret: un patinet elèctric per al transport dintre de la UPV que es podrà llogar per als distints usuaris amb intenció de facilitar el transport dintre del campus, com no es disposa de patinets per a fer proves amb els usuaris i veure l'acceptació del mateix ni mostrar els distints punts de recollida o trajectòries s'utilitzarà el model realitzar per a aquesta funció.

La principal ferramenta que s'utilitzarà és Blender (emprat per al modelatge, animació i renderització) junt amb altres tipus de software lliure com GIMP e Inkscape (utilitzat per a edició d'imatges). En la que és realitzarà el modelatge de l'exterior junt amb el patinet i altres elements necessaris. S'utilitzaran tècniques de modelatge amb precisió així com "ray tracing", textures PBR i procedurals per a la generació de renders realistes amb post-processat i optimització els arxius per a reduir temps de càlcul.

Paraules clau: Presentació del producte, Entorn 3D, Model 3D, Universitat Politècnica de València, Textures PBR, Animació de productes, Blender.

Abstract

The work will consist of the modeling of an urban environment focused on the contextualization of a product, looking for a realistic finish in which different optimization techniques of the model will be applied. A key result of this work will be the elaboration of a “style guide”, which will be based on a virtual model for the presentation of products with the visualization possibilities that this implies.

The urban environment modeling will be applied on the Vera campus where the different elements of interest appear, focusing specifically on the area of the Higher Technical School of Industrial Engineers. This guide can be used for any environment, since on campus there are buildings, parking lots and green areas that are found in any city.

This work will be applied to a specific product: an electric scooter for transport within the UPV that can be rented for different users with the intention of facilitating transport on campus, as there are no scooters available for testing with users and See the acceptance of the same or show the different collection points or trajectories the model will be used for this function.

The main tool that will be used is Blender along with other types of free software for image editing. In which it will be modeling the exterior along with the scooter and other necessary elements. Precision modeling techniques will be used as well as "ray tracing", PBR textures and procedures for the generation of realistic renders with post-processing and optimization of the files to reduce calculation times.

Key words: Product presentation, Entorno 3D, environment 3D, Universidad Politécica de València, Textures PBR, Product animation, Blender.

Índex de la memòria

1.	Introducció i objectius.....	1
2.	Glossari.....	2
3.	Definició del projecte	3
3.1.	Realisme vs hiperrealisme vs fotorealisme	3
3.2.	Selecció de l'espai	7
4.	Metodologia utilitzada	8
4.1.	Software utilitzat	8
4.2.	Organització	10
4.3.	Modelatge	12
4.3.1.	Topologia.....	12
4.3.2.	Tècniques de modelatge	13
4.3.3.	Models.....	16
4.4.	Materials	30
4.4.1.	Elements procedurals.....	30
4.4.2.	Elements digitalitzats	33
4.5.	Animació.....	40
4.6.	Configuració dels renders	44
4.6.1.	Motor de render.....	44
4.6.2.	Cycles.....	44
4.6.3.	EEVEE.....	46
4.7.	Optimització del motor de render	48
5.	Resultats.....	50
5.1.	Models.....	50
5.2.	Textures.....	62
5.3.	Animació.....	66
5.4.	Guia d'estil.....	66
5.5.	Contextualització del producte	67
6.	Conclusions	68
7.	Bibliografia consultada.....	69

Índex del pressupost

1.	Descripció del pressupost	73
1.1.	Descripció de les unitats d'obra	73
1.2.	Càlcul del preu dels materials emprats	74
2.	Pressupost del projecte.....	75
2.1.	Quadres de preus	75
2.2.	Quadres de preus descompostos.....	75
2.3.	Quadre de preus unitaris	77
2.4.	Pressupost dineral del projecte	78

MEMÒRIA



1. Introducció i objectius

La capacitat computacional dels ordinadors augmenta exponencialment, i amb aquesta capacitat de creació dels models 3D i la capacitat de recrear cada vegada més fidelment un objecte virtualment fins a assolir el fotorealisme, que consisteix a obtenir un resultat tan pròxim a la realitat que un espectador no siga capaç de reconèixer si és una fotografia o una imatge generada per ordinador. Aquestes es poden utilitzar per a vendre un producte visualment abans fins i tot de la seua creació, permetent conèixer les reaccions dels usuaris al que aquest va destinat, de manera que es puguin realitzar iteracions ràpidament i a un cost reduït.

En aquest treball final de màster es pretén obtenir un model realista de l'Escola Tècnica d'Enginyers Industrials (ETSEI) per a contextualitzar productes, d'altra banda es vol realitzar també una guia d'estil que resumisca breument la metodologia utilitzada y puga ser emprada per altres persones per a projectes similars. Per a proporcionar una millor contextualització es buscarà un acabat realista, utilitzant materials de render físicament acurat. Aquesta busca introduir un sistema de lloguer de patinets elèctrics que permet facilitar el transport dintre de la UPV d'una manera ràpida i ecològica. S'emprarà una animació per a mostrar als usuaris un possible punt de recollida dels patinets.

El treball busca obtenir resultats robustos i que puguin servir com a base per a altres projectes. Per aquesta raó es vol crear una llibreria amb els distints models principals, perquè aquests puguin ser substituïts fàcilment. Com a objectiu extra, es pretén minimitzar els recursos necessaris per a la generació del producte final tant en requeriments de hardware com de temps. S'han estudiat diverses metodologies i bones pràctiques per tal d'afavorir un modelatge ràpid i òptim.

Per a la realització d'aquest treball es pretén utilitzar software lliure i gratuït tant per al procés de modelat com per a la creació de les distintes textures que siguen necessàries, així com l'animació i el renderitzat. També s'empraran materials procedurals generats mitjançant nodes. És un objectiu desitjable, minimitzar el nombre de polígons totals de l'escena per tal d'afavorir una futura exportació a entorns de realitat virtual mitjançant el procés de cremat de geometria i materials en textures especialment preparades per a evitar la repetició visual d'aquestes.

2. Glossari

En aquest apartat es pretén afegir un glossari que facilite la lectura del treball, ja que hi ha gran quantitat de terminologia emprada que no és comú fora del programes de modelat amb malles poligonals.

-Bake (cremat): Procés de computació i guardat de resultats que consumeixen grans quantitats de temps per tal d'estalviar recalculant-ho de nou.

-Empty: Objecte sense geometria.

-Textura: Imatge que aporta la semblança d'un material a una superfície

-PBR: Sigles de Physically Based Rendering. Implica un tipus de material que aporta informació extra sobre el comportament dels rajos de llum que impacten en la superfície d'aquest.

-Mapa UV: Defineix una relació entre la superfície d'una malla i una textura 2D. Concretament cada cara de la malla s'assigna a una part corresponent a la textura.

-Modificadors: són operadors automàtics que afecten la geometria de l'objecte d'una manera no destructiva.

-Shrinkwrap: aquest modificador permet a un objecte reduir-se a una superfície .

-Nodes: element que transforma informació d'entrada segons els paràmetres indicats en el mateix.

-Topologia: Disposició de vèrtexs, arestes i cares que defineixen la forma d'una malla.

-Retopologia: segona fase del modelatge en la que es crea una malla amb topologia correcta i normalment menys densa mantenint la forma inicial del model.

-Col·leccions: Carpetes que contenen els objectes de l'escena permetent una organització flexible.

-Rigging: És el procés de crear un sistema de controls digitals (esquelet) i agregar-li'ls a un model 3D perquè així pugui ser animat fàcilment i eficientment .

-Render: Procés computacional de creació d'una imatge 2D a partir de geometria 3D.

- Motor de render: programari que genera el text i les imatges per a la visualització de l'entorn 3D.

-Mapes de desplaçament: El mapatge de desplaçament és una tècnica de gràfics per computadora que utilitza un mapa d'altura per a causar un efecte on es desplaça la posició geomètrica real dels punts sobre la superfície texturitzada, Li dona a les superfícies una gran sensació de profunditat i detall.

-Modelatge amb subdivisions: Tècnica de modelatge que es basa en l'aplicació del modificador de subdivisió. Permet obtenir superfícies suaus i molt definides amb pocs polígons.

-Arbre de nodes: Conjunt de nodes i connexions que defineixen un material

-Oclusió ambiental: Tipus de ombrejat que calcula l'exposició dels diferents punts de la superfície a la il·luminació ambiental.

3. Definició del projecte

A l'hora de realitzar una escena 3D d'aquestes dimensions és imprescindible acotar els límits de la mateixa així com el nivell de detall que es desitja. Per a poder realitzar aquesta tasca s'ha de definir en primer lloc perquè s'emprarà l'escena en concret. Si es vol realitzar una única imatge per a integrar el producte, si es pretén realitzar una animació per a introduir més a l'usuari al qual estiga destinat el treball o si es pretén utilitzar l'escena per a realitat virtual (Abreviat com a VR d'ara endavant).

En aquest cas es vol utilitzar l'escena per a obtenir tota classe de resultats i aprofitar al màxim possible el treball realitzat. Açò implica que es realitzaran imatges (també conegudes com a renders dintre del món dels gràfics generats per ordinador) individuals per a mostrar una part específica de l'entorn. També es realitzarà una animació perquè l'usuari reconega amb major facilitat el producte que es vol presentar i com s'interactua amb aquest. D'altra banda es generarà un altre arxiu simplificat perquè es pugui utilitzar amb VR, cal anomenar que habitualment els motors gràfics que serveixen per a realitat virtual són els utilitzats en l'indústria dels videojocs, però per a simplificar la tasca (ja que es necessitaria realitzar retopologia de gran part dels models, realitzar un cremat de les textures i il·luminació, així com programació) i com a demostració que l'escena funciona en aquest tipus d'entorn s'utilitzarà un addon (script que afegeix funcionalitat al software) que permetrà el funcionament tant de les ulleres 3D com dels comandaments de la realitat virtual. També es generarà una guia d'estil per a facilitar la tasca a nous usuaris que necessiten realitzar un treball similar.

3.1. Realisme vs hiperrealisme vs fotorealisme

El nivell de detall i per tant la qualitat de la representació de l'escena està directament relacionat amb la funció que aquesta es realitzarà. En aquest cas tant per a imatges soltes com per a l'animació tots els nivells de detall es poden utilitzar sense cap classe d'inconvenient a excepció del temps de renderitzat, però per a la realitat virtual sí que es recomana simplificar al màxim possible l'escena, ja que s'ha de moure en temps real i de manera suficientment fluida com perquè l'usuari no experimente cap tipus de mareig. Açò implica reduir el nombre de polígons al màxim així com mantenir la complexitat dels materials emprats la més baixa possible.

La percepció de l'usuari està clarament relacionada amb el resultat final de l'escena, per tant s'ha de buscar un acabat suficientment satisfactori com perquè l'espectador no es fixe en l'entorn 3D directament i que preste major atenció al producte. Aquesta condició caracteritza molt la qualitat de la representació que es desitja, és a dir, si es vol incloure una edificació realitzada digitalment dintre d'una imatge de l'entorn real s'ha de tenir en compte, d'altra banda si la totalitat de l'entorn es realitza digitalment hi ha molta més flexibilitat. Per a entendre millor açò és menester conèixer les diferències entre: realisme, hiperrealisme i fotorealisme.

- Realisme



Il·lustració 1 Material realista

Aquesta tècnica es basa en utilitzar textures extretes de fotografies o dissenyades per ordinador amb programes especialitzats aplicades a les distintes cares poligonals dels models, visualment sembla correcta a la vista dels usuaris i per a renders estàtics pot ser una alternativa molt eficient i ràpida.



Il·lustració 2 Material realista amb il·luminació poc adequada

Aquest tipus de configuració perd efectivitat en el moment en el qual hi ha una il·luminació directa que afecta la superfície principalment per un lateral d'aquesta. En el cas de la figura anterior. Es pot veure com la reflexió de la llum sembla artificial i poc creïble si se situa de específica (molt pròxima a la paret, mostrant la falta de relleu d'aquesta). Per a escenes en exteriors en el que la majoria dels objectes van a estar a gran distància (no sols de les fonts de

llum sinó de la càmera), aquest mètode és efectiu i amb un temps de càlcul reduït, A més un nivell baix de detall és més creïble amb una animació que amb una imatge estàtica ja que els detalls es perden en part amb el moviment.

- Hiperrealisme



Il·lustració 3 Material hiperrealista

Els materials hiperrealistes solen aprofitar les textures dels materials realistes, però afegeixen textures alternatives que aporten informació al model tant de la direcció de les normals de cada polígon com del relleu, aquesta informació extra permet al material reaccionar de manera natural als canvis d'il·luminació i és una tècnica més robusta respecte a la posició de la llum (Il·lustració 4 Material hiperrealista amb il·luminació poc adequada). Cal recordar que les parets modelades continuen completament planes i sense cap modificació.



Il·lustració 4 Material hiperrealista amb il·luminació poc adequada

Actualment hi ha gran quantitat de webs i informació per a poder utilitzar aquests materials, que es basen en les textures PBR (Physically Based Rendering). El principal desavantatge d'aquests tipus de materials és la limitació a l'hora d'imitar un entorn concret, ja que aquests són habitualment materials genèrics i poc especialitzats.

La complexitat dels materials hiperrealistes implica un nombre de nodes elevats (elements que defineixen el material), açò implica un gran consum de memòria en el procés de renderitzat i possiblement errors durant el mateix si l'equip no és adequat.

- Fotorealisme



Il·lustració 5 material hiperrealista amb profunditat de camp

El fotorealisme afegeix les imperfeccions característiques de les càmeres fotogràfiques (profunditat de camp, distorsió de les lents, centellejos, aberració cromàtica...) així com soroll en les imatges, profunditat de camp i gestió especial dels colors. Aquesta tècnica és adequada quan es pretén integrar un objecte virtual dintre d'un muntatge real, ja que mimetitza els efectes generats per l'ordinador. Molt adequat per a escenes en les que el moviment i la posició de la càmera és conegut, al igual que l'hiperrealisme.

Cal anomenar que no hi ha un límit clar entre aquestes possibilitats, i que el resultat va associat en gran manera a l'habilitat de la persona que realitza la tasca. En aquest treball es treballarà dintre del realisme, ja que es pretén fer funcionar l'escena en realitat virtual amb les mínimes modificacions possibles i al treballar-se en un ambient de gran magnitud la memòria utilitzada és un factor limitant. Per als materials més crítics de l'escena s'utilitzaran tècniques de fotorealisme per a afegir credibilitat a l'escenari o aquells en els que amb el sistema d'il·luminació seleccionat donen l'efecte de la Il·lustració 2.

3.2. Selecció de l'espai

La definició d'entorn urbà es basa principalment en criteris numèrics de població i es caracteritza pel nivell de les infraestructures que aquests posseeixen. En aquest tipus d'escenes hi ha diversos elements repetitius que es poden trobar per tot el món i s'identifiquen fàcilment. Les edificacions, mobiliari urbà, art i vegetació varien en funció del lloc que s'haja de representar.

És important tenir bones referències tant geomètriques com estètiques de l'entorn a recrear per a garantir la màxima fidelitat possible, per això, s'ha seleccionat la Universitat Politècnica de València, ja que és un entorn familiar i existeix facilitat per a obtenir totes les referències possibles. Per a acotar el treball a realitzar s'ha decidit limitar-se a l'Escola d'Industrials més concretament a la regió mostrada en la figura següent. En aquest espai es realitzarà la contextualització del producte que ha sigut originalment pensat per a facilitar la mobilitat dintre de la universitat.



Il·lustració 6 Àrea de treball

Aquest espai és suficient per a realitzar l'animació i introducció a l'usuari del producte, a més a més de resultar un entorn característic i fàcil d'identificar per l'usuari. D'aquesta zona es modelaran els edificis, la locomotora, la grua de vapor, les escultures i la vegetació.

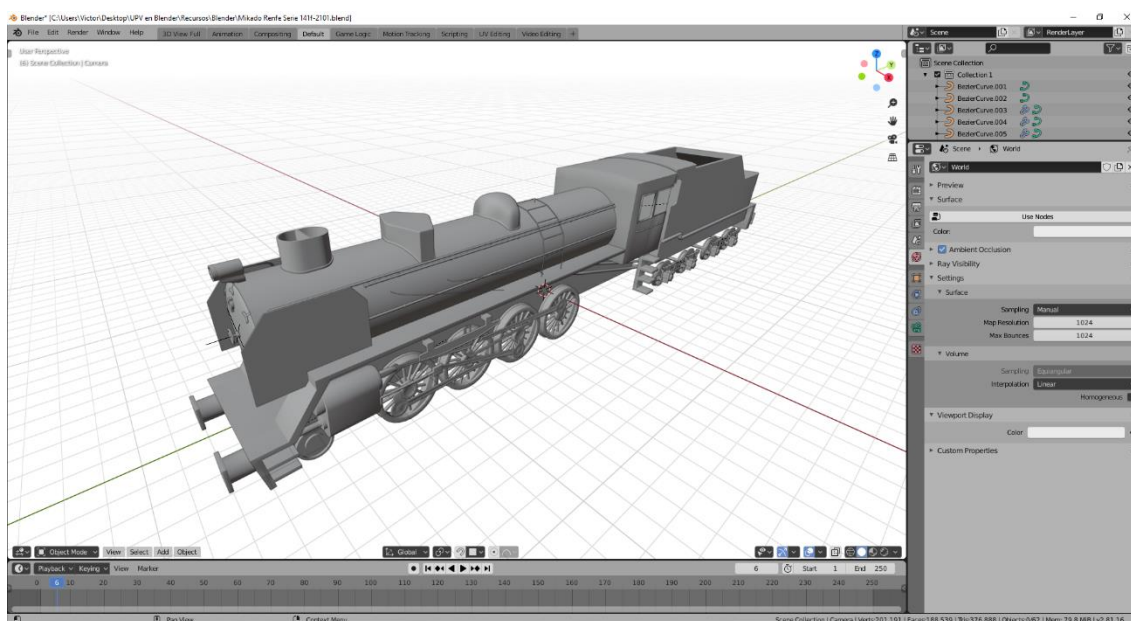
4. Metodologia utilitzada

4.1. Software utilitzat

Per a la realització d'aquest treball van a utilitzar-se principalment tres softwares distints. D'una banda, per a la creació de models 3D, materials i renderitzats s'utilitzarà Blender. D'altra banda, per a la realització de textures, s'empraren les aplicacions Gimp i Inkscape. La selecció d'aquests programes es basa en què són software lliure i multiplataforma. A més a més, amb aquests es poden cobrir perfectament totes les necessitats de la recreació de l'escena: objectes 3D, imatges ràster i vectorials.

- **Blender**

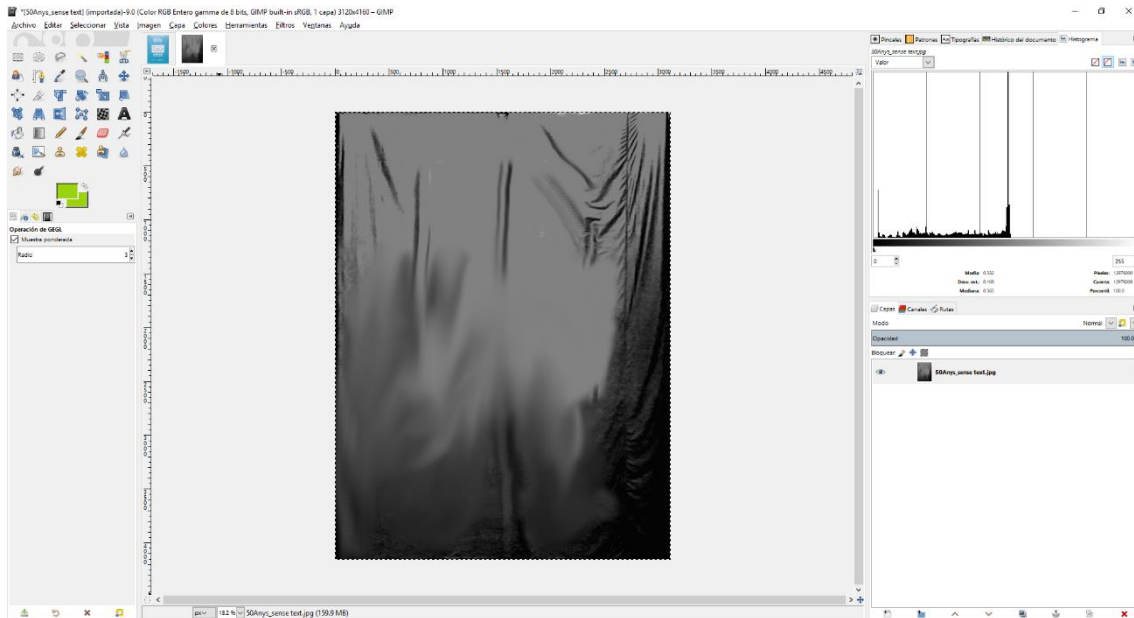
Aquest programa permet modelatge poligonal en 3D, pintura de textures, escultura, rigging, animació, simulació física, renderitzat i composició. D'aquestes eines disponibles s'utilitzen el modelatge, rigging, animació, simulació física, renderitzat i composició per a la realització del treball. La major part del procés de creació de l'entorn es basa en aquest software, en ell es muntaran tots els components necessaris per a la recreació de l'escena.



Il·lustració 7 interfície de Blender

- **Gimp**

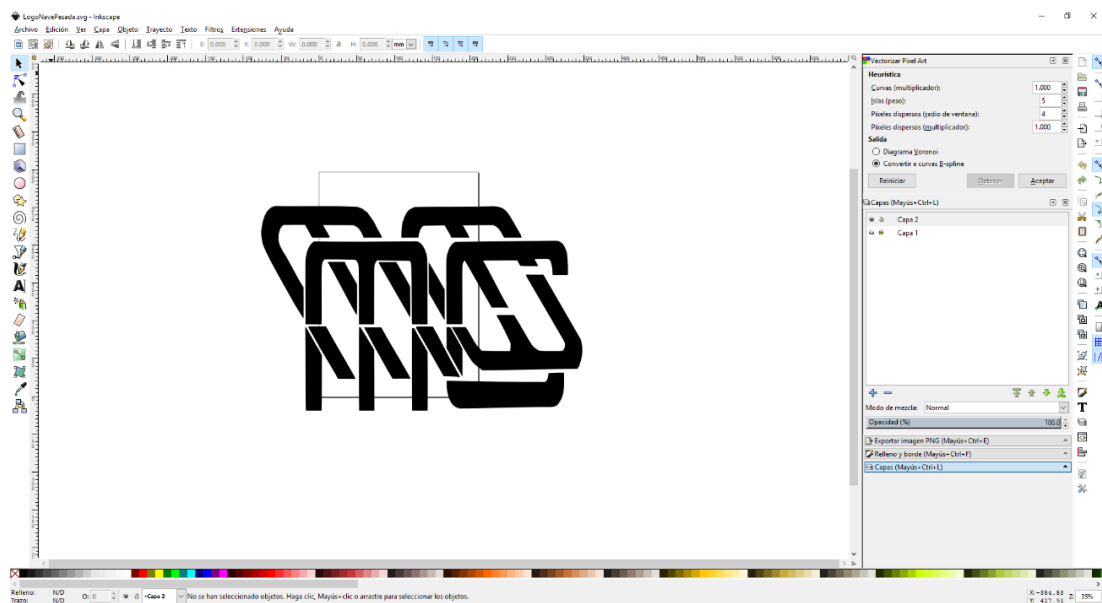
És un programa d'edició d'imatges digitals ràster (també coneguda com a mapa de bits) que s'ha utilitzat per a corregir la perspectiva de les imatges així com correcció de color, eliminació de marques i generació de mapes de desplaçament (eliminant la textura bàsica i deixant únicament el relleu de l'objecte original).



Il·lustració 8 Interfície Gimp

- **Inkscape**

Aquest programa serveix per a generació d'imatges vectorials que s'ha utilitzat per a la vectorització de logos.



Il·lustració 9 Interfície Inkscape

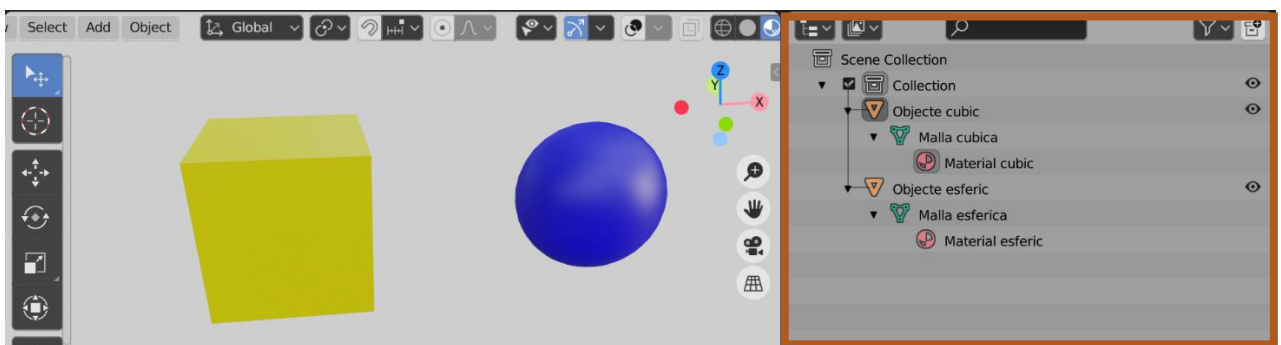
4.2. Organització

A l'hora de treballar en una escena de gran magnitud és important mantenir el tamany dels fitxers tan baix com siga possible. Els arxius de gran tamany tendeixen a complicar la seua utilització i dificultar la compartició de dades. Per a facilitar la gestió dels models i l'actualització d'aquests, s'han modelat els distints elements de l'escena en arxius separats. Posteriorment s'afegeixen en l'escena final.

Dintre del programa Blender existeixen tres opcions distintes per a unir fitxers natius: *append*, *link* i *link Proxy*. Cadascuna d'aquestes opcions permet treballar els arxius dins de l'escena final d'una manera distinta, limitant les possibilitats d'edició de les malles. Les següents opcions explicades estan pensades per a la transmissió de dades entre fitxers natius de Blender, a banda el software té l'opció d'importar i exportar tot tipus de característiques amb altres programes.

En aquestes opcions cal esmentar la prioritat i la jerarquia en que s'afegeixen les dades dels fitxers en funció del que es desitja incloure en el nou arxiu. Com es pot veure en la Il·lustració 10 Jerarquia de la informació, els objectes són els contenidors de les malles, de manera que un mateix objecte pot tenir distintes malles i per tant canviar de color i forma mitjançant una simple selecció. Aquestes malles inclouen de la mateixa manera la informació dels materials que utilitzen.

En afegir objectes d'altres arxius, la posició, orientació o escala que aquests tingueren en l'arxiu inicial es mantenen, de manera que les dimensions, rotacions i posicions dels objectes es conserven entre arxius. Si s'afegeix una malla, aquesta es deu d'assignar a un objecte ja existent per tant de tenir una visualització d'aquesta, ja que sols s'utilitzen els objectes per a realitzar els càlculs en el renderitzat. Aquest objecte tindrà una escala, rotació i posició concreta que determinarà la disposició de la malla, és a dir, l'escala, rotació i posició del model depenen de l'estat anterior de l'objecte en la nova escena i no de l'anterior.



Il·lustració 10 Jerarquia de la informació



Il·lustració 11 Informació ampliada

- *Append*

Aquesta opció crea una còpia completa de les dades de l'arxiu original. Permet modificar aquesta en la nova còpia local del objecte, sense que els canvis realitzats no afecten el fitxer original. Aquest mètode implica un augment del pes del fitxer, ja que és com si el model ha sigut modelat inicialment en aquest.

- *Link*

Aquesta opció crea una referència a la informació del fitxer original, d'aquesta manera, qualsevol canvi en aquest es veu reflectit en els fitxers que l'utilitzen com a referència. Els objectes que s'introdueixen en l'escena d'aquesta manera no poden ser editats de cap manera (ni tan sols modificar la posició). Aquesta opció no augmenta el pes del fitxer final i permet una modificació ràpida de totes les instàncies que s'hagen afegit a l'escena final.

Cal anomenar que tota informació afegida mitjançant un *link* es pot fer una còpia local mitjançant un comandament.

- *Link Proxy*

Aquesta opció manté les característiques d'un *link* amb la capacitat de modificar les transformacions principals de l'objecte, mantenint certes restriccions sobre aquest com l'edició de la malla o l'assignació dels materials.

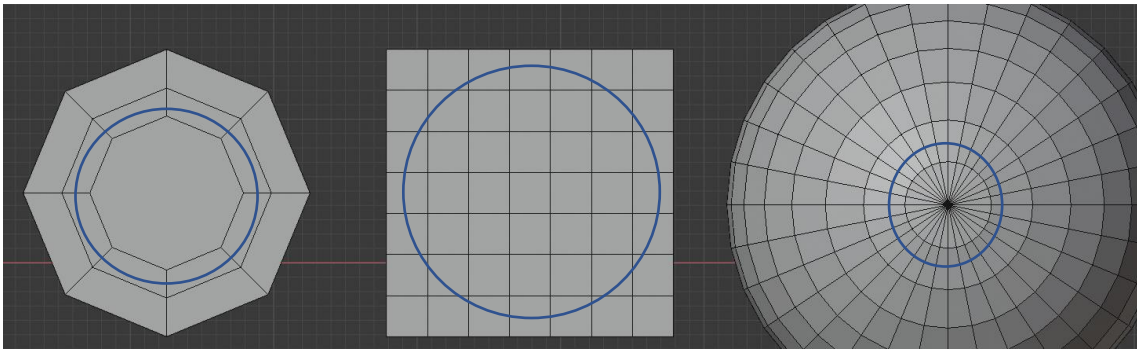
Per a les dues últimes opcions cal mantenir una estructura organitzada en la gestió dels arxius, ja que si la ruta varia durant la realització de l'escena per qualsevol motiu es produiran errors. La falta d'arxius provoca la desaparició de la malla o l'objecte i de tota la informació que aquesta conté. De la mateixa manera la perduda de textures implica una imatge morada predefinida pel programa que indica la desaparició del fitxer en concret. Aquest projecte està configurat amb rutes relatives per a previndre errors en el moment en que es canvia d'ordinador.

Per tant s'utilitzarà l'opció *Link Proxy* per a la realització d'aquest treball, ja que aquesta opció permet mantenir el pes del fitxer baix amb la possibilitat de modificacions menors en els objectes afegits.

4.3. Modelatge

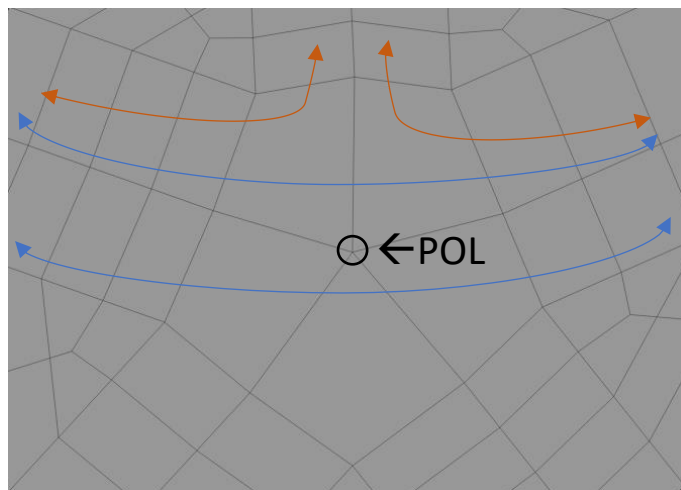
4.3.1. Topologia

El principi en el qual es basen tots els models 3D és la topologia. L'adequació d'aquesta ve definida per l'ús al qual se li donarà al model una vegada finalitzat, ja que una topologia que és correcta per a un model estàtic pot no ser-ho per a un model animat. En primer lloc cal definir què és la topologia: en un model 3D de superfícies poligonals, una col·lecció de vèrtex, arestes i cares defineix una forma específica, la disposició d'aquests es considera un model alàmbic i la distribució d'aquest model és la topologia. Normalment la topologia es reconeix com als polígons que formen la malla final de l'objecte, aquesta es basa en el nombre de costats de totes les cares. Principalment s'utilitzen tres nomenclatures per a les cares: *tri*, *quad* i *N-gon*, en funció de si tenen tres, quatre o més arestes.



Il·lustració 12 Topologia amb N-gon, quad i triangles

En segon lloc cal definir el concepte de *loop*, un *loop* és una successió de cares que idealment han de seguir la forma del model per a facilitar la creació d'aquest i la deformació de la malla en cas que siga necessari. Aquest concepte va lligat als quads, encara que és possible i de vegades inevitable tenir triangles o *N-gons* en els models. Aquests trenquen el *loop* i dificulten la utilització de les eines de modelatge. Per tot açò es considera una topologia correcta aquella que únicament està formada per quads i conté el mínim nombre de pols. Un pol és un vèrtex en el qual flueixen qualsevol nombre d'arestes distint de quatre, la presència d'aquests dificulta la deformació de la malla i varia la direcció dels *loops* d'aquesta a més de produir errors en l'ombrejat i en els models amb subdivisions. En el cas de la imatge inferior, es pot observar com hi ha un parell de *loops* que creuen lateralment la malla (color blau) que busquen variar en direcció vertical gràcies al pol generat en el centre (color taronja).



Il·lustració 13 Pol de 5 arestes

El concepte de topologia correcta varia, com ja s'ha anomenat abans, de l'ús que se li donarà a la malla. Per al modelatge amb subdivisions (utilitzat en elements de l'escena tals com la decoració del campus) o amb animació. Per tant els edificis, arbres i escultures no requereixen una topologia perfecta per a funcionar correctament (en l'escena concreta i amb les tècniques que s'han utilitzat). Aquests models poden tenir triangles i quads sense cap problema, però cal evitar en el màxim del possible afegir *N-gons* als models, ja que a l'hora de triangularitzar el model per a exportar-lo a un motor gràfic per a videojocs produeixen triangles aleatoris i normalment empitjoren el resultat (per a la realització de realitat virtual).

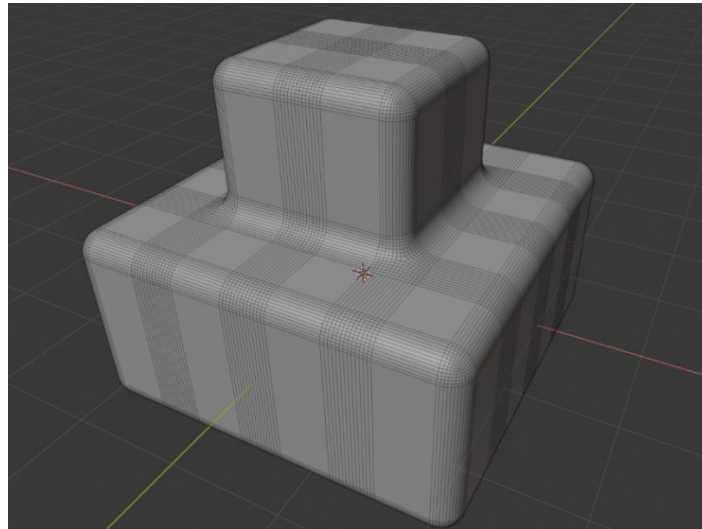
4.3.2. Tècniques de modelatge

Existeixen una gran varietat de tècniques utilitzades per al modelatge amb elements poligonals, i totes són igualment vàlides per a qualsevol classe d'objecte que es vulga recrear. Per a aquest treball s'utilitzaran les tècniques de: modelat senzill, modelatge amb subdivisions i modelatge amb sistemes de partícules. El primer mètode és el modelatge senzill, aquest consisteix en el moviment de vèrtex i arestes manualment, normalment va acompanyat de l'ús de modificadors que simplifiquen la tasca, tals com simetria, repetició, boleanes i engrosament.

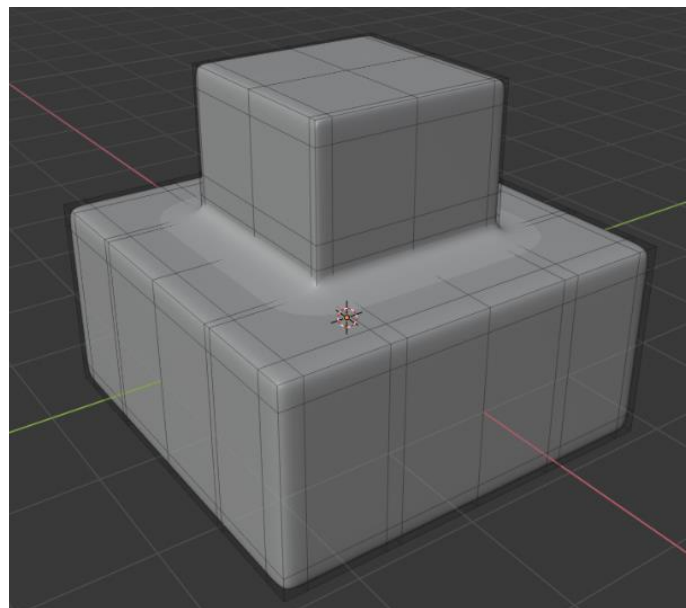
Es caracteritza per un nombre elevat de polígons per a obtenir resultats amb gran nivell de detall, a més a més de ser un mètode destructiu per el qual no es pot rectificar un error ràpidament, ja que es modifica completament la topologia del model i no permet la recuperació de la versió anterior. El principal avantatge és la facilitat per a crear formes geomètriques bàsiques, com components cilíndrics o derivats d'elements cúbics, també permet un gran control sobre la topologia final del model.

El segon mètode és el modelat amb subdivisions, aquest permet obtenir superfícies suaus sense afegir geometria en excés i per tant mantenir la capacitat de modificació elevada, ja que les arestes controlen gran quantitat d'informació de manera indirecta.

No és un model destructiu, ja que la geometria final del model no és manipulada directament per l'usuari, el principal desavantatge d'aquest mètode és la necessitat d'aplicar el modificador de subdivisió (generant més vèrtex, arestes i cares per a assolir formes més suaus) abans d'exportar el model a altres tipus de software o a l'hora d'aplicar textures amb UV.



Il·lustració 14 Malla en modelatge senzill



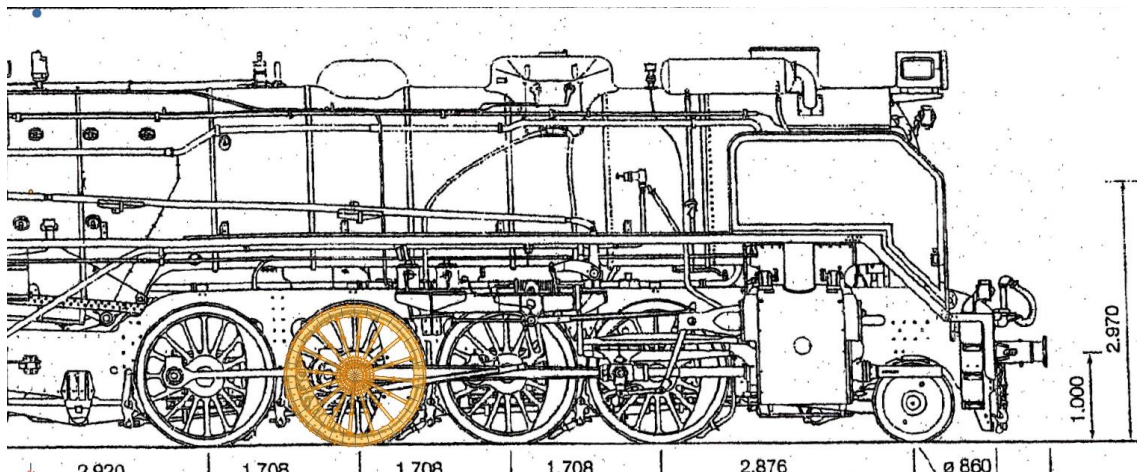
Il·lustració 15 Malla en modelatge per subdivisions

Com es pot veure en la il·lustració anterior, el modelatge senzill aporta gran control de la topologia final de l'objecte mentre que en el modelatge per subdivisions aquest es realitza per aproximació mitjançant uns càlculs de pesat de vèrtex. Açò provoca menors dimensions en el model final respecte als vèrtex dels que es disposen. Si es desitjara modificar qualsevol valor del model, com per exemple el radi d'acomodament entre les distintes superfícies, el modelatge senzill seria pràcticament impossible i l'única opció possible seria refer la peça. En canvi, amb l'altre mètode anomenat bastaria desplaçar uns pocs vèrtex de control del model.

Per a mantenir les proporcions correctes i una màxima precisió dimensional dels models s'han utilitzat imatges de referència, aquesta metodologia permet obtenir un model molt fidel a la

realitat mitjançant les projeccions ortogràfiques del model que es desitja recrear, cal anomenar que en productes d'enginyeria és molt comú tenir els plànols d'aquests, però molt sovint en element artístics no existeix aquest tipus d'informació o encara que existisca no és accessible per al modelador. Per açò, se sol recorre a fotografies de referència. Aquestes fotografies s'han de realitzar amb molta precaució, ja que és inevitable que aparega perspectiva en la imatge final, per a minimitzar aquests errors és menester realitzar la fotografia a una distància constant i correcta (aquesta varia en funció dels objectes a modelar), a una altura constant i amb vistes el més ortogonal possibles i una distància focal elevada.

Una vegada obtingudes les imatges de referència s'ha d'ajustar l'escala d'aquestes per a fer coincidir les mesures modelades amb les de la realitat, si bé aquest pas no és imprescindible (ja que posteriorment es poden modificar les dimensions dels objectes de manera proporcionar en els distints eixos de treball). En aquest treball s'han utilitzat la següent tècnica per a aquest pas: buscar en bibliografia mesures reals dels objectes (o realitzant un mateix les mesures si el model està disponible) i mitjançant comparativa amb un objecte d'aquestes dimensions ajustar les imatges amb les quals es va a treballar.



Il·lustració 16 Escalat de les imatges de referència amb geometria comparativa

La millor referència possible per al modelatge és partir d'un fitxer CAD que permet tant obtenir les mesures reals sense cap classe de perspectiva, com ser importat al software de treball de manera que es pot referenciar directament la geometria basant-se amb el CAD.

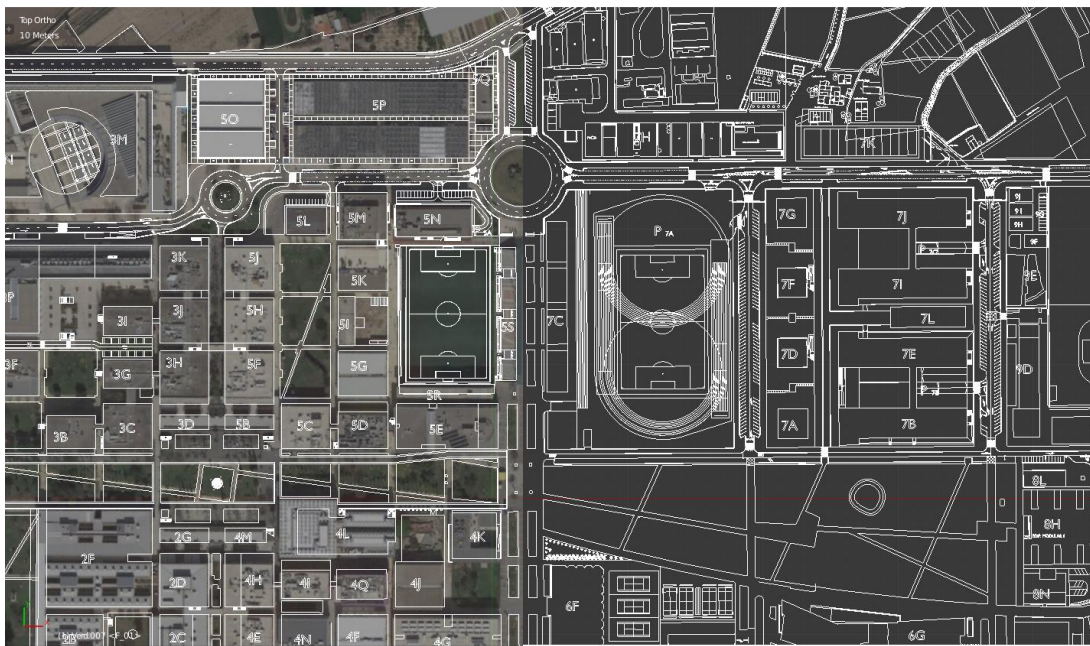
Així i tot cal tenir en compte problemes de transmissió de dades com pot ser l'escala del dibuix o errors en el tall (clipping) del visor 3D. Aquest error és degut al procediment del software 3D per a dibuixar en pantalla els objectes de l'escena. Aquest sistema en el qual es representa es basa en què es mostren en pantalla qualsevol objecte que se situe dintre dels plànols de tall del visor, aquests són: superior, inferior, laterals, frontal i posterior.

Els plànols de tall superior, inferior i laterals són aquells que coincideixen amb els límits del visor i per tant no solen introduir errors en la visualització (l'usuari té un límit gràfic que ho indica que sol ser el propi monitor), però els plànols frontal i posterior (que es defineixen de manera perpendicular a la càmera i a una distància definida) no tenen cap mena d'indicador gràfic que els identifique. El clipping és un problema que apareix quan es treballa amb objectes de

dimensions poc habituals, tant per ser excessivament menuts com grans. El problema del clipping és en definitiva quan un objecte se situa fora d'aquests plànols i per tant es talla la visualització d'aquest en la intersecció amb eixos plànols. La solució ha sigut modificar la distància de tall d'aquests plànols, tant des de la configuració del visor 3D com des de les distintes càmeres que s'han utilitzat per a realitzar els renderitzats.

4.3.3. Models

En aquest apartat es presenten els models realitzats de més interès per a l'escena. Així com el procediment per a la realització d'aquests. En primer lloc cal anomenar la preparació de l'escena, ja que s'utilitzen dues referències per al modelatge i la disposició dels distintes elements. En concret s'ha superposat el plànol CAD a una imatge aèria per a facilitar la lectura, i col·locació dels distintes elements dintre de l'escena. Aquests elements se situen dintre d'una col·lecció separada de la resta de l'escena per a eliminar-la dels renders i facilitar la visualització en el procés de treball.



Il·lustració 17 Referència utilitzada per a l'escena

- **Edificis**

Per a realitzar els models de les distintes edificacions situades en l'escena, existeixen dues possibilitats, la primera d'aquestes és realitzar un model complet de l'edifici, açò implica una recreació de l'exterior del mateix i de l'interior. D'altra banda existeix la possibilitat de modelar sols els aspectes exteriors, aquesta última opció permet estalviar una gran quantitat de recursos amb una perduda del realisme de l'escena.

Com l'escena que es va a realitzar presenta majoritàriament un producte a l'aire lliure i l'interior de les edificacions no aporta res d'interés a l'escena, s'ha decidit no modelar els interiors. Per a solucionar el problema de falta d'informació en els renders s'ha optat per aprofitar l'efecte Fresnel que caracteritza les superfícies amb transparències.

❖ Efecte Fresnel

El principi de Fresnel es basa en l'angle d'incidència de la llum amb una superfície. Està directament relacionat amb la quantitat de reflexió, a menor angle d'incidència major és l'efecte de reflexió. Aquest fenomen es pot visualitzar fàcilment en llacs i platges amb aigües calmades.



Il·lustració 18 Efecte Fresnel en un llac

Com es pot observar en la imatge, en la part inferior d'aquesta l'aigua té principalment un efecte de transparència on l'angle de la llum que aplega a la càmera des de l'aigua és pràcticament perpendicular, en canvi en el fons del llac es pot veure com aquest perd l'efecte de transparència i principalment hi ha reflexió.

A causa de tot açò s'ha decidit utilitzar les finestres amb un efecte Fresnel elevat, de manera que aquestes resulten reflectants al 100%. Per a justificar de manera extra aquesta decisió s'ha optat per anar al campus a extraure diverses fotografies, en les que es pot veure com la reflexió de les finestres és elevada fins i tot per a angles pràcticament perpendiculars, a tot açò cal afegir que aquest efecte es veu afavorit quan hi ha una gran diferència lumínica entre l'interior i l'exterior de les distintes sales, ja que amb una habitació poc il·luminada aquest efecte es pronuncia més.

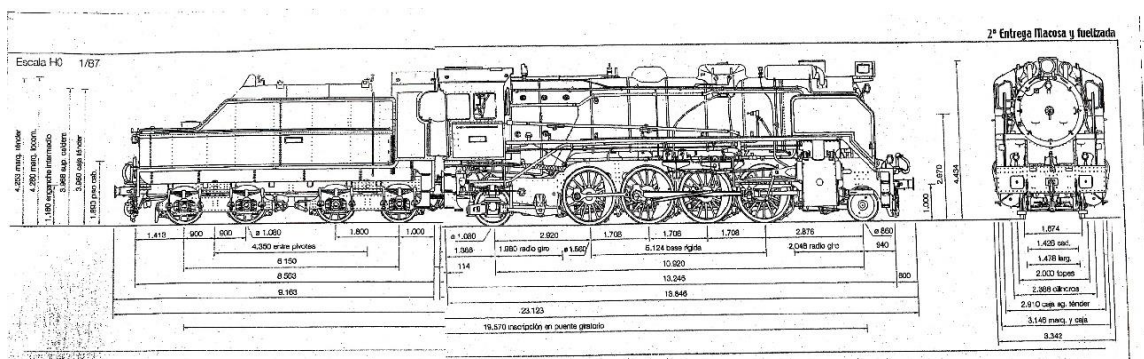


Il·lustració 19 Finestra reflectant

Una altra simplificació que s'ha realitzat ha sigut no treballar la part superior dels edificis, ja que les tomes que es pretenen fer no són aèries i per tant aquesta part no es visualitzarà en cap moment. S'afegiran els elements del sostre que es visualitzen des de les vies, tals com les baranes de seguretat instal·lades en el perímetre de les edificacions.

Per a la realització de l'escena s'han modelat els edificis emmarcats en la Il·lustració 6 Àrea de treball, en concret els edificis: 5L, 5M, 5K, 5I, 5G, 5D, 5C, 5F, 5H i 5J. Cadascun d'aquests té una façana completament diferent i disposició de finestres. Per al model d'aquests s'ha utilitzat el CAD per a obtenir les dimensions i imatges de referència per a les finestres, així com per al tipus de façana de cada edifici. Els models contenen principalment 4 parts, la primera és el conjunt de les façanes del mateix edifici que comptarà amb unes cavitats per al posicionament de les distintes finestres que seran objectes separats. D'altra banda els models dels pilars també es situaran per separat per a facilitar la topologia de les edificacions i no dificultar aquesta en excés ni afegir un nombre de polígons elevat per al funcionament de l'escena. Tot el relleu necessari a causa de l'acabat de la façana no es modelarà pels mateixos motius, en el seu lloc s'utilitzaran unes textures PBR realitzades exclusivament per a aquest treball.

- **Locomotora Mikado Renfe Serie 141f-2101**



Il·lustració 20 Esquema de la locomotora

Per al model de la locomotora Mikado s'han utilitzat imatges de referència i l'esquema de la imatge superior per a maximitzar la precisió i proporcions d'aquesta, els elements mecànics s'han simplificat i reduït per a minimitzar el nombre de polígons del model. El nivell de detalls d'aquesta s'ha de mantenir relativament, ja que en proves fetes als usuaris aquest model desperta interès. Per a modelar els objectes que presenten interseccions entre parts cilíndriques s'ha utilitzat la ferrament Shrinkwrap per a projectar parts de la geometria a les distintes superfícies d'interès i obtenir.

Una vegada realitzat el model de la locomotora s'han afegit també les vies i preparat el model per a introduir-lo a l'escena final. Aquest procediment es basa en primer lloc en realitzar una còpia de l'arxiu (ja que el procediment que s'utilitza és destructiu i per tant en cas d'haver de modificar alguna cosa no serà viable). En segon lloc una aplicació dels modificadors utilitzats per a minimitzar l'ús de memòria i finalment aplicació dels materials.

Aquest procediment s'ha utilitzat també amb la Grúa AHV 554 de Grafton. En el cas de la grua no s'ha pogut obtenir cap esquema ortogonal de referència amb dimensions, per la qual cosa s'han realitzat fotografies i buscant dimensions tals com la distància entre rodes per tal de mantenir el model dintre de les dimensions adequades (Il·lustració 16 Escalat de les imatges de referència amb geometria comparativa).

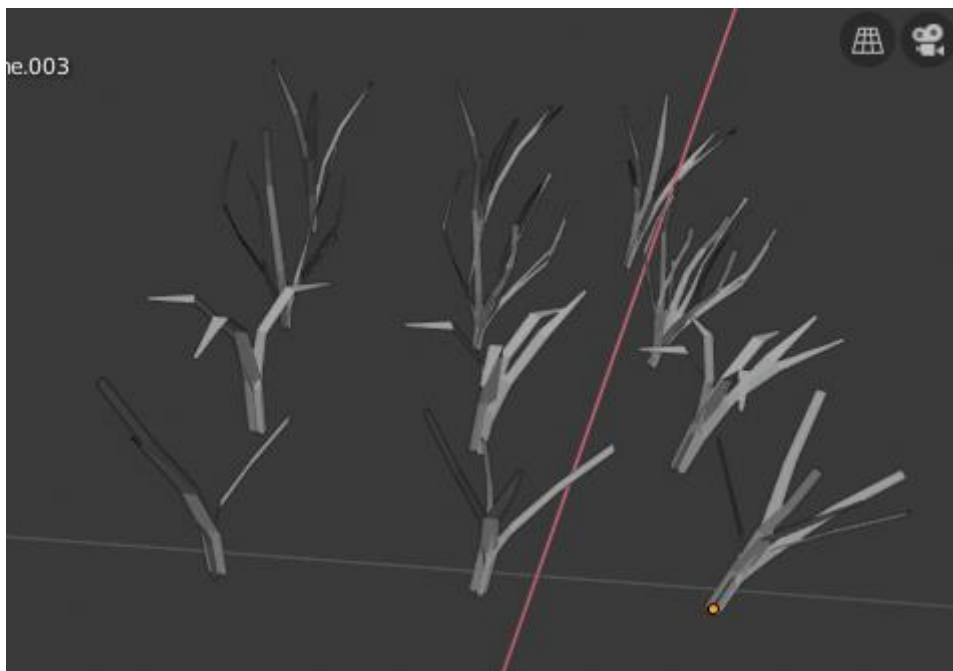
- **Vegetació**

Els elements naturals presents en l'escena seleccionada són els arbres i la gespa, els dos models van a ser realitzats amb la mateixa tècnica base, un sistema de partícules per a aleatoritzar els elements naturals i afegir realisme a l'escena.

Un sistema de partícules és un conjunt d'objectes emesos des de la malla, cadascun d'aquests pot ser un sistema de pèls o un objecte replicat en cada partícula. Aquests sistemes permeten interaccionar amb diversos elements de l'escena, que poden ser tant forces com altres objectes que interaccionen amb aquestes partícules.

Per a l'escena de la UPV es va a realitzar un model de partícules que no interactuarà amb altres elements, agilitzant la velocitat de render de l'escena. En primer lloc s'explicarà la creació de la gespa detalladament, posteriorment s'explicarà un exemple amb un arbre que afegeix un nivell extra de complicació al model.

En primer lloc es modelaran unes quantes variacions de gespa, el procediment per a realitzar-les es basa a crear una tira deformada i duplicar-la diverses vegades amb petites modificacions perquè no resulte homogènia. És important intentar que cap dels objectes creats es diferencie en excés de la resta, ja que aquest element es podria identificar fàcilment quan s'aplique el sistema de partícules al plànol corresponent. Una vegada creades aquestes variacions s'han d'agrupar perquè el sistema de partícules agafe elements del grup aleatòriament.

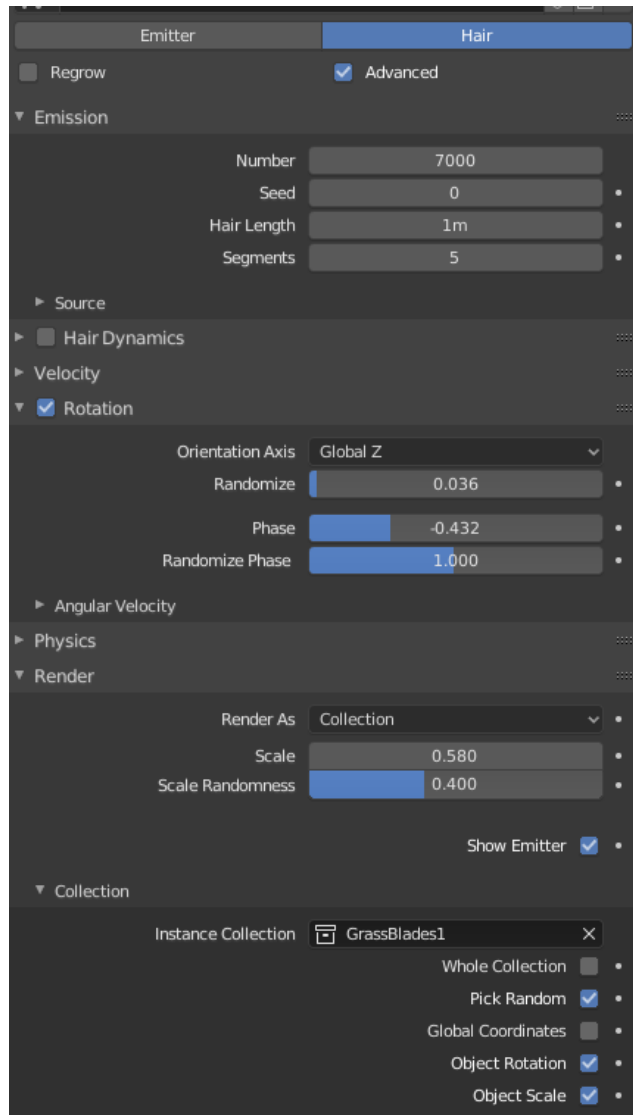


Il·lustració 21 Variacions de gespa

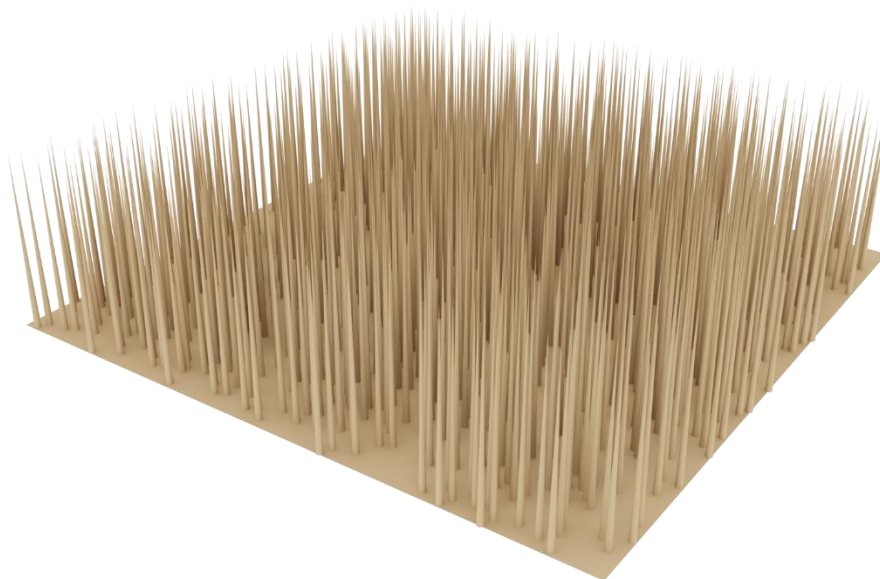
La configuració del sistema de partícules és la part més important a l'hora de generar la gespa i aportar realisme a l'escena. El primer punt a seleccionar és el tipus de sistema de partícules, emissor o tipus pèl, En aquest cas les distintes instàncies de la gespa van a estar fixes al terreny i no és necessari modificar la seua posició per tant s'utilitzarà l'opció de pèl que a més a més aporta la possibilitat d'introduir variacions en les dimensions.

El segon paràmetre més important és el nombre de partícules que es van a utilitzar per a la superfície seleccionada, cal anomenar que aquestes van fortament relacionades amb la superfície d'aquesta, ja que si es duplica l'àrea es deuria augmentar el nombre d'aquestes proporcionalment per a mantenir l'aspecte del sistema. En la Il·lustració 22 es pot veure un total de 7000 partícules (aquest valor és l'utilitzat per a un model de prova anterior). El valor final d'aquest paràmetre és de 900000.

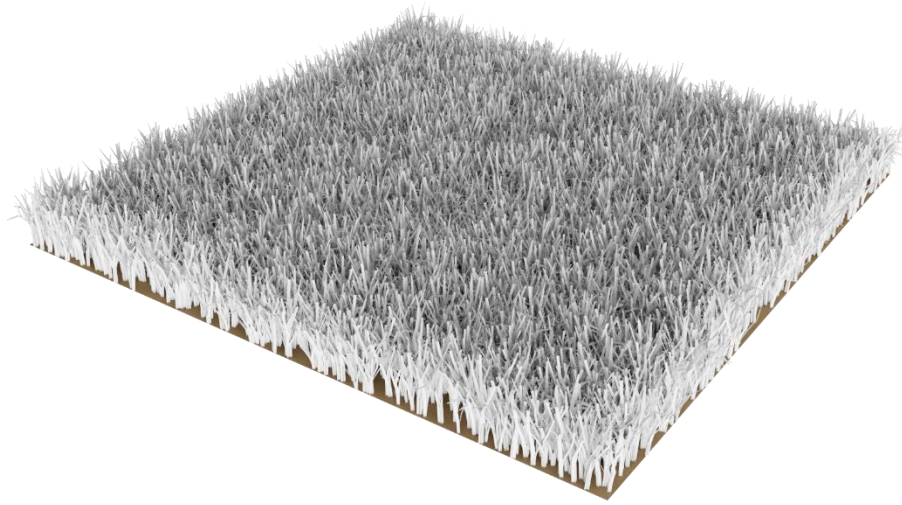
Finalment apart d'afegir aleatòriament objectes de la col·lecció que s'ha creat abans s'ha afegit aleatorietat tant a les dimensions de cada grup de gespa com a la rotació de la mateixa creant una variació absolutament aleatòria i natural dels elements creats amb anterioritat.



Il·lustració 22 Configuració de la gespa

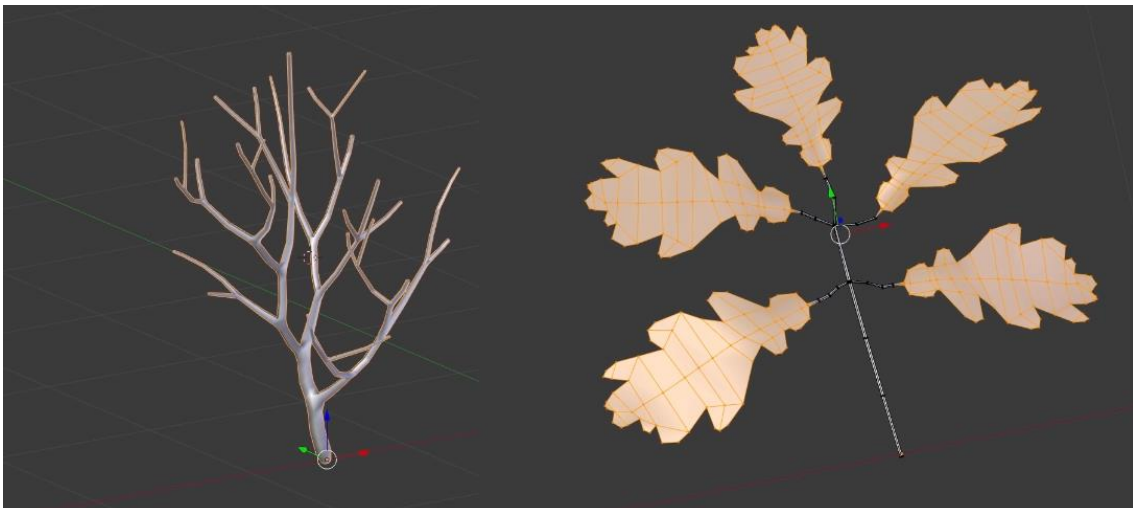


Il·lustració 23 Sistema inicial de partícules



Il·lustració 24 Model final amb gespa

Per a la creació dels arbres, el procediment és pràcticament el mateix, però en lloc d'aplicar un sistema de partícules a un plànol s'utilitza una geometria més complexa. Es parteix d'un model d'un tronc modelat mitjançant un model al·làmbric format únicament per arestes al que se li afegeix posteriorment un espessor (d'aquesta manera la geometria a manipular es minimitza), al que se li van a afegir distintes branques i fulles mitjançant el sistema de partícules. Aquestes poden estar formades tant de geometria com de plànols amb textures.

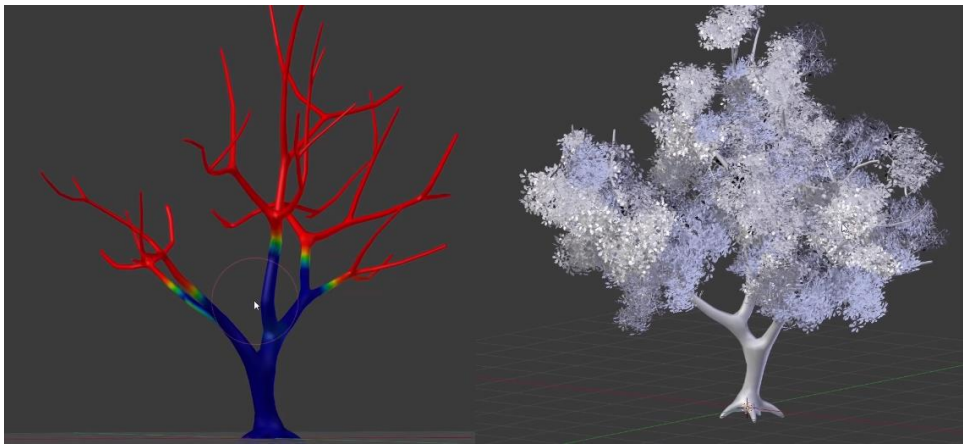


Il·lustració 25 Model base amb fulles per al sistema de partícules

Una vegada obtingudes les geometries necessàries, cal aplicar el sistema de partícules al tronc i les rames, en aquest cas no es pot utilitzar la mateixa configuració, ja que aquesta introduiria fulles en tot l'arbre, base del tronc inclosa. Per tant cal afegir un nivell extra en la configuració del sistema a realitzar. Aquesta és el pesat de vèrtex, a cadascun se li introdueix un valor entre 0 i 1 que indicarà la probabilitat que es genere una partícula en eixe vèrtex.

El sistema de partícules es pot realitzar amb distints emissors, aquests poden ser els propis vèrtex als que se li assigna un pes, les cares que componen les malles o fins i tot el volum del model generat. Per a poder utilitzar el pes en les cares i arestes de la malla el valor assignat a cada vèrtex s'interpolava entre arestes i cares per a obtenir una distribució uniforme en la superfície. Posteriorment s'assigna manualment el pes de cadascun dels vèrtexs, la representació visual d'aquests es basa en un gradient de color que varia des del blau fins al roig, de manera que aquest primer indica la probabilitat nul·la d'aparició de partícules i el roig un 100%.

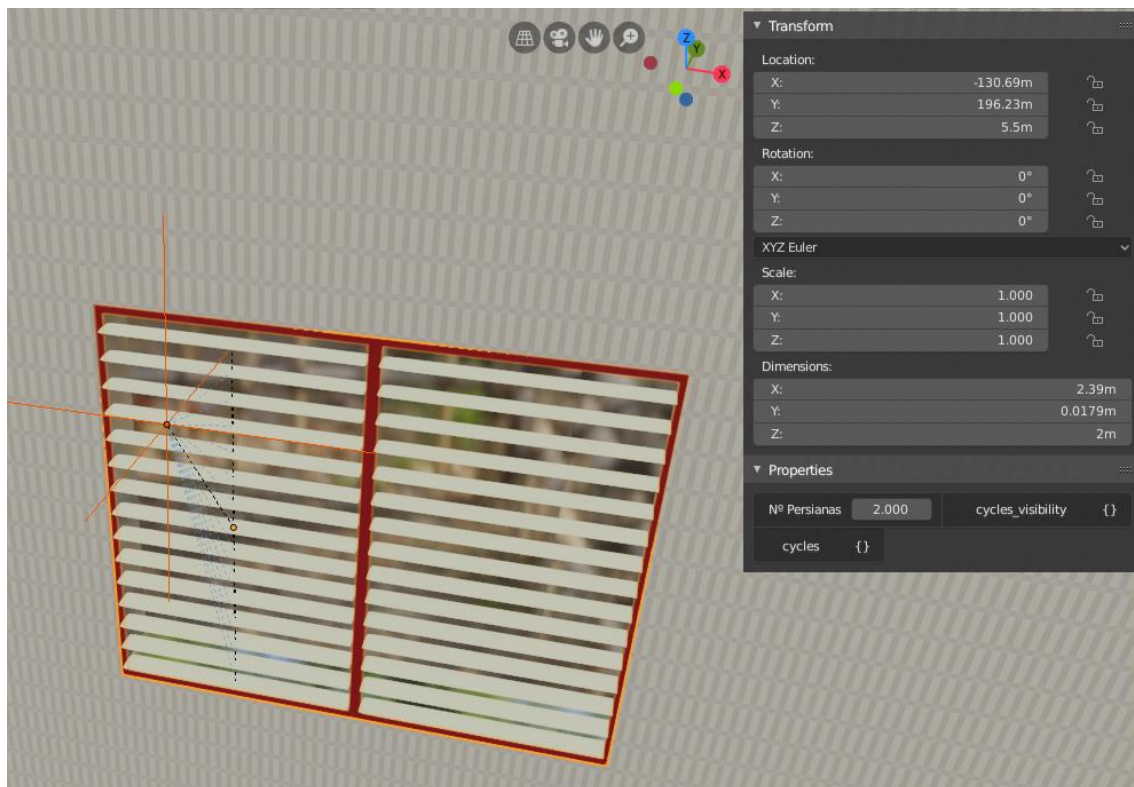
Cal anomenar que per a utilitzar aquest mètode és menester tenir suficient geometria (densitat de vèrtex) dintre del model al qual se li va a aplicar el sistema de partícules, ja que el sistema d'interpolació entre els distints punts d'interès és lineal. La resta de la configuració del sistema és pràcticament igual a excepció del nombre d'aquestes.



Il·lustració 26 Pesat de vèrtex i resultat final

- **Finestres del 5L i 5I**

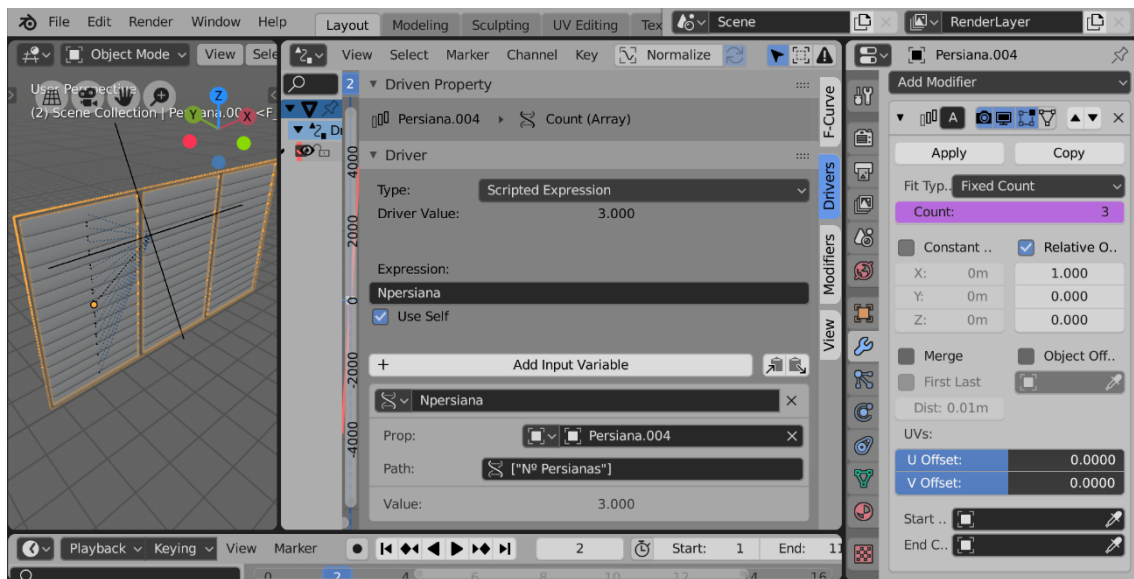
Aquestes finestres presenten una complicació extra respecte a la de la resta d'edificacions, per a trencar l'homogènia de l'escena. Ja que és una geometria que es repeteix moltes vegades. A més a més aquestes presenten distints graus d'apertura en cada conjunt de finestres i per tant s'ha desenvolupat un model amb sistemes de control i limitacions per al moviment. Amb aquesta configuració es busca facilitar l'ús del model, ja que va a ser utilitzat moltes vegades, en concret afegint al modelador un control visual de la rotació de la persiana i del nombre de repeticions d'aquesta.



Il·lustració 27 Control final per al modelador

El control es basa en un Empty que permet definir la rotació de cada part de la persiana, mentre que s'ha afegit una propietat al model per a poder variar el nombre de repeticions des del panell de propietats de l'objecte. Aquests elements podrien funcionar sense el sistema de control, però l'edició de cadascuna de les finestres resultaria excessivament tediosa.

En primer lloc cal definir una de les eines que s'ha utilitzat, els drivers. Aquests són una mena de controlar variables d'una funció mitjançant matemàtica. El principal avantatge d'aquest és que permet el control de gran quantitat de valors simultàniament en l'escena quan aquests no tenen cap altra possibilitat de comunicació. En el cas concret de l'escena, les finestres poden tenir diverses dimensions, totes aquestes múltiples d'un únic mòdul de la finestra original. Per tot açò la manera més lògica de modelar aquestes persianes és utilitzar un modificador de repetició. Cada part d'aquesta està modelada de manera independent com a un objecte a part (a causa de la necessitat de controlar la rotació dels elements mòbils). Per tant en cada finestra hi ha 16 elements que comparteixen un valor en el modificador comú i que en cas de modificar un, caldria modificar manualment la resta.



Il·lustració 28 Configuració del driver

El procediment a seguir per a la realització d'aquest control és el següent: en primer lloc s'ha creat el modificador de repetició per al marc de la finestra, aquest servirà com a base per a la resta d'objectes (que tenen bàsicament el mateix modificador condicionat per el valor del driver). En segon lloc, s'afegeix el driver a l'opció del nombre de repeticions, aquesta funcionalitat demostra la seua utilitat quan la complexitat de la formulació matemàtica augmenta, però en aquest cas sols es vol mantenir una proporcionalitat entre el valor introduït manualment per el modelador i el nombre de finestres que apareixeran posteriorment en el model. La variable s'ha definit dintre d'un rang de valors comprés entre 0 i 5 i s'ha afegit una petita descripció que informarà de la funcionalitat d'aquest valor a qualsevol persona que treballa en aquesta escena. Una vegada definida la variable i la funció que emprarà el driver amb aquesta sols cal assignar-lo a cadascuna de les parts involucrades. D'aquesta manera en introduir un únic valor (en aquest cas en l'apartat de propietats del marc) s'actualitzarà automàticament als 16 elements restants, agilitzant d'aquesta manera el fluxe de treball.

El següent sistema de control que s'utilitzarà i pel qual no s'ha modelat tot el conjunt com a un únic objecte sòlid és afegir un empty a cada finestra per a modificar la rotació dels elements. Aquesta opció sols és possible si són malles separades, ja que si no aquestes es comporten com si foren un sòlid rígid, sense capacitat de modificació entre distints punts. Per a açò s'ha limitat la rotació del empty a un únic eix local i bloquejat el desplaçament d'aquest, de manera que encara que la finestra estiguera orientada en distintes direccions el control continue sent robust i correcte. Una vegada la rotació d'aquest està completament limitada, s'ha afegit una restricció de còpia d'aquesta a cadascuna de les parts mòbils. Per a mantenir un moviment correcte cal posicionar l'origen de la malla en el punt de pivot que es desitja perquè siga la base de la rotació.

Una vegada finalitzada la creació dels models i les relacions d'aquestes s'han agrupat mitjançant la ferramenta de parentesc que permet transmetre els canvis de translació, rotació i escala simultàniament a un grup d'objectes. D'aquesta manera amb moure sols el marc de la finestra, tots els elements relacionats amb aquesta copiaran aquest moviment, amb l'avantatge de mantenir la capacitat de moviment relatiu entre els fills (parts mòbils de la persiana) i el pare (marc de la finestra).

- **Art**

Per a les distintes escultures existents en el campus no és possible obtenir diagrames ni plànols per a recrear-les, de manera que cal anar a altres opcions. En aquest cas s'ha optat per un modelatge manual mitjançant imatges de referència. Aquestes s'han realitzat buscant la màxima ortogonalitat possible de cada peça i a bona distància per a utilitzar una longitud focal elevada minimitzant l'efecte de perspectiva que hi ha inevitablement en cada fotografia. També s'han corregit posteriorment les dimensions de cada fotografia mantenint l'escala.

Aquest sistema no és tan precís i sol resultar complicat en el cas que les geometries tinguen un gran nombre de superfícies i aquestes siguen complexes, però en l'escena a treballar aquestes són relativament senzilles i per tant es poden recrear amb aquest mètode sense perdre el valor d'aquestes. En primer lloc cal homogeneïtzar les dimensions d'un objecte en les dues referències, en aquest cas s'ha utilitzat la base inferior per a aquest procediment. S'ha realitzat un breu procés de camera matching en el que es busca la posició, longitud i perspectiva de la càmera de manera que es pugui modelar directament realitzant una còpia damunt d'aquesta facilitant així el procés de creació del model.

El camera matching consisteix a utilitzar una fotografia per a quadrar la perspectiva de l'escena amb la de la imatge. Per a açò cal configurar la càmera del programa perquè coincidisca al màxim possible amb la que ha realitzat la fotografia.



Il·lustració 29 Camera matching per a infoarquitectura

- **Usuari**

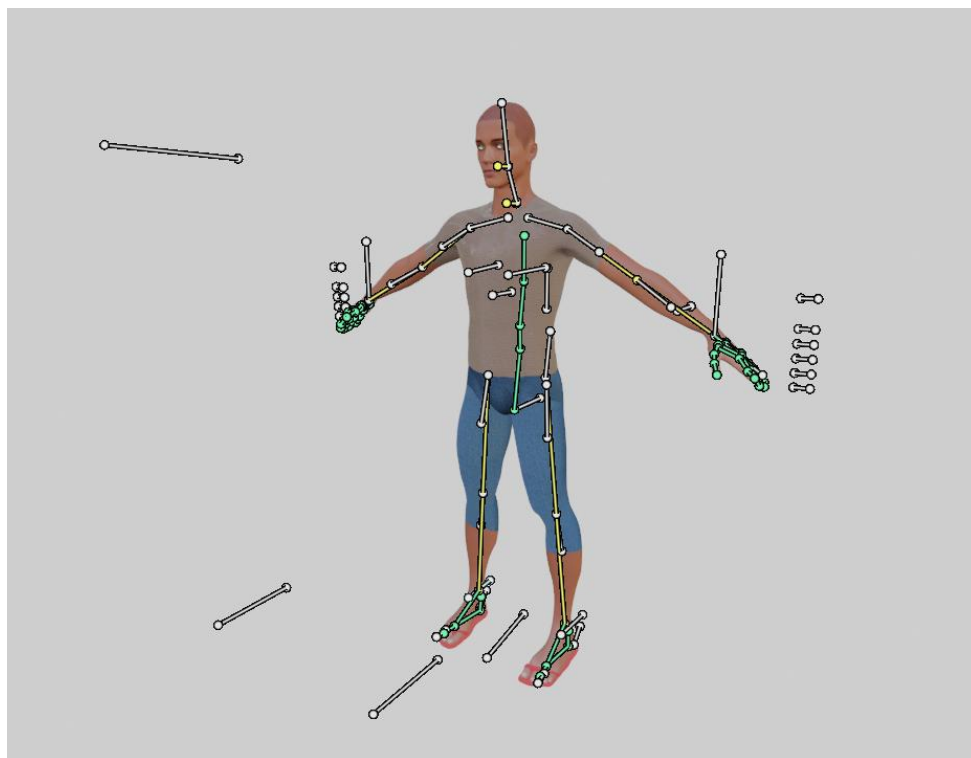
Per a contextualitzar el producte sol ser més efectiu si es mostra la forma en la qual l'usuari interactua amb el producte. Per això s'ha decidit modelar un usuari perquè munti el patinet i afegisca a més a més realisme a l'escena. El modelatge de personatges humans implica un gran coneixement d'anatomia i de modelatge per tal d'assolir un cert nivell de realisme. Per a estalviar temps en aquest projecte i com que la persona que munta el patinet no és el centre d'atenció de l'escena s'ha decidit utilitzar una extensió del programa que permet la creació senzilla de persones (MakeHumans addon).

Aquest permet generar de manera automàtica una malla amb la topologia correcta per a animació així com distints materials predefinits per a la pell i els ulls del model. A més a més el model compta amb un esquelet que permetrà deformar la malla a voluntat.

El procés d'afegir esquelets als models és típicament utilitzat per a les animacions, consisteix en assignar a cada os que forma l'esquelet un grup de vèrtex que es deformarà segons el moviment d'aquestos. Per a controlar millor el desplaçament de la malla mentres es posicionen els ossos, es creen per a cada grup de vèrtex creats uns pesos, que serviran per a ponderar l'influència de la deformació de distints ossos en un mateix grup de vèrtex.

D'altra banda, s'ha configurat el sistema de l'esquelet perquè la interacció amb l'usuari resulte el més senzill possible. Habitualment amb aquests sistemes la mobilitat dels ossos ve definida per la cadena directa de moviment, és a dir, per a posicionar correctament un peu, caldria col·locar manualment cadascun dels ossos, començant pel fèmur fins a aplegar al peu. Aquest sistema és poc pràctic a l'hora de realitzar animacions relativament complexes, pel que s'ha decidit incorporar un sistema d'Inverse Kinematic (IK) que permetrà realitzar aquestes animacions amb menor esforç. Es basa en una restricció de moviment dels distints ossos de manera que, movent una sèrie d'ossos de control el desplaçament i rotació dels ossos principals (en l'exemple de la cama el fèmur) s'aplique automàticament. Aquest procediment complica considerablement la generació de l'esquelet necessari per a la deformació de la malla, ja que cal afegir als ossos necessaris per al moviment uns de control de la posició i altres de la rotació perquè el programa calcule correctament els moviments necessaris.

D'altra banda s'ha modificat lleugerament la malla per a incorporar vestimenta al model, i assignat nous pesos als ossos corresponents per a garantir que aquests deformen correctament els nous elements incorporats.



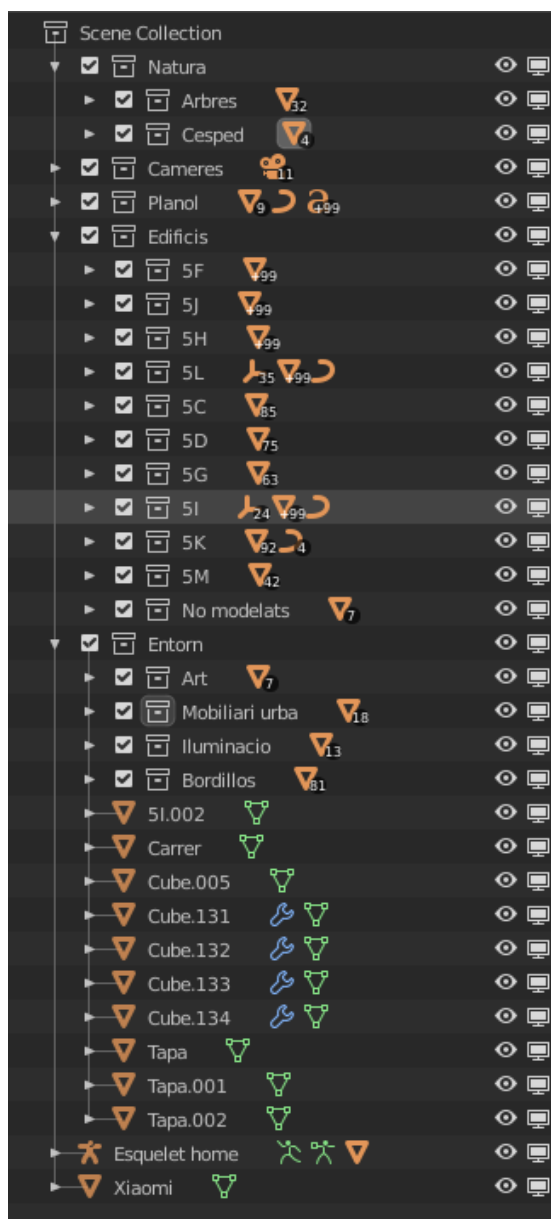
Il·lustració 30 Esquelet emprat per a la deformació

- **Escena**

Tots els elements modelats no tenen sentit fins que no s'unifiquen en una escena, de manera que aquests interactuen entre sí i creen l'espai desitjat. El més important a l'hora de crear el model final de l'escena és l'organització. L'escena final conté 2491 objectes, per tant, resultaria completament ingovernable si no s'estructura correctament des d'un principi. S'ha creat un total de 23 col·leccions per a mantenir l'arxiu correctament organitzat, a més a més, es permet llevar col·leccions de la visualització per a alliberar recursos de l'ordinador mentre es treballa en l'escena i per a eliminar components dels renders. D'aquesta manera l'escena es pot utilitzar en gran quantitat de situacions amb mínimes modificacions.

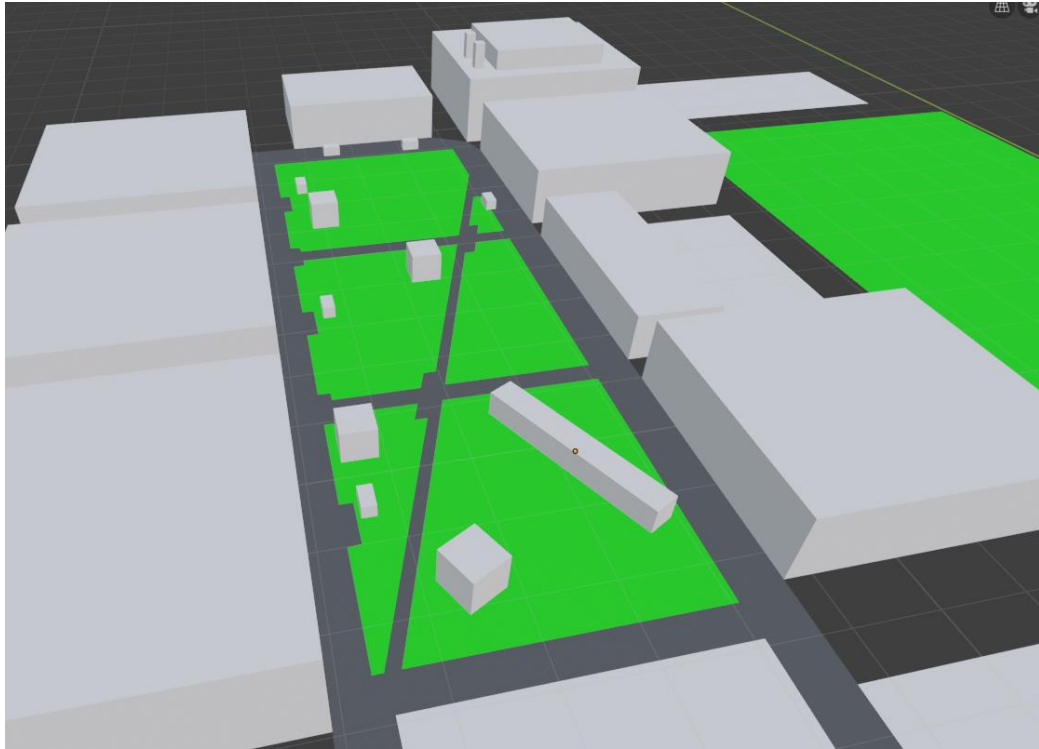
Les col·leccions són una ferramenta per a l'organització de l'escena, entre altres coses, que funcionen bàsicament com carpetes agrupadores d'elements, de manera que aquests es poden seleccionar còmodament per a treballar amb ells.

La planificació seguida per a la realització de l'escena es basa en principis de volums i rendiment. En primer lloc, s'ha decidit que els últims elements a afegir a l'escena siguin aquells que tenen sistemes de partícules, tals com els arbres i la gespa, ja que consumirà una gran quantitat de recursos i ralentitzaren la navegació i l'ús d'aquesta. D'altra banda, quan aquests sistemes s'afegesquen, no tindran el nombre final de partícules fins a la realització dels renders finals, una vegada s'haja comprovat que no hi ha errors en l'escena, tant de materials com de models.



Il·lustració 31 Organització de l'escena

En primer lloc es buscaran elements de grans dimensions per a quadrar les proporcions generals. Els edificis són modelats com ja s'ha anomenat segons el plànol i els blocs d'altres elements com la locomotora o mobiliari urbà s'han fet mitjançant la vista àrea. Aquest pas és important per a mantenir una proporció realista entre els distints objectes de l'escena en cas de no tenir les dimensions exactes dels distints elements.



Il·lustració 32 Volums generals de l'escena

Una vegada assignats els volums sols cal fer l'enllaç a cadascun dels models realitzats per a variar la malla emmagatzemada en l'objecte. D'aquesta manera qualsevol canvi que s'haja de realitzar s'actualitzarà automàticament al model de l'escena. Cal anomenar que no s'han realitzat tots els models necessaris en arxius separats, ja que hi ha gran quantitat d'aquests que tenen una complexitat mínima o funcionen millor si estan en l'arxiu original (el cas de les persianes dels edificis 5L i 5I que contenen codi). Aquests elements són: les voreres que estan al voltant de la zona verda, finestres, escales, baranes i portes.

4.4. Materials

Els materials afecten la representació final de l'objecte, aquests aporten informació sobre el color, la rugositat i fins i tot el relleu de l'objecte que s'ha modelat. La definició d'aquests junt amb la qualitat del model realitzat suposa el nivell de realisme de l'escena, pel que són un element crucial a l'hora de realitzar els renderitzats. El sistema de creació de materials es basa en un funcionament per nodes, aquests poden utilitzar elements procedurals o imatges per a donar la informació necessària al motor de render. També existeixen altres nodes destinats a la modificació de les propietats dels anteriors que és mostraran més endavant. Aquest material s'aplica a l'objecte generat mitjançant l'assignació als diferents polígons que formen la malla. La manera en què s'assignen depèn de la configuració pròpia del material respecte a les coordenades de textures. Aquesta pot tenir gran quantitat d'opcions, les emprades en aquest treball són principalment:

- Coordenades d'objecte

Les coordenades d'objecte resulten de gran interès quan es generen textures procedurals, ja que aquest provoca una distribució tridimensional homogènia de la textura, de manera que no es produeixen deformacions degut al canvi d'escala no uniformes en les malles. Utilitza les coordenades de l'objecte com a referència.

- Coordenades UV

Basades en el mapa d'UV de l'objecte si aquest té. Aquest mapa és el mètode més utilitzat per a aplicar textures 2D a objectes 3D. Es basa en un desplegat de la malla, aquest pot ser indicat al programa mitjançant marques de tall de la malla o amb una selecció concreta de les cares que es desitgen desplegar.

Per a la creació dels materials utilitzats en l'escena s'ha creat una llibreria pròpia que permet intercanviar els diferents materials entre arxius i models d'una manera ràpida i senzilla. Amb açò s'ha simplificat el procés d'assignació de materials, ja que hi ha diversos materials compartits entre diferents models i l'assignació dels materials deu ser feta en l'arxiu en què s'ha modelat cada objecte.

4.4.1. Elements procedurals

En primer lloc cal definir que és una textura procedural dintre del món dels gràfics generats per ordinador. És tota aquella textura que es genera mitjançant una descripció matemàtica en lloc d'amb informació emmagatzemada en el disc dur com per exemple imatges. Se solen utilitzar per a representar materials naturals a causa del seu factor aleatori, que permet evitar un dels errors més comuns a l'hora d'emprar textures 2D, la repetició d'aquestes. Quan una textura és repetida moltes vegades l'usuari acaba veient els patrons que formen aquesta, pot ser degut a variacions de colors especial (una taca en alguna part) o a una geometria repetitiva. També soluciona un altre problema, els punts d'unió entre distintes textures.

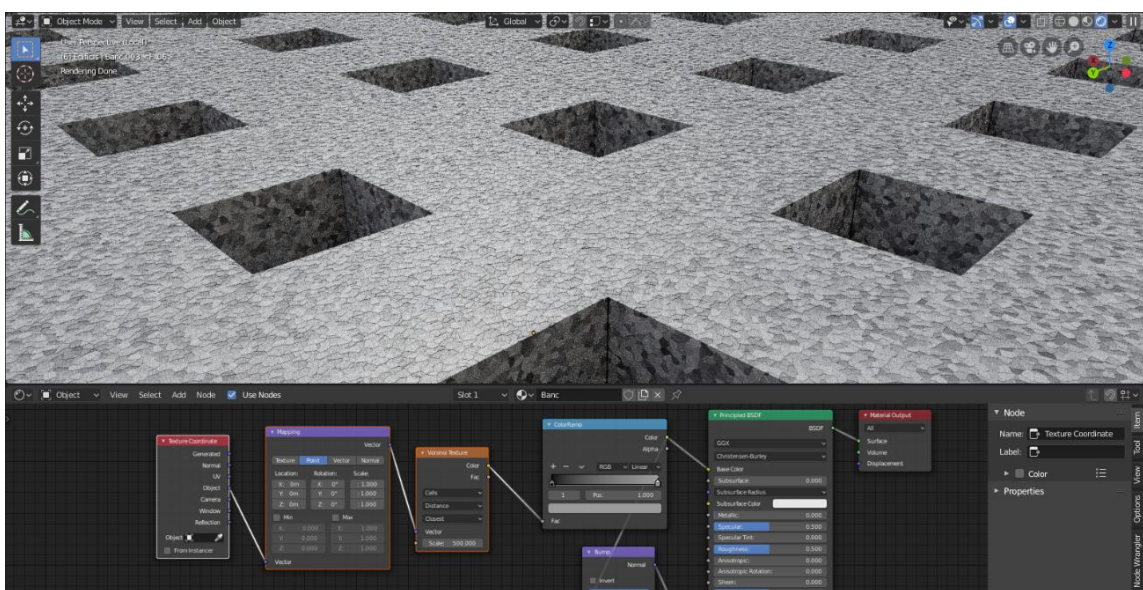


Il·lustració 33 Marques d'unió en la textura

Açò és degut al fet que amb la formulació matemàtica, aquests elements no tenen un límit de textura i per tant es poden aplicar a tot un objecte de manera senzilla i ràpida. D'altra banda, els elements que funcionen amb textures 2D i UVs solen requerir costures (punts de partició de la malla per a poder desplegar aquesta sense una distorsió elevada de la mateixa).

La gran majoria de textures creades per a aquest treball són procedurals, ja que s'han utilitzat materials senzills buscant dues coses. La primera, minimitzar els recursos emprats en els renderitzats (un arbre de nodes complex requereix més recursos). La segona és que els elements que solen demandar textures digitalitzades es caracteritzen per un nivell de detall elevat (com imperfeccions superficials, brutícia, o una textura concreta).

La complexitat dels arbres de nodes ve definida pel nivell de detall que es desitja donar als objectes en el seu material. En la il·lustració 34 s'ha emprat una textura voronoi a la que s'ha limitat l'escala de colors entre tons negres i grisos i aplicat un relleu al material perquè la reflexió de la llum varie en la superfície. Aquest arbre de nodes és relativament senzill, però forma la



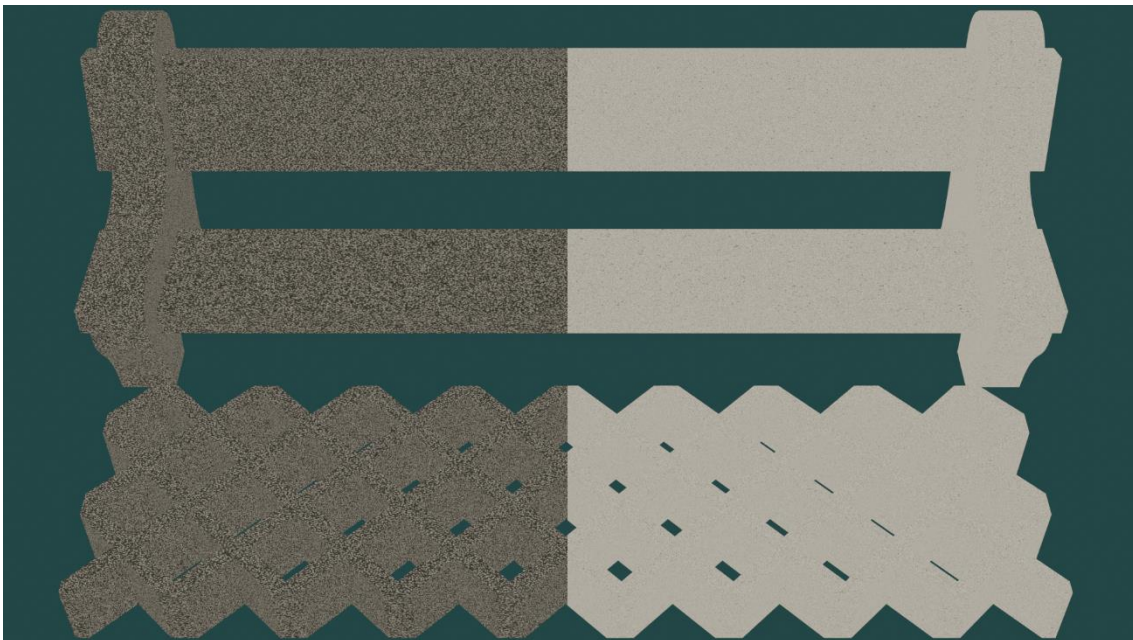
Il·lustració 34 Material utilitzat en un banc

base per a altres materials utilitzats en l'escena. Cal anomenar que els materials s'han de fer sempre amb una referència de l'objecte real per a garantir la màxima semblança possible.

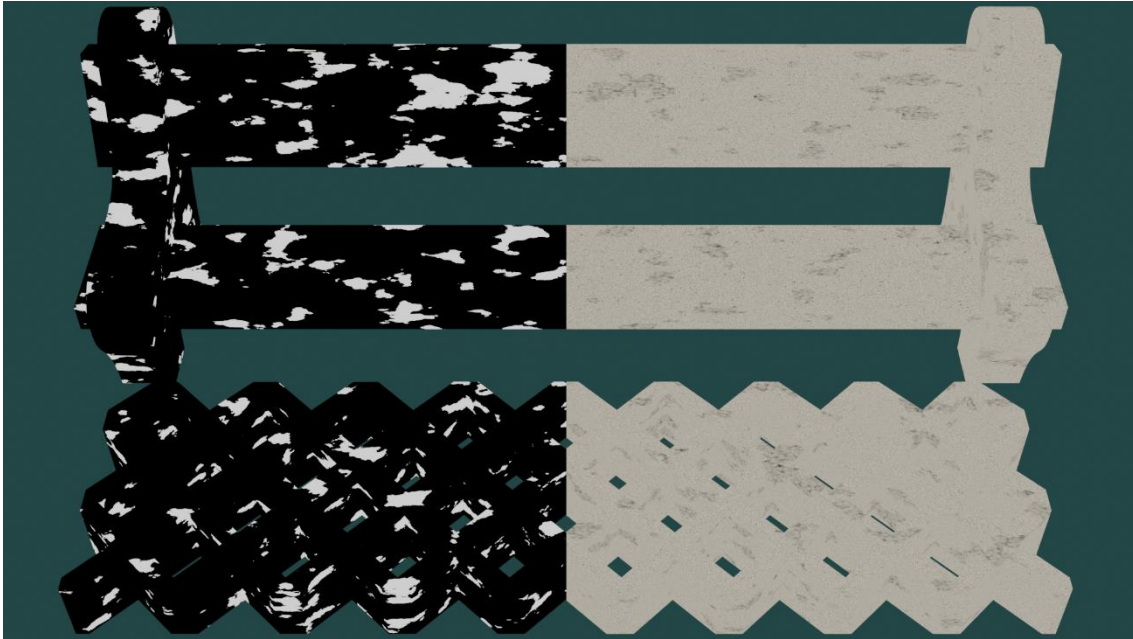
Aquest material no té cap tipus d'imperfeció ni varietat en tot el model, de manera que si es desitjara afegir variabilitat a la superfície del model caldria complicar lleugerament l'arbre de nodes. En el cas de la il·lustració 35 s'ha buscat afegir aquesta variació, per a poder obtenir-la el procediment es basa en l'obtenció de dues textures amb base voronoi iguals a l'anterior unides mitjançant una màscara generada aleatòriament amb textures de soroll combinades entre si.

Per a la generació del material s'ha seguit el següent procediment: en primer lloc es genera la textura procedural bàsica, que cobrirà la major part del model, al igual que en l'exemple anterior del banc. En segon lloc es genera una segona textura amb distintes proporcions, buscant una gran variació de color i tamany respecte de la primera i en tercer lloc aquestes dues textures s'uneixen mitjançant una màscara que indicarà al material quines parts del model corresponen amb cadascun dels materials, aquesta tècnica permet una transició entre textures suaus i interactiva per a la generació dels materials. En el cas de la Il·lustració 35 s'ha emprat una textura procedural tipus soroll barrejada amb una voronoi per a unificar millor l'aspecte final del model.

Aquest mateix procediment s'ha utilitzat per al terra de la majoria de l'escena, en un tram existeix una altra textura procedural de tipus rajola que simula aquestes, en aquest últim tram es podria utilitzar textures escanejades també però a causa de la baixa visibilitat d'aquest s'ha optat per simplificar el material minimitzant així el temps de render.



Il·lustració 35 Comparativa de textures



Il·lustració 36 Resultat final i màscara

4.4.2. Elements digitalitzats

El segon tipus de textures utilitzades es basa en fotografies o textures PBR que poden ser produïdes mitjançant escanejat o un procés de bake d'un model 3D. En aquest treball s'han utilitzat les dues metodologies per als elements més complexos en el que la creació de la textura suposa excessivament costosa o per a minimitzar el nombre de polígons en les distintes edificacions trobades.

En primer lloc cal definir quines textures es volen utilitzar, en aquest cas s'han triat les seamless (aquestes es caracteritzen per no produir una marca en cas de que aquesta es repetisca, és a dir, una marca clara en el model degut al límit de la textura). D'altra banda, també es busca que aquestes siguin PBR (Physically Based Rendering). Aquestes es caracteritzen per aportar informació extra al motor de render, tals com l'angle en el qual devia reflectir la llum si existira geometria en lloc de la textura (informació aportada per el mapa de normals), rugositat de cada element particular o la diferència d'altura entre distintes cares de la malla.

Aquestes textures anomenades anteriorment es coneixen com a "Albedo" o "diffuse" per a aquelles que inclouen únicament informació del color, "normal" per a aquelles que indiquen l'angle de reflexió de la llum i "height" per a les que indiquen la profunditat que té la malla. Aquest mateix procediment s'ha utilitzat per al terra de la majoria de l'escena, en un tram existeix una altra textura procedural de tipus rajola que simula aquestes, en aquest últim tram es podria utilitzar textures escanejades també però a causa de la baixa visibilitat d'aquest s'ha optat per simplificar el material minimitzant així el temps de render.

- **Albedo**

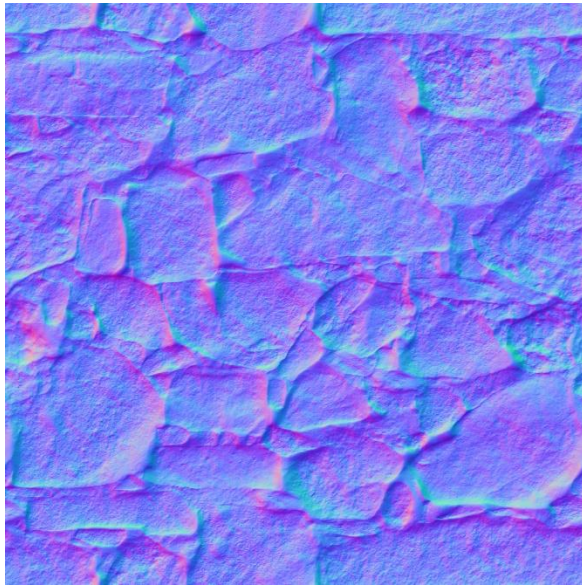
Aquesta textura aporta informació cromàtica al material (combinació R, G, B habitual per a la representació d'imatges), aquesta és l'única utilitzada principalment quan es busca una representació realista. Permet reconèixer formes i elements. L'ús d'aquesta textura sense cap altra donarà a l'usuari la sensació de poca profunditat, però pot ser utilitzada de manera aïllada per a elements molt distants o menuts en el que no es prestarà atenció.



Il·lustració 37 Textura tipus albedo

- **Normal**

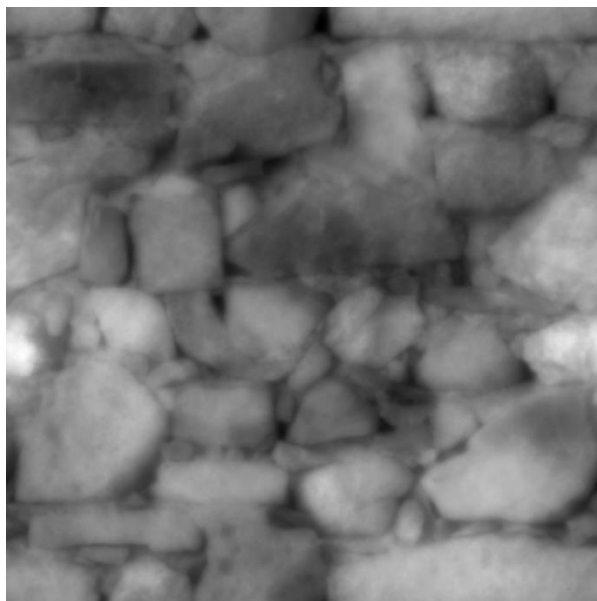
Aquesta textura augmenta el temps de render general de l'escena, però permet aportar una gran quantitat de realisme, ja que indica al motor de render com interactuaria la llum amb l'objecte en cas que aquest tinguera geometria en lloc d'una textura, és a dir, aporta informació de l'orientació de les cares, és a dir, proporciona el vector normal de la cara en coordenades x, y, z. El funcionament d'aquesta textura s'explicarà en el pròxim apartat així com el procediment necessari per a obtenir-la en funció de quina informació es tinga com a informació de partida.



Il·lustració 38 Textura tipus normal

- **Height**

Aquesta textura afegeix la informació d'altura que tindria la geometria respecte d'un plànol base, es pot utilitzar per a generar un desplaçament virtual de la geometria que junt amb el mapa de normals permet una representació més acurada del model. Els valors d'aquesta imatge en blanc i negre implica una escala de valors entre 0 i 1 obtinguts proporcionalment entre els punts màxims i mínims que devia tenir la malla.



Il·lustració 39 Textura tipus altura

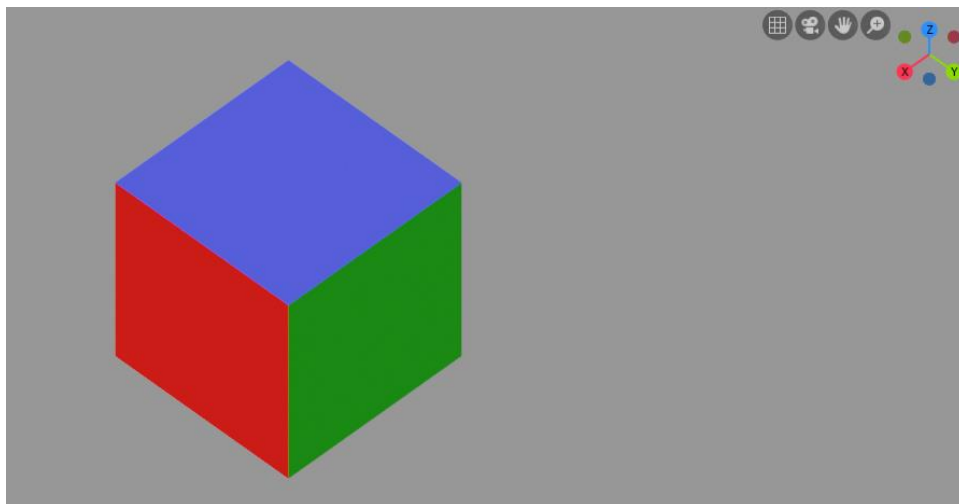
4.4.2.1. Bake

El procés de bake o cremat es pot utilitzar en una gran quantitat de processos, generalment s'utilitza per a mantenir una sèrie de resultats optessos mitjançant un procés de computerització, precalculant diversos elements de manera que s'agilitzen els processos posteriors. S'empra principalment en animació, simulació i texturitzat d'elements 3D per a minimitzar els recursos necessaris durant l'elaboració dels distints projectes. En aquest cas s'utilitza per a obtenir les textures tipus PBR necessàries per a la creació de materials realistes. Aquestes es creen mitjançant una transferència d'informació de la malla en distintes imatges tals com el relleu de la geometria o la direcció de les cares entre altres coses.

El procediment per a obtenir aquestes textures parteix generalment de la base de dos models: un d'aquest en alta resolució, es a dir, una gran quantitat de detall i polígons. L'altre model es conegut com a model de baixa resolució que imita de manera tosca el model inicial amb pocs polígons per a minimitzar l'ús de recursos. Posteriorment es crea a distribució de les coordenades UV, per a indicar al software quina part de la imatge correspon a cada superfície del model en cas de que siga necessari.

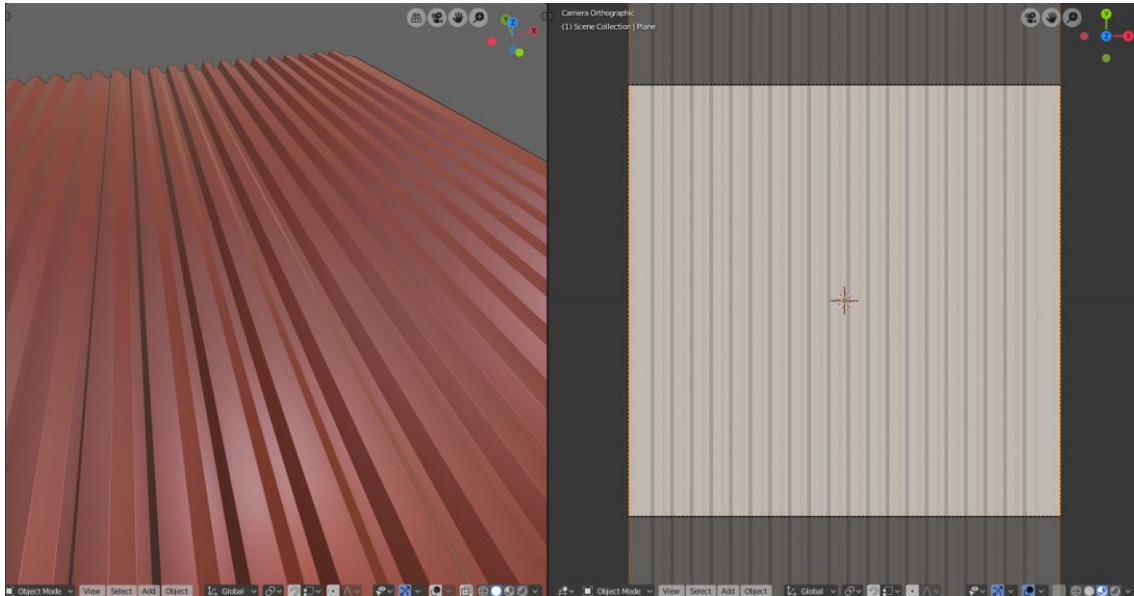
Inicialment es superposen els models per al procediment de bake, una vegada configurat el procés, s'emeten rajos des del model d'alta resolució cap al de baixa guardant la informació desitjada en la imatge (normals, albedo o el relleu).

Aquests rajos s'emeten de manera perpendicular a cada cara, i coneixent la direcció de cada raig es pot crear el mapa de normals anteriorment explicat. El funcionament d'aquest es basa en un criteri de colors, s'utilitzen els canals de color RGB per a cadascuna de les orientacions possibles. En concret el color roig per a l'eix X, el verd per a l'eix Y i el blau per a l'eix Z. El característic color púrpura es deu al fet que les cares que es veuen per la càmera es dirigeixen inicialment cap a l'eix vertical.



Il·lustració 40 Colors assignats a un mapa de normals

En el cas particular del treball, els models d'alta resolució i baixa no es situen en el mateix fitxer, el procediment és pràcticament semblant respecte al de superposició de models. En aquest cas s'extrauen els mapes de normals, color i relleu per a exportar les textures dintre del fitxer de l'escena.



Il·lustració 41 Malla i configuració de la càmera

En la part esquerra de la Il·lustració 41 es pot veure la malla en alta resolució amb un material provisional per a facilitar la visualització del lector, la malla s'ha preparat per a no obtenir cap tipus de marca repetitiva (per a açò s'ha omès afegir imperfeccions que es pogueren veure repetides al llarg de model) i sense talls en la textura que es puguin identificar en cas de repetició d'aquesta. Per a açò, el model s'ha preparat de manera simètrica i amb els laterals extrems amb la meitat de la dimensió corresponent, per a que en el moment de repetir-la les dimensions siguin correctes. Per el que fa a la configuració de la càmera, aquesta és relativament senzilla. S'ha posicionat perpendicular al plànol i configurat per a obtenir una vista ortogràfica del model, ja que la vista amb perspectiva no es pot utilitzar per a la realització d'aquest tipus de textures degut a la distorsió que podrien presentar aquestes. Per a justificar aquest procediment, basta amb observar el nombre de cares del model actual. En aquest arxiu sols està aquesta geometria amb els distints modificadors necessaris, i el compte de polígons és de 777 cares (quads) 1554 (triangles). El model final tindrà sols una cara o dos triangles. Aquesta mesura expandida a tots els models que o requiriscuen suposa una reducció considerable dels recursos necessaris.

Per a representar millor el model d'alta resolució s'han generat les textures de tipus color, normals, desplaçament i oclusió ambiental (que indica la cavitat de la malla) amb aquestes la visualització de les façanes deuria ser semblat tant en el model de baixa resolució com el d'alta, per a tots aquells angles majoritàriament perpendiculars a les façanes.

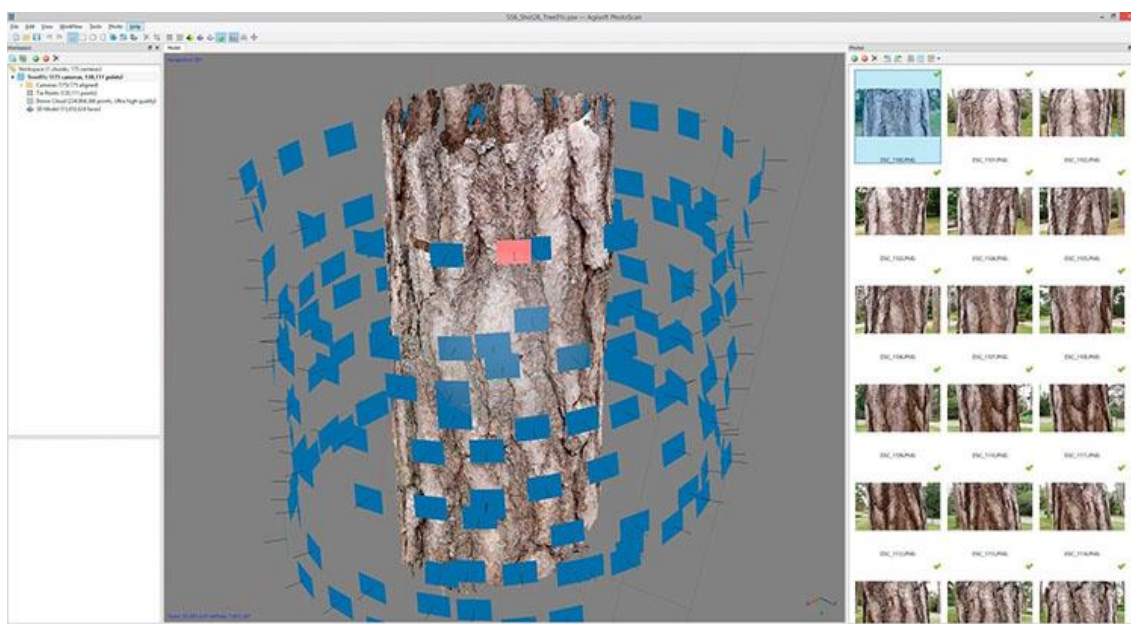
En aquesta escena s'ha recreat també la façana del edifici 5L utilitzant la mateixa tècnica que en el cas anterior, cal anomenar que en els dos casos s'ha buscat eliminar les marques degudes a la repetició de les textures.

4.4.2.2. Escanejats

Un dels procediments més senzills a l'hora d'obtenir una geometria complexa o un nivell elevat de fotorealisme és la digitalització dels objectes d'interés. Aquests són principalment: la locomotora Mikado, la grua a vapor AHV 554, les distintes escultures situades en el campus i l'entorn general per a obtenir la il·luminació. Per culpa de les dimensions dels objectes a escanejar, s'han descartat un gran nombre d'escàners pensats per a productes de menors dimensions. També cal considerar que els productes a escanejar no poden ser transportats i per tant han d'estar en l'exterior, de manera que les condicions atmosfèriques i la meteorologia són un condicionant important. Inicialment es plantegen les tècniques d'escanejat làser, fotogrametria i llum estructurada.

- **Fotogrametria**

El principi de funcionament es basa en el correcte posicionament de distintes punts clau, basant-se en el principi que els objectes fotografiats són sòlids i rígids (la distància entre els seus punts es manté constant i invariable al llarg del temps). Amb aquesta condició es poden triangular a partir de distintes fotografies en les quals se superposa suficient quantitat d'informació els distintes punts d'interés. Cal aclarir que en el procediment utilitzat en aquesta opció es realitzen dos tipus distintes de triangularització que poden portar a confusió, la primera fa referència a la situació d'un punt en l'espai, mentre que la segona es refereix a la generació d'una malla triangular que unirà el núvol de punts generats primer lloc. La fotogrametria presenta tres branques principals d'aplicació: aèria, terrestre i espacial.



Il·lustració 42 Reconstrucció 3D per fotogrametria d'un tronc (software: PhotoScan Standard)

El procediment habitual per a la reconstrucció 3D d'un objecte, es basa inicialment a realitzar un gran nombre de fotografies de manera circular a una altura constant, una vegada completat el primer anell s'han de realitzar tantes passades com siguin necessàries a altures i angles distints per a garantir que es capturen tots els detalls necessaris per a la reconstrucció del model. És menester tenir en compte que la qualitat de les fotografies ha de ser correcta, aquestes han de tenir una distància focal constant, s'han de realitzar a ser possible en una il·luminació suau i amb l'objecte a escanejar completament enfocat. Una vegada verificada la qualitat de les fotografies (es recomana un mínim de 50) es procedeix a la triangularització, aquest procediment genera un núvol de punts que ha de ser depurat, és a dir, eliminar tots aquells punts que no formen part del model desitjat. Cal tenir en compte que es triangula tot, si se situa l'objecte en una taula, com a mínim la superfície en la qual aquest es recolza apareixerà dintre del model. Quan el núvol de punts ja és correcte, es realitza el mallat mitjançant triangles d'aquest.

Un dels principals avantatges d'aquest sistema respecte d'altres com poden ser els làsers, es que genera la textura a la vegada que el model. Açò permet afegir un gran nivell de realisme a l'escena.

El segon avantatge és la facilitat d'us d'aquest tipus de software i que no requereix cap classe d'instrument especialitzat, basta utilitzar una càmera.

Com a limitacions d'aquesta tècnica es poden considerar la necessitat d'una bona il·luminació global, sense ombres fortes. També es requereix prou variabilitat en la textura dels objectes a escanejar, ja que si no n'hi ha, no es podran trobar punts de referència i per tant el procés de reconstrucció fallarà.

En aquest treball, s'ha optat pel modelatge de tots els elements de manera manual degut a les complicacions tècniques que apareixen durant la realització d'aquest. Els models de major interès en aquest cas presenten moltes cavitats en les quals la llum natural no il·lumina de manera correcta perquè aquest software puga funcionar. D'altra banda, en les escultures el temps requerit per a realitzar les fotografies comptant amb la neteja del núvol de punts supera al del modelatge, ja que són relativament senzilles.

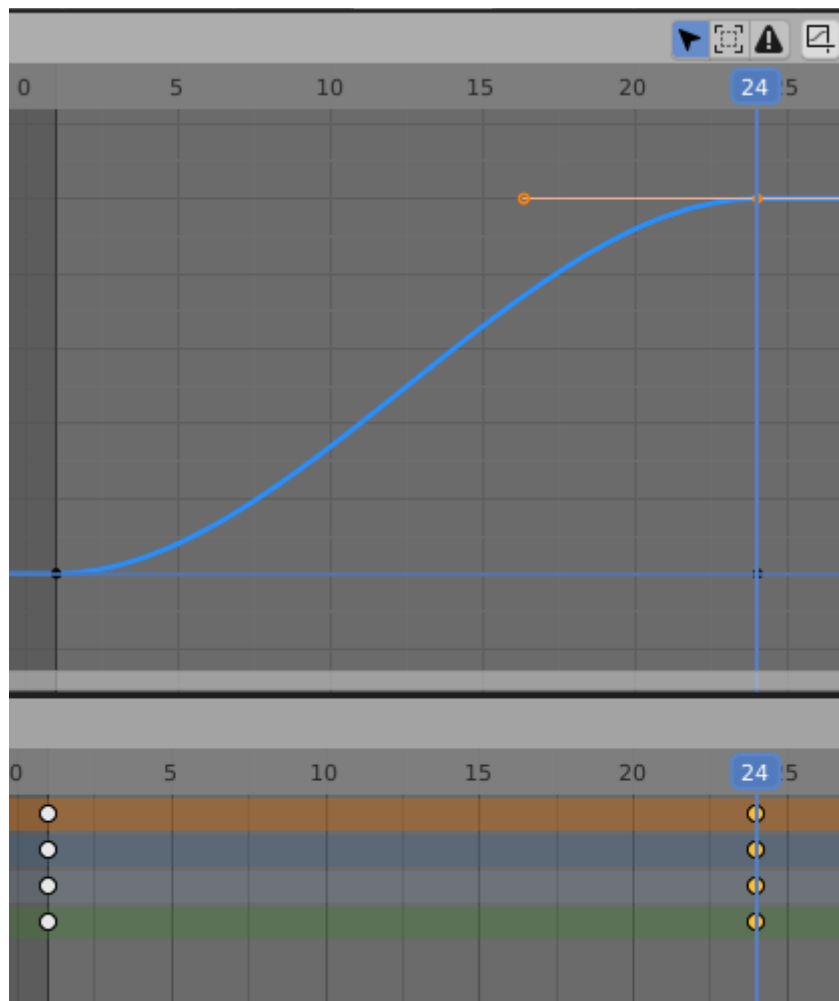


Il·lustració 43 Escultura del campus de Vera

4.5. Animació

Una animació en 3d consisteix a dotar els distints objectes de l'escena de moviments. Aquests poden ser tant translacions, rotacions, escalat com deformacions. En aquest treball es realitzarà una animació senzilla per a mostrar una possible utilització del producte als usuaris. Per a realitzar aquesta tasca, s'empraran principalment fotogrames claus. És important conèixer en primer lloc el nombre de fotogrames per segon que tindrà l'animació, ja que aquests determinaran la distància entre els fotogrames claus per tal que els moviments tinguin la velocitat concreta. Un major nombre de fotogrames per segon proporcionarà un moviment més fluid però tardarà més temps a renderitzar-se l'animació.

Els fotogrames clau són aquells en els que la informació dels objectes s'emmagatzema i que serveixen com a base per a l'animació, aquesta pot ser per exemple la posició i rotació d'un objecte. Els fotogrames clau indiquen posicions especials i solen estar separats molts fotogrames uns dels altres, per a obtenir un moviment fluid entre aquests les transformacions realitzades entre fotogrames s'interpolen, aquestes interpolacions poden ser de tipus lineal, Bézier i constant.



Il·lustració 44 Fotogrames clau i interpolació

En la il·lustració anterior, s'han creat dos fotogrames clau, un en el temps 0 i l'altre el fotograma 24. L'objecte es mou des d'una posició inicial a una final mitjançant la posició descrita per la corba Bézier. Amb aquestes imatges es pot conèixer tota la informació necessària per a realitzar l'animació, ja que es pot veure tant el temps com el desplaçament de l'objecte.

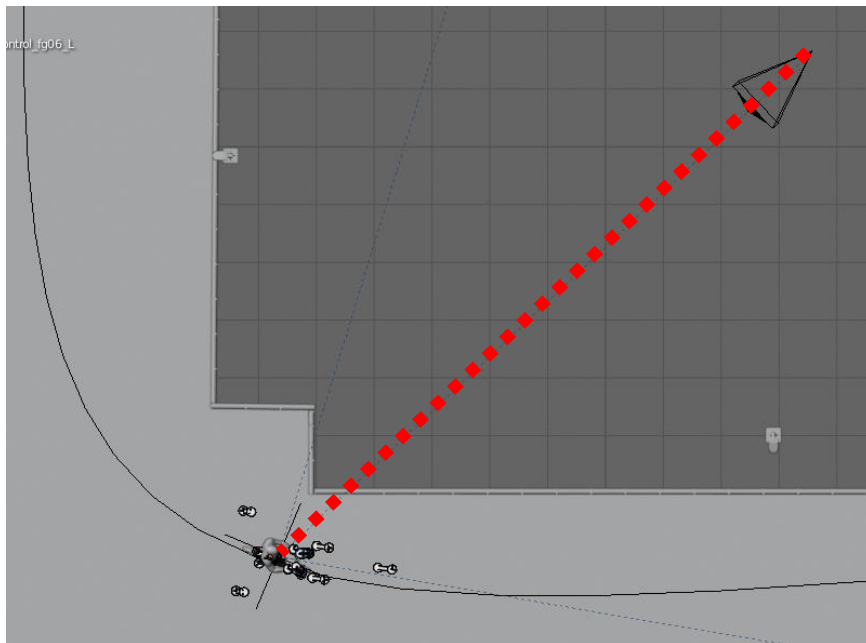
Encara que es pot animar l'escena perfectament emprant únicament la tècnica que s'ha anomenat anteriorment, existeixen grans quantitats de eines que faciliten i agilitzen aquesta tasca. Aquestes són les restriccions, en concret per a la generació del vídeo demostratiu del producte s'han emprat 3:

- Seguir un camí

Aquesta restricció obliga al model a seguir una corba de tipus camí, aquestes són corbes NURBS creades amb 5 punts de control. Disposen d'un camp en la configuració d'aquestes que permet animar un punt al llarg de la mateixa. La restricció de seguir un camí s'aplica al patinet elèctric, i l'usuari s'emparenta a aquest per tal de mantenir el moviment en els dos objectes.

- Rastrear

Aquesta restricció s'aplica en aquest cas a les càmeres, aquestes enfoquen a un empty creat per a major versatilitat emparentat al patinet. Aquesta restricció es configura per tal d'indicar les orientacions dels eixos de la càmera respecte dels del 'empty'. Una vegada aplicada aquesta restricció la rotació de la càmera quedarà fixada en funció de la posició relativa entre aquesta i l'objecte al que rastreja.

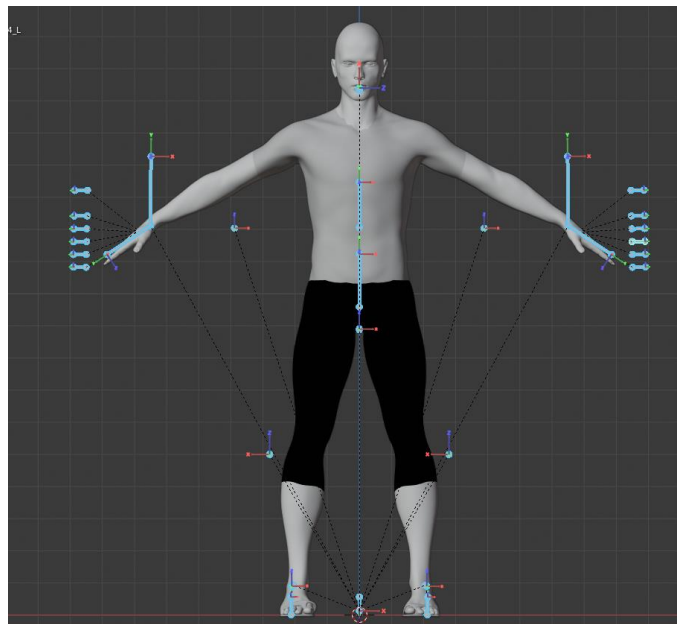


Il·lustració 45 Restricció de camí i rastreig

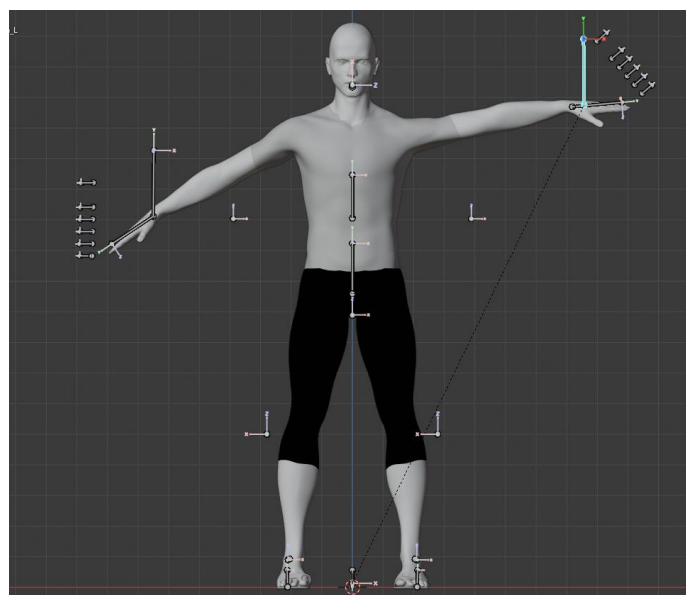
Amb aquestes dues restriccions els moviments principals del patinet i l'usuari que el munta queden definits, però aquesta animació és molt limitada i rígida, perquè resulte més realista s'han afegit una sèrie de moviments extrems. S'ha creat un procés d'acceleració i frenada per al patinet així com una lleugera inclinació quan aquest canvia de direcció.

Per al posicionament de la persona sobre el patinet s'han emprat els ossos que permeten la deformació d'aquesta. El model inicial està modelat en pose de T (Il·lustració 46), aquesta és la típica posició que permet un moviment i deformació correctes. En la imatge inferior es poden veure tots els ossos que permeten la deformació de la malla, aquests ossos són els que s'utilitzen per a l'animació, internament hi ha un sistema secundari d'ossos que imiten el moviment natural del cos. Aquests no s'han mostrat per tal de simplificar la visualització.

Del sistema d'ossos que es pot veure en la il·lustració anterior es poden diferenciar dos ossos verticals que se situen en les mans, aquests controlen el moviment des del múscle fins a les mans mitjançant cinemàtica inversa. Els ossos horitzontals situats als laterals de les mans permeten el moviment dels dits. Els quatre punts situats als laterals del model permeten calcular la correcta rotació dels ossos quan s'utilitzen les cinemàtiques inverses dels genolls i colzes.



Il·lustració 46 Model en posició T



Il·lustració 47 Deformació de la malla amb ossos

Per al control de les mans s'han creat dos ossos alineats amb aquestes que permeten manipular la rotació en qualsevol sentit. Els peus tenen exactament el mateix sistema per a controlar el moviment a excepció dels dits dels peus, que no requereixen manipulació.

El procés de renderització d'una animació és molt lent, i per tant s'han de corregir el nombre més gran d'errors abans de la renderització amb la qualitat final. Per a açò s'emprarà el motor de render EEVEE que s'explica en el punt 4.6.3 que permet com a principal avantatge un renderitzat ràpid de baixa qualitat.

L'animació ha sigut configurada per a funcionar a 24 fotogrames per segon i aquests són emmagatzemats individualment per a unir-los posteriorment. Aquesta opció permet parar el render en qualsevol moment i continuar amb l'últim fotograma, l'altra opció és la de generar l'arxiu de vídeo directament, però en cas de produir-se cap problema l'arxiu quedaria corrupte i tot el temps acumulat de render perdut.

Per a augmentar el focus de l'espectador en allò que es desitja s'ha afegit desenfocament al moviment, com la càmera està restringida al moviment del patinet, no hi ha una velocitat relativa entre aquest i la càmera i per tant està perfectament enfocat. Açò provoca que el fons de l'escena perga definició i per tant l'atenció de l'espectador recau sobre el patinet o qualsevol altre producte al que es destinara aquesta animació.

4.6. Configuració dels renders

Una vegada finalitzats els models 3D, els materials i afegida la il·luminació i animació a l'escena sols queda renderitzar la imatge. Aquest procés determinarà la qualitat i en part el realisme de l'escena, per a açò es selecciona el motor de render des de l'inici del projecte. Aquest condicionarà lleugerament el treball necessari per a la preparació de l'escena. En aquest punt es parlarà dels distints motors de render que venen integrats dintre de Blender, els principals avantatges i inconvenients i la configuració del motor final per a optimitzar al màxim els temps de renderitzat sense comprometre la qualitat del treball.

4.6.1. Motor de render

El motor de render es basa en la configuració i distints algorismes generats per al càlcul de la il·luminació, s'encarrega d'interpretar els elements de l'escena, tals com les textures, la geometria, les distintes fonts de llum i els materials dels objectes. Existeixen una gran quantitat de motors de render en l'actualitat, tals com V-Ray, Octane, Lumion o Corona Renderer. En aquest anàlisi s'estudiaran principalment els dos que vénen integrats dintre del programa Blender. En l'última versió del software existeixen tres motors de render distints, a saber: Workbench, Eevee i Cycles. D'aquests s'analitzaran sols els dos últims, ja que estan dissenyats exclusivament per a la generació final de renders, mentre que el motor de Workbench està ideat per al procés de modelatge i creació de l'escena d'una manera àgil i ràpida.

4.6.2. Cycles

Cycles és un motor de render basat en físiques, que funciona mitjançant el sistema de traçat de camins. Dissenyat per a mantenir també una gran quantitat de control artístic i flexible per a les necessitats de producció de cada projecte.

Un traçador de camins és un mètode gràfic basat en un sistema de Montecarlo per al càlcul de la il·luminació d'escenes tridimensionals de manera que la il·luminació global siga fidel a la realitat. Els rajos són emesos des de la càmera en l'escena, rebotant per aquesta fins que aquest aplegue a una font de llum o el fons de l'escena. Per a açò s'empren tant rajos de llum directa com indirecta, cada vegada que es repeteix aquest procediment es realitza una mostra, conegut en anglès com a sample. La repetició d'aquests nombroses vegades forma l'imatge final, en la que la qualitat d'aquesta queda determinada en gran part per el nombre de mostres realitzats. En augmentar el nombre de rajos emesos, les imatges esdevenen menys sorolloses (punts blancs i negre generats per la falta d'informació) i més precises.

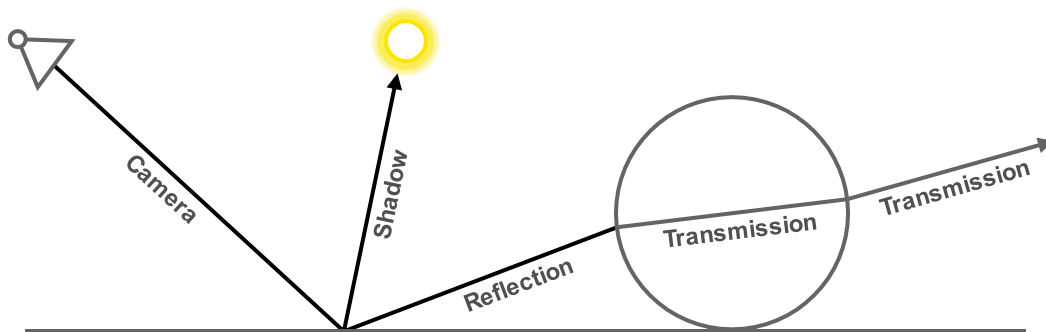
Fonamentalment, l'algorisme s'integra sobre tota la il·luminància que arriba fins a un sol punt a la superfície d'un objecte. Aquesta il·luminància es redueix a continuació amb una funció de reflectància de superfície per determinar quant d'ella anirà cap a la càmera de mirador. Aquest procediment d'integració es repeteix per a cada píxel de la imatge de sortida. Si es combina amb models de superfícies precisos físicament, models precisos de fonts de llum reals (bombetes) i càmeres òpticament correctes, el traçat de ruta pot produir imatges fixes indistingibles de les fotografies.

El traçat de camins simula de manera natural efectes tals com ombres, profunditat de camp, desenfofament de moviment, oclusió ambiental i efectes de càmiques (en òptica, una càmica és l'envolupant dels raigs de llum reflectits o refractats per una superfície corba o objecte).

Aquests últims es recomana treballar-los a part com que generen una gran quantitat d'artefactes en les imatges junt amb soroll, augmentant també el temps de render necessari. L'us de Eevee i Cycles és complementari en la majoria dels casos, utilitzant-se el primer per a la previsualització dels materials i el segon per a la generació de la imatge general. Açò és a causa dels principals avantatges i inconvenients de cadascun. Cal anomenar que es pot utilitzar simplement un únic motor per a tot el procés sense necessitat de canviar el flux de treball o de preparar la configuració per als dos motors. A pesar que aquests estan preparats per a funcionar correctament amb la mateixa escena, és a dir, amb els mateixos materials i fonts de llum, cal variar la configuració i afegir o eliminar elements per tal de garantir la màxima similitud entre els dos motors de render a l'hora de renderitzar l'escena.

Els rajos emesos des de la càmera es poden classificar en 4 categories:

1. Càmera (el raig ix directament de la càmera)
2. Reflexió (el raig es generat mitjançant una reflexió en una superfície)
3. Transmissió (el raig és generat quan aquest passa a través d'una superfície)
4. Ombra (el raig és generat per a ombres)



Il·lustració 48 Esquema de tipus de rajos

En resum, el motor de render cycles es caracteritza pel traçat de rajos, aquests presenten l'avantatge d'una gran qualitat i realisme en la il·luminació de l'escena però degut a la naturalesa d'aquest es consumeixen una gran quantitat de recursos i de temps per al render final. Un dels factors més importants són els *samples* o mostrejos que es realitzen de manera iterativa per a reduir el soroll de la imatge, aquest condiciona fortament el temps de render necessari. Com es pot veure en la Il·lustració 49 el resultat i la qualitat de la imatge depenen fortament del nombre de *samples* assignats en la configuració, variant fins i tot el color global de la imatge així com la definició de les formes i textures.

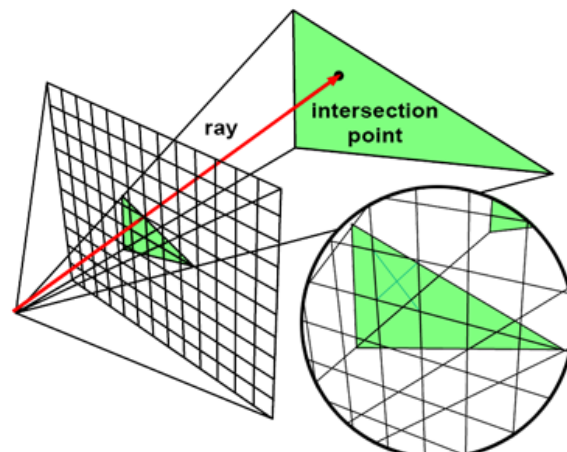


Il·lustració 49 Comparativa 1 sample (Esquerra) vs 128 samples (Dreta)

4.6.3. EEVEE

Eevee és el motor de render en temps real de Blender que es basa en OpenGL, aquest es centra en la velocitat i la interactivitat amb l'usuari, encara que sol emprar-se en el procés de modelatge i creació dels materials, aquest també és capaç de produir resultats d'alta qualitat. Aquest motor no es basa en el traçat de rajos per tal d'agilitzar el procés i per tant, té limitacions en el seu ús que cycles no té. El funcionament d'aquest motor es basa en la projecció la geometria en forma d'imatge ràster, aquest mètode és el que li afegeix velocitat al motor.

El funcionament principal es basa en convertir els polígons en triangles, aquests formaran part del píxel final si el centre d'aquest píxel se situa dintre del triangle. Com a segona norma general es contempla que els triangles no es poden superposar per tal d'estalviar calcular un mateix píxel dues vegades i per tant optimitzar millor el motor.



Il·lustració 50 Rasterització

Aquest procediment presenta l'inconvenient de no dibuixar cap cara que no es represente en el visor 3D (per culpa de la superposició de la mateixa malla). Com a conseqüència els reflexos poden donar problemes si no es prepara correctament l'escena, en la Il·lustració 52 es pot veure com falta la reflexió en la finestra tant de tots els elements del fons com de la mateixa esquena del personatge que munta el patí. Açò també provoca un gran nombre d'errors en les ombres dels objectes, en el dels edificis de l'escena aquestes es representen com si sols existira la façana (els laterals d'aquests edificis no es veuen des de la càmera i per tant no es consideren en el render).

Per a finalitzar, es mostra una comparativa entre els dos motors de renders amb un fotograma de l'animació, ambdues imatges estan realitzades amb la configuració predefinida del motor. Com es pot observar les ombres, colors i reflexions produeixen millor resultat en cycles.



Il·lustració 51 Fotograma de l'animació en cycles



Il·lustració 52 Fotograma de l'animació en eevee

4.7. Optimització del motor de render

Una vegada anomenades les principals característiques i el funcionament de cada motor, s'han de configurar per tal de minimitzar el temps de render i millorar el realisme de l'escena en global. Per a triar si utilitzar cycles o eevee, cal tenir en compte: realisme desitjat, temps disponible i funció de l'escena.

En aquest cas es busca un realisme elevat, i es pretén realitzar entre altres coses una animació curta per a la contextualització del producte. Generalment per a realitzar un únic fotograma cycles sol ser l'opció més recomanada, ja que si la imatge tarda 1h en renderitzar-se no resulta un gran inconvenient. El problema apareix en el moment de realitzar una animació, ja que aquest temps de render es mantindrà per a cada fotograma i per tant per a fer una animació curta de 10 segons, a 24 fotogrames per segon es tardarien un total de 240 hores (temps més que considerable). En aquests casos eevee és la millor opció, ja que el temps de render es redueix enormement i si es configura correctament el resultat pot ser molt semblant al de cycles.

En aquest cas s'ha escollit utilitzar cycles per diversos motius: el primer és el realisme que aquest motor de render proporciona, el qual ajudarà a la contextualització i acceptació del producte. D'altra banda, cal considerar el desenvolupament del programa, ja que aquest ha afectat la realització del treball. L'escena ha sigut creada en la versió 2.79 de Blender, que no disposava de eevee i per tant s'ha preparat per a utilitzar cycles. El canvi de versió s'ha realitzat gràcies a la possibilitat de renderitzar l'animació ràpidament en eevee per tal de veure resultats i possibles errors en aquesta, també per l'aparició de les col·leccions, que hi han permet organitzar l'escena de manera clara perquè qualsevol persona pugui treballar en aquesta sense problemes.

Una vegada escollit el motor de render és necessari optimitzar aquest. Com s'ha escollit utilitzar cycles, aquest procés es centrarà en la quantitat de rajos per a cada tipus per a minimitzar els rebots necessaris. Cal anomenar que alguns dels paràmetres a modificar depenen de la decisió del mateix responsable del render.

Els primers renders de prova s'han realitzat amb la configuració inicial del programa, i aquests han tardat un total de 1h 45min de mitja. Com l'animació total té una duració de 620 fotogrames, aquesta tardaria un total de 1085h, és a dir, uns 45.2 dies en temps de render funcionant 24h al dia. Aquesta quantitat de temps depèn també del hardware, augmentant el nombre de gràfiques dedicades a la tasca de renderitzar es pot reduir el temps linealment en funció del nombre d'aquestes que es posen a treballar paral·lelament.

Una vegada optimitzada la configuració del motor de render el temps total per a la generació del fotograma ha baixat fins als 26 minuts. Açò suposa un temps del 24.7% respecte de l'original, reduint l'animació a un total de 268.6 h (11.19 dies). Per a assolir aquesta minimització del temps de render s'han modificat els següents paràmetres:

- Limitació dels rajos projectats

Com ja s'ha anomenat anteriorment cycles funciona mitjançant uns rajos de llum que reboten al llarg de l'escena, els valors per defecte es poden reduir sense afectar el resultat de l'escena, ja que aquesta s'ha preparat correctament. Els rajos corresponents als materials transmissius s'han eliminat completament, ja que no hi ha cap d'aquests materials (per exemple, vidres

transparents). També s'han reduït els rajos de materials difusos i reflectits del valor base de 4 a 1, aquest valor representa el nombre de vegades que un raig d'aquest tipus pot rebotar fins a aplegar a la font de llum.

- Reducció dels mostrejos realitzats

Al valor dels mostrejos necessaris perquè l'escena tinga una qualitat correcta són subjectius, ja que no hi ha un límit clar que es pugui marcar en els resultats. Per a una animació es recomana utilitzar el nombre màxim de mostrejos possibles dintre de les limitacions de temps, ja que produiran una imatge amb menys soroll i les tasques d'eliminació d'aquest no produiran errors (vorerer mal definides, ombres poc constants...). Un valor aproximat per a començar és de 2024 mostrejos, en aquest cas s'han reduït a 512 sense que el resultat varie excessivament. Aquest valor és el que més influeix dintre del temps de render i per tant, el més favorable per a ser minimitzat en gran mesura.

- Aplicació d'eliminació del soroll

Per a contrarestar l'efecte de la minimització de mostrejos, s'ha aplicat un filtre per a eliminar el soroll, aquest sol ser suficient en renders estàtics, però per a les animacions pot afegir artefactes al resultat final (taques estàtiques en la càmera que recorden a la boira). Per a solucionar aquest problema s'ha configurat per a que l'algoritme que utilitza varie de manera aleatòria en cada fotograma, de manera que aquesta boira anomenada anteriorment no estiga de manera visible a la vista humana.

- Eliminació de càustiques

En aquest cas s'han eliminat del render els càlculs que afecten les càustiques, ja que no s'han creat materials que puguin produir-les. D'aquesta manera se simplifiquen els càlculs realitzats pel motor de render.

- Ajust del tamany de fragments de render

Per a renderitzar, es poden emprar principalment dos recursos: la CPU i la GPU, sent aquesta última la més recomanada per la seua velocitat en aquests tipus de treballs, per a renderitzar de manera eficient. En general, com major siga l'àrea d'aquests fragments de render més ràpid serà el procés de render. Aquesta mida està limitada per la memòria disponible a l'ordinador, en cas d'assignar una mida excessivament gran, es consumirà tota la memòria i es produirà un error en el programa, perdent d'aquesta manera tant el temps com la informació del render.

Tile Sizes (GPU)			Tile Sizes (CPU)		
X	Y	Render Time (seconds)	X	Y	Render Time (seconds)
256	256	197	16	16	430
128	128	199	32	32	431
64	64	199	64	64	449
480	540	201	120	68	452
480	270	201	128	128	471
512	512	202	256	256	488
960	540	206	480	270	800
120	68	218	512	512	1166
32	32	503	480	540	1231
16	16	1769	960	540	2340

Results based on a 960 x 540 render

Il·lustració 53 Tamany dels fragments de render (Autor: Adrew Price. www.blenderguru.com 15/01/2020)

5. Resultats

5.1. Models

- Arbres



Il·lustració 54 Arbres utilitzats en l'escena



Il·lustració 55 Arbres utilitzats en l'escena

- Mobiliari urbà
 - Papereres

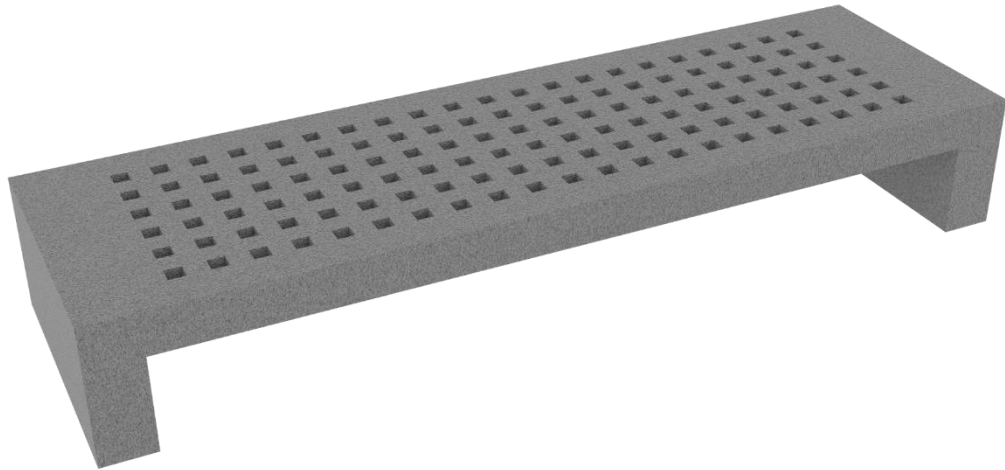


Il·lustració 56 Papereres utilitzades en l'escena

- Bancs

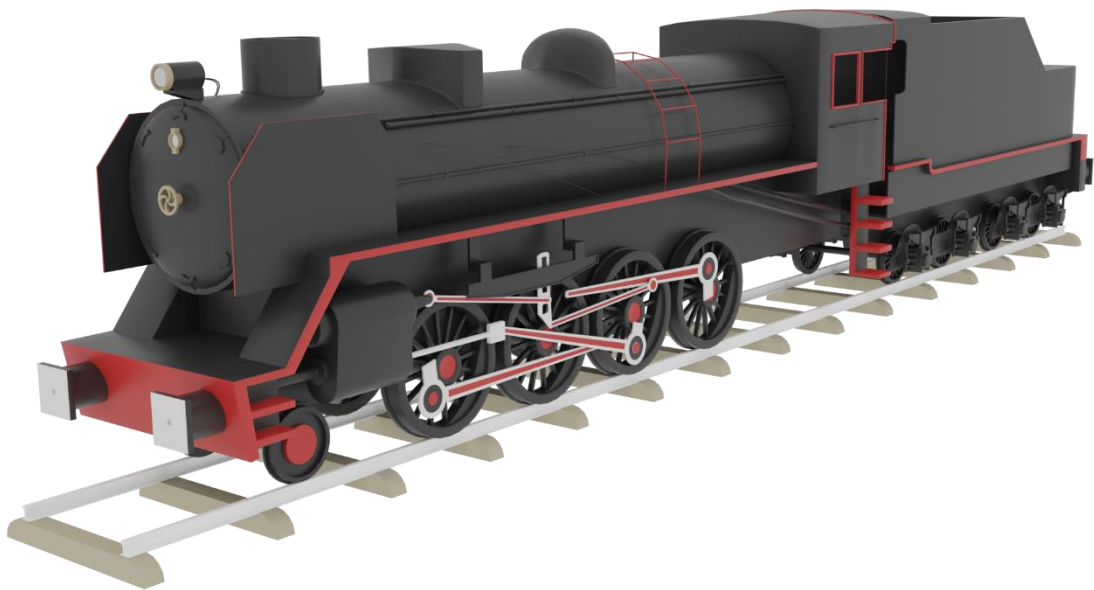


Il·lustració 57 Banc utilitzat en l'escena



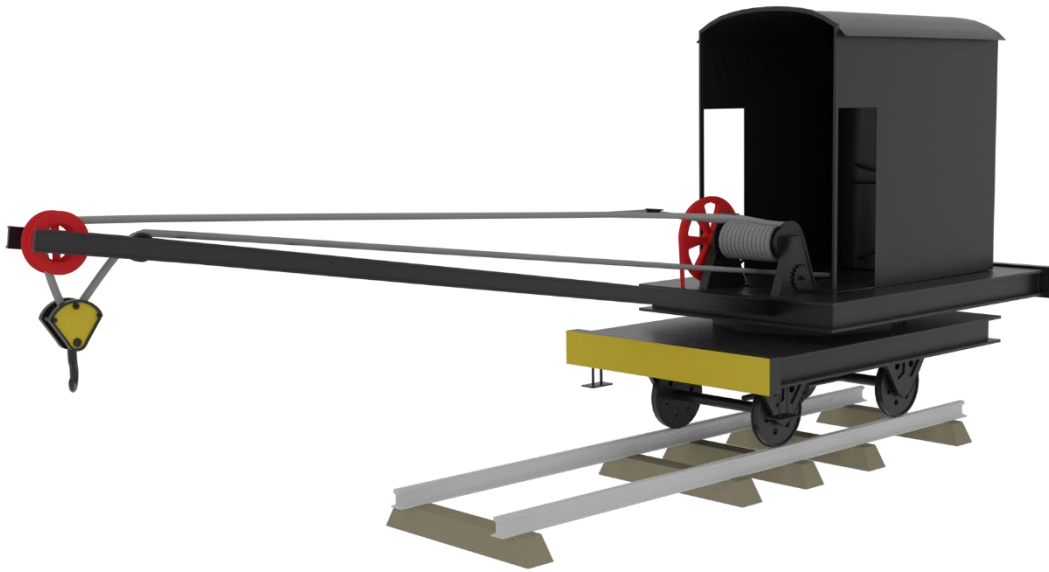
Il·lustració 58 Banc utilitzat en l'escena

- Locomotora



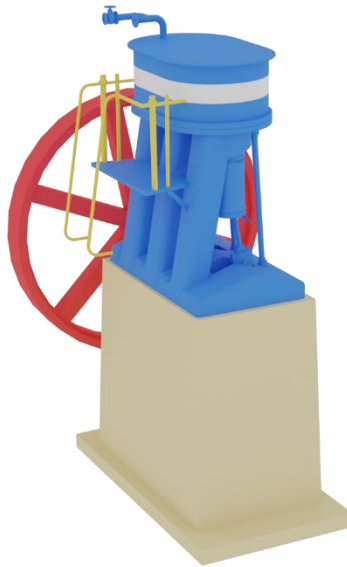
Il·lustració 59 Locomotora Mikado

- Grua a Vapor



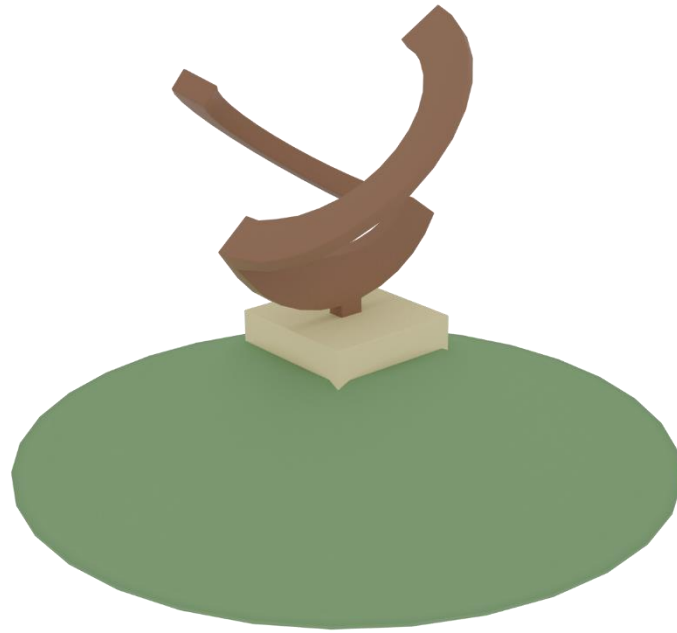
Il·lustració 60 Grua a vapor AHV 554 de Grafton

- Bomba triple



Il·lustració 61 Bomba triple

- Escultures



Il·lustració 62 Escultura del campus



Il·lustració 63 Escultura del campus

- Usuari



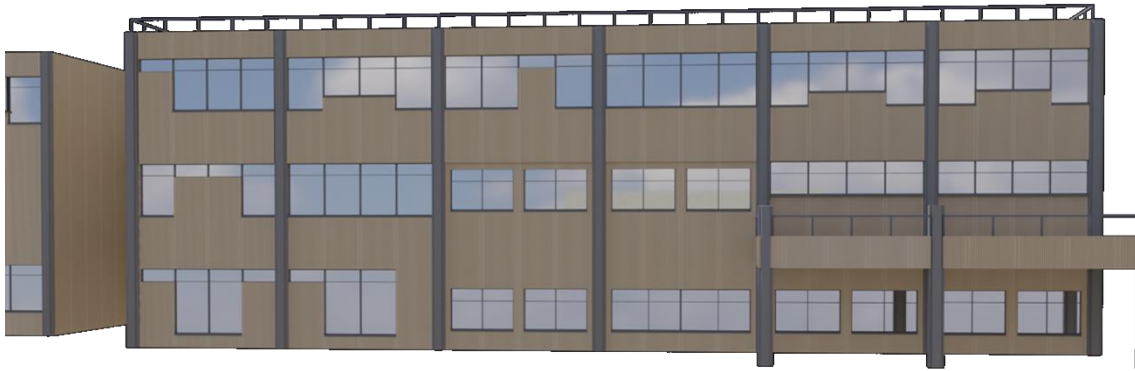
Il·lustració 64 Usuari modelat per a l'animació

- Xiaomi



Il·lustració 65 Patinet elèctric

- Edificacions



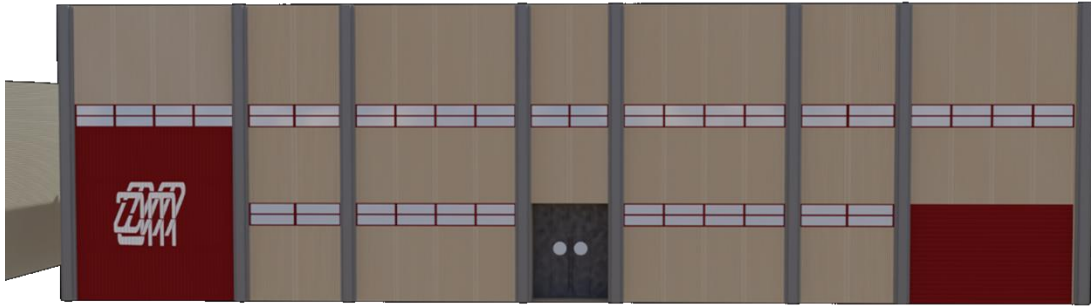
Il·lustració 66 Edifici 5C



Il·lustració 67 Edifici 5D



Il·lustració 68 Edifici 5F



Il·lustració 69 Edifici 5G



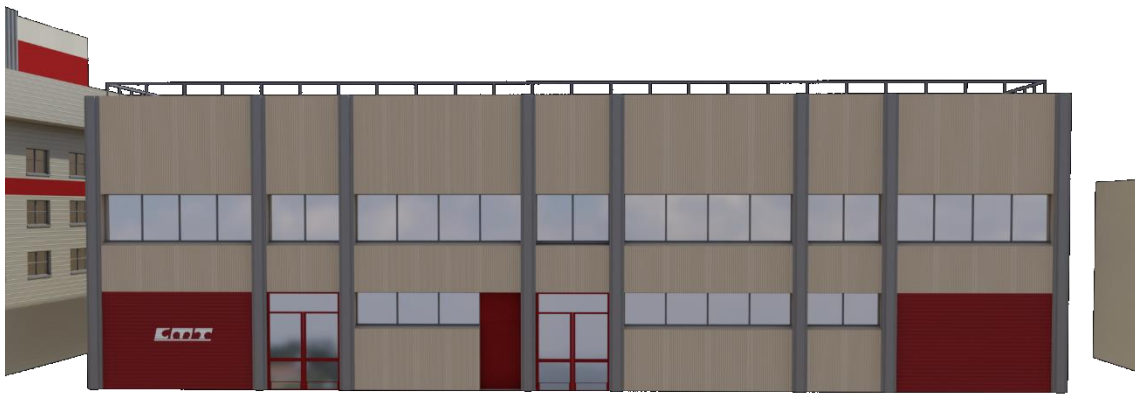
Il·lustració 70 Edifici 5H



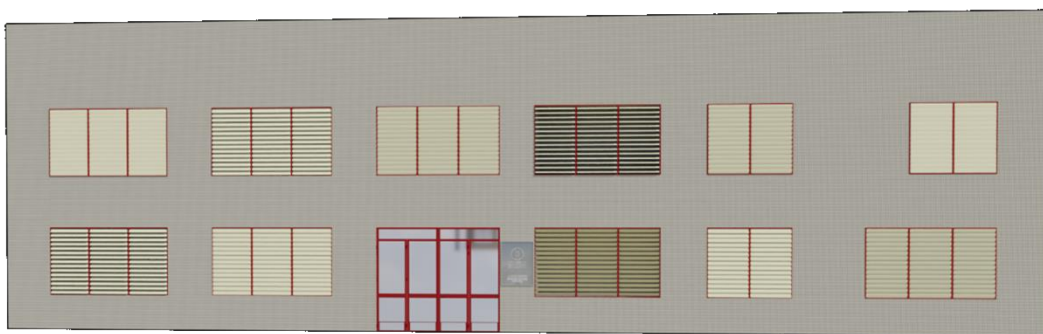
Il·lustració 71 Edifici 5I



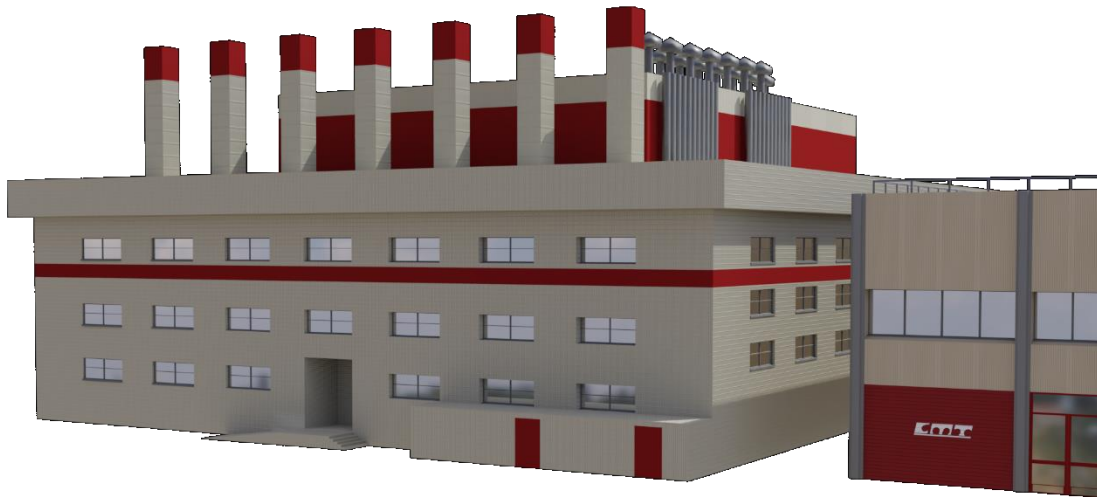
Il·lustració 72 Edifici 5J



Il·lustració 73 Edifici 5K



Il·lustració 74 Edifici 5L



Il·lustració 75 Edifici 5M

- Escena



Il·lustració 76 Vista 1



Il·lustració 77 Vista 2



Il·lustració 78 vista 3

Com a comparativa entre els resultats finals de l'escena i la realitat s'ha afegit una última fotografia extreta de Google maps en el que s'ha igualat la perspectiva per a facilitar la comparació entre les dues escenes. Les diferències apreciades entre dues escenes es poden suplir afegint més elements en cas de voler buscar una major ressemblança a la realitat o que l'escenari original varie a causa del pas del temps o nous projectes en el campus.



Il·lustració 79 Imatge estreta com a comparativa amb la vista 3

Com a conclusió per a l'apartat de models, aquests han sigut creats principalment amb la intenció de maximitzar el rendiment de l'escena i procurar que aquesta es puga utilitzar per a realitat virtual en cas que es desitge en algun moment. També cal anomenar que els objectes modelats estan pensats per a formar part de l'entorn global i que si en algun moment el nivell de detall utilitzat en aquests no fos suficient es pot afegir majors detalls en el model d'aquests i com ja s'ha explicat anteriorment, reduir posteriorment el nombre de polígons mitjançant un cremat de textures i normals com s'ha fet en les façanes dels edificis. També s'ha aconseguit respectar l'objectiu de la topologia, de manera que aquesta està formada completament per quadrats en tots els models de l'escena complint d'aquesta manera les bones pràctiques de modelatge anomenades en el punt 4.3.1 Topologia.

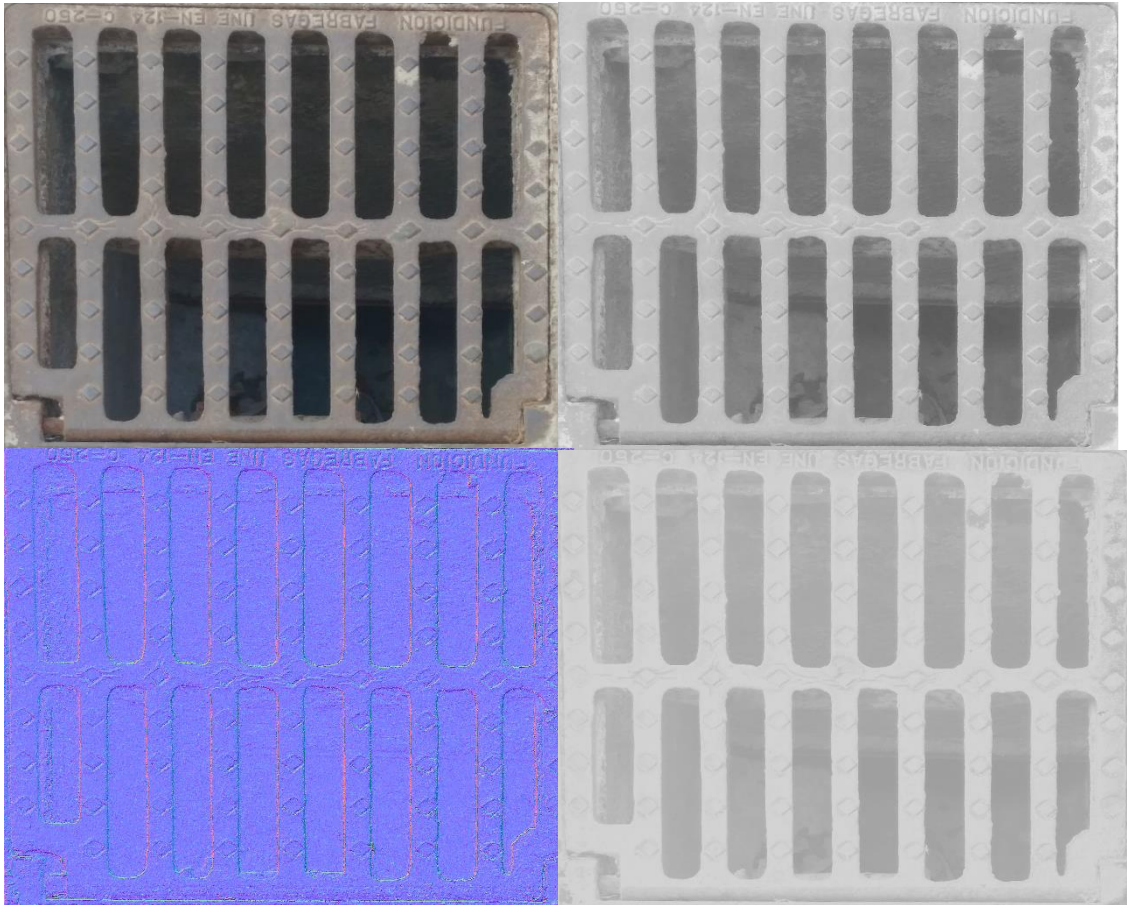
5.2. Textures

En aquest apartat s'exposaran les principals textures emprades per a la generació dels materials necessaris en l'escena. Tant les que han sigut generades per ordinador, com els logos que són dibuixos vectorials passats posteriorment a imatge ràster o com les imatges digitalitzades. Aquestes últimes s'han modificat en la seua majoria per a imitar dintre del possible l'efecte de material PBR. Com en les il·lustracions inferiors, a la que se li ha llevat els logos i transformat en blanc i negre per a crear un mapa de desplaçament, simulant així els distints relleus del cartell situat en la façana.



Il·lustració 80 Cartell del 50 aniversari (color i relleu)

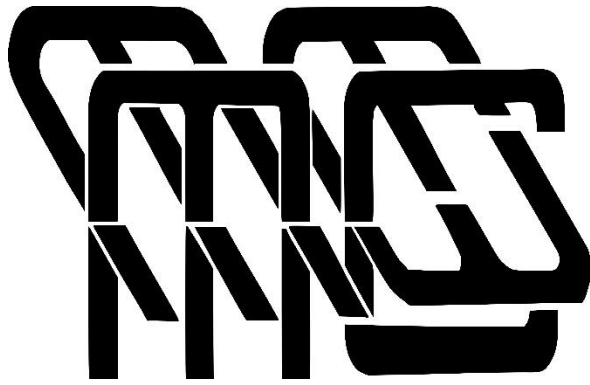
En la majoria d'aquestes textures el procediment de PBR no s'ha seguit mitjançant cremat de textures, ja que la informació inicial d'aquesta no conté informació suficient per a la creació exacta de totes les textures necessàries. En aquest cas, s'han modificat les imatges originals per a donar-li al material la semblança de ser PBR. Aquest procediment s'ha seguit en materials de poca importància i als que no s'espera que se li preste massa atenció en l'escena.



Il·lustració 81 Reixa de pluvials (Color ,Altura, Normal, Ambient occlusion)

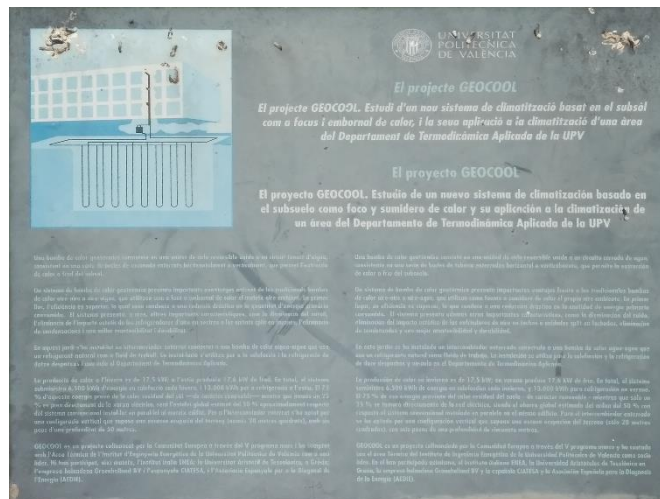


Il·lustració 82 Cartell informatiu (Color, Altura, Normal, Ambient occlusion)

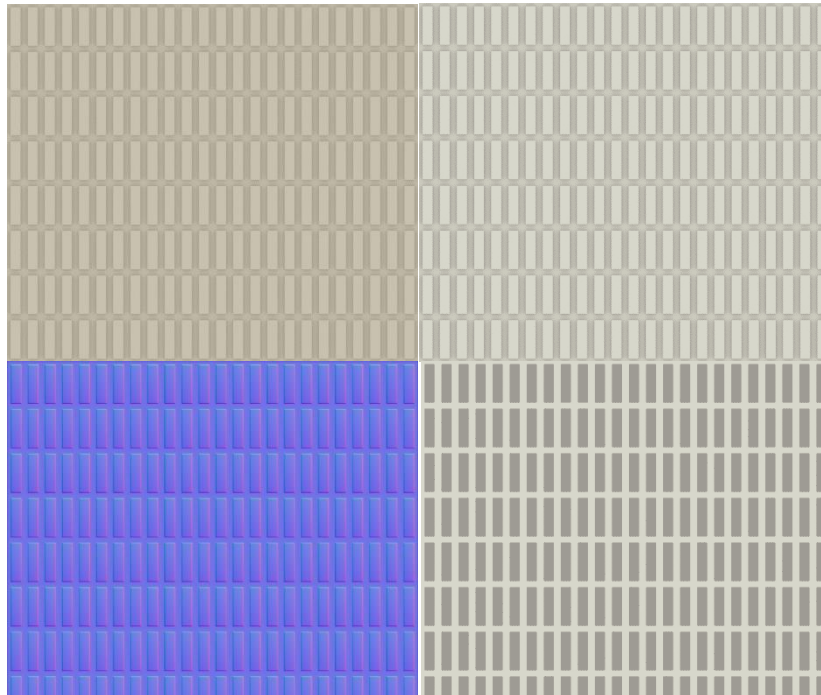


motores térmicos

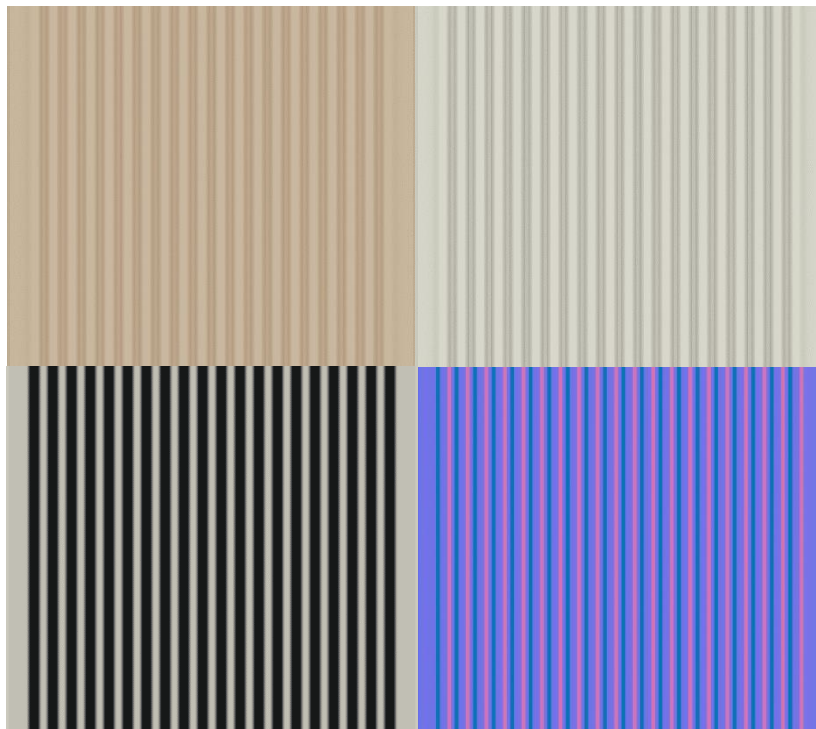
Il·lustració 84 Logos vectoritzats



Il·lustració 83 Textures extretes de fotografia



Il·lustració 85 Façana del edifici 5L (Color, Ambient occlusion, Normal, Altura)



Il·lustració 86 Façana de la resta d'edificis (Color, Ambient occlusion, Altura, Normal)

5.3. Animació

Com ja s'ha anomenat anteriorment l'escena completa està preparada per a un ús general, en especial s'ha pensat en la contextualització de productes. Una forma extra d'augmentar aquesta funció és mitjançant una animació, que permet mostrar als usuaris l'ús del producte en una fase inicial d'aquest minimitzant els costos de distintes iteracions o com a demostració ràpida del funcionament una vegada posat en marxa a mode instructiu.

Es pot consultar aquesta animació mitjançant l'enllaç següent:

<https://youtu.be/L3oQvkUIX-c>

Aquesta està pensada tant per a demostrar les idees fonamentals d'aquest treball respecte a la contextualització de productes com per a mostrar un possible ús dels patinets dintre de la universitat, i per tant, no és menester augmentar la duració d'aquesta. Una vegada preparada l'escena amb tots els elements necessaris l'animació pot incloure tot tipus de moviments i elements per a la contextualització. D'aquesta manera, si es desitja mostrar un funcionament més complex sols caldria continuar realitzant l'animació des del punt final d'aquesta prova. També cal anomenar que els elements afegits per a aquesta ocasió estan assignats a una col·lecció concreta i per tant són fàcilment identificables per a utilitzar-los en projectes posteriors o eliminar-los en cas de que no resulten d'interès.

5.4. Guia d'estil

El resultat final d'aquesta guia està presentat en l'apartat d'annexos del treball per tal de mantenir una estructura organitzada dintre de la memòria d'aquest. En la seua realització s'ha procurat mantenir un format neutral respecte del software emprat perquè aquesta pugui ser utilitzada per qualsevol usuari que necessite recrear una escena d'aquestes característiques.

En aquesta es presenten els passos a seguir per a aquest tipus de projectes, que són òbviament els mateixos que s'han exposat en aquesta memòria. L'estructura del document busca una identificació clara de l'ordre a seguir en cada moment sense limitar-se a un únic tipus d'entorn, també es justifiquen breument els passos i el raonament seguit per a facilitar d'adaptació de les instruccions i recomanacions per a futurs projectes.

Una vegada introduïdes les pautes a seguir per a la creació de l'escena, s'analitzen distint tipus de software disponible per a realitzar aquesta tasca i es defineixen els distint tipus de nivell de detall que pot tenir el projecte així com recomanacions de quan emprar cadascuna d'aquestes en funció dels recursos disponibles.

Una vegada exposades les condicions i característiques més generals s'introdueixen mètodes per al modelatge dels distint elements (edificacions, elements naturals i artístics). Entre les distintes alternatives per al modelatge s'inclouen el modelatge tradicional, l'ús de sistemes de partícules per a la generació d'elements naturals i l'escanejat dels distint elements artístics que existeixen en el model original i que en general requeririen massa recursos per a replicar-se.

S'introdueixen també consells per a assolir un major realisme, tals com introduir en l'escena models referents al mobiliari urbà o emprar textures de tipus PBR per a millorar la qualitat de l'escena global, així com possibles optimitzacions amb els materials.

També s'introdueix al lector el concepte d'HDRI per a la creació de la il·luminació de l'entorn de manera ràpida i senzilla, aquest permet una il·luminació realista i renderitzar la cúpula celeste fàcilment i sense necessitat de crear elements addicionals per a l'escena. S'ha buscat també mantenir la guia d'estil el més senzill possible i breu per a no complicar en excés la seua lectura, deixant els detalls més menuts per a altres guies que es puguen desenvolupar en el futur.

5.5. Contextualització del producte

En aquest treball la contextualització del producte s'ha basat en una petita part del projecte que podria aportar dubtes en les explicacions d'aquest o en les fases més inicials d'implantació. La idea que ha motivat aquest treball es basa a instal·lar un sistema de transport dintre de la universitat. Aquest sistema podria basar-se en punts de recollida dels patinets per a facilitar la mobilitat dintre del campus a punts més llunyans, per exemple per a moments amb poc temps entre classes. Aquest podria ser gratuït o amb un pagament per ús, de manera que els llocs de recollida tenen diverses funcions (semblant al Valenbici però amb menys volum i manteniment).

La contextualització del producte s'ha realitzat en aquest cas per a mostrar al usuari que es disposarien d'aquests llocs per a la recollida i possible pagament o registre de l'ús d'aquests sistema de transport. S'ha escollit aquesta situació per ser un punt crític d'interacció entre el producte i l'usuari, també podria haver-se realitzat una animació del sistema de recollida o pagament en cas de ser necessari, totes aquestes possibilitats no varien l'objectiu principal de contextualitzar el producte i per tant son igualment vàlides. Com aquest procediment s'ha realitzat en l'entorn 3D de la universitat, els usuaris reconeixen fàcilment el lloc i els permet familiaritzar-se ràpidament amb els possibles punts de recollida.

En aquest cas s'ha creat un vídeo sense cap efecte de so, la pista d'àudio es podria utilitzar per a una major explicació de cara a l'usuari, tant com per a afegir informació extra o per a adaptar-se a possibles discapacitats dels espectadors.

6. Conclusions

En aquest treball final de màster s'ha recreat un ambient urbà basat en l'Escola Tècnica d'Enginyers Industrials, que presenta elements de tots tipus que es poden extrapolar a qualsevol ciutat o poble: edificacions, elements naturals i decoratius, així com mobiliari urbà. Aquest model representa fidelment els objectes, tant per precisió en el modelat com per l'ús de materials realistes PBR mitjançant la generació d'imatges basada en el traçat de rajos. El resultat d'aquest procés és una escena 3D realista que permet contextualitzar productes o esdeveniments dintre de l'entorn virtual, que s'ha preparat per a una futura exportació a realitat virtual.

Buscant assolir aquests objectius, s'han modelat tots els elements tridimensionals seguint uns principis de modelatge de sòlids rígids i amb una topologia correcta i optimitzada. Així, s'ha treballat per a la minimització de polígons mitjançant un cremat de textures que permet als materials corresponents interactuar de manera realista amb la llum sense cap cost computacional a l'hora de moure les distintes malles per l'escena.

Quant a la contextualització d'un producte, s'ha realitzat una animació tant d'elements mecànics com orgànics mitjançant fotogrames claus i deformació amb esquelet. Aquesta ha sigut optimitzada per a minimitzar el temps de render. A més, s'ha animat un dels punts crítics per a un projecte de lloguer de patinets elèctrics, més concretament, el punt de deixada. Dita animació permetria als usuaris conèixer punts de recollida i com interactuar amb ells o saber la seua opinió respecte d'un possible funcionament en cas que el projecte estiga en les primeres fases de desenvolupament.

Per a finalitzar i completar el treball, s'ha redactat una guia d'estil que proporciona una sèrie de pautes i guies a l'hora de realitzar aquest tipus d'escenes. D'aquesta manera, s'ha redactat per a mantenir-la independent del software utilitzat i d'una manera clara i senzilla que facilite la seua lectura i comprensió en el mínim temps possible.

Respecte al que fa a millores del treball, existeix la possibilitat d'augmentar el nivell de detall dels elements en arxius separats per a augmentar la qualitat d'aquests en cas que fos necessari. També es contempla l'opció de modelar l'interior dels edificis per a futurs projectes així es pot utilitzar per a realitzar visites virtuals, augmentant d'aquesta manera l'ús de l'escena.

Es poden realitzar millores en l'optimització per a millorar el rendiment en RV i preparar l'escena per al correcte funcionament amb EEVEE permetent d'aquesta manera millorar la capacitat de l'escena per a realitzar animacions més complexes i prolongades.

També es vol remarcar que s'ha proposat a l'escola tècnica d'enginyers industrials l'ús d'aquesta escena junt amb la ampliació anomenada anteriorment de modelar els interiors dels edificis per a la realització d'un mapa interactiu 3D.

Finalitzant aquest treball i amb intenció de que tots els alumnes i persones interessades pugen aprofitar-lo (tant per a aprenentatge com per a realitzar noves escenes i/o projectes) s'ha creat una carpeta de Google Drive pública a la que es pot accedir amb aquest enllaç:

[Model 3D d'ETSII](#)

7. Bibliografia consultada

wiki.Blender.org (data de consulta:10/12/2019)

<https://docs.Blender.org/> (data de consulta:10/12/2019)

Hess, Roland, and Blender Foundation. *The Essential Blender : Guide to 3D Creation with the Open Source Suite Blender*. Blender Foundation, 2000.

Mullen, Tony. *Animación de personajes con Blender*. Anaya Multimedia, 2007.

Blain, John M. *The complete guide to Blender graphics : computer modeling and animation*. CRC Press, 2012.

Apunts de l'assignatura "Animació i realisme visual" impartida pel professor Francisco Eugenio Albert Gil durant el Màster Universitari en Enginyeria Industrial (2018-2019)

PRESSUPOST



1. Descripció del pressupost

En aquest apartat del treball es realitzarà una petita descripció de les unitats d'obra que s'inclouran en el pressupost així com els factors que s'han tingut en compte en cadascuna d'aquestes.

1.1. Descripció de les unitats d'obra

Per a la realització d'aquest Treball Final de grau s'estima que s'han emprat un total de 300 hores, aquestes es poden dividir principalment en 5 grups que seran explicats a continuació:

- **Documentació prèvia (10 hores)**

Els primers passos per a la creació del treball han sigut realitzar una recopilació d'informació per a la generació del entorn 3D, aquest grup inclou tant els recursos dedicats a l'obtenció de referències com a la consulta de la documentació tècnica necessària per a la realització del treball.

- **Creació de l'escena (200 hores)**

La creació de l'escena amb el programa Blender d'aquest treball està format per distintes fases:

- **Models individuals (80 hores)**

Temps emprat per a la creació dels distints models individuals que s'afegeixen posteriorment a l'escena.

- **Escena (50 hores)**

Temps emprat en la posició i escala correcta de tots els elements, així com la creació dels distints sistemes de partícules, també s'inclouen en aquest grup els elements modelats de menor interès que no s'han realitzat en arxius individuals.

- **Materials (50 hores)**

En aquest grup s'inclou el temps emprat per a la realització dels materials, tant els procedurals com el de les textures obtingudes directament de l'entorn.

- **Animació (20 hores)**

En aquest grup s'inclou el temps utilitzat per a la creació de l'animació.

- **Redacció de documents (90 hores)**

Aquest grup inclou tant la redacció del document del treball final de màster com la redacció de la guia d'estil.

- **Renderitzat (480 hores)**

Aquest grup considera els recursos necessaris exclusivament per a la renderització del treball. Cal aclarir que aquestes hores no son de treball realitzat per l'alumne.

- **Materials i ferramentes emprats**

En aquesta unitat d'obra es consideren els costos derivats del material utilitzat durant la realització del treball com amortització del ordinador emprat

1.2. Càlcul del preu dels materials emprats

- **Llicència de Microsoft Office 365 Hogar:**

S'ha consultat la web de Microsoft per a conèixer el preu d'aquest producte, s'estima en 10€/mes.

- **Amortització de l'ordinador utilitzat:**

S'ha utilitzat per al anàlisi un ordinador amb les següents característiques : i3-6100P, 8 GB RAM, 1 TB HDD, que s'estima amb un preu de 800€. S'ha suposat una vida util de l'ordinador de 4 anys(48 mesos) per el que finalment el cost serà de 16.5€/mes.

- **Material d'oficina:**

Es considera el cost del material d'oficina així com el de la impressió i enquadernació del treball per a la presentació en format físic, s'estima un total de 60 €

- **Salari del Enginyer industrial en formació:**

S'estima un sou de 20€/hora.

- **Salari del personal de consulta (tutor):**

S'estima un sou de 30€/hora.

2. Pressupost del projecte

2.1. Quadres de preus

Preus de la mà d'obra			
Còd.	U.M.	Descripció	Preu
M.O.1	h	Enginyer industrial en formació	20
M.O.2	h	Personal de consulta (tutor)	30

Preus de materials i ferramentes emprats			
Còd.	U.M.	Descripció	Preu
M.1	mes	Ordinador	16.5
M.2	u	Material d'oficina	60

2.2. Quadres de preus descompostos

U.O.1 Documentació prèvia					
Còd.	U.M.	Descripció	Rend	Preu	Cost
M.O.1	h	Enginyer industrial en formació	10	20	200
M.O.2	h	Personal de consulta (tutor)	2	30	60
%	-	Costos directes complementaris	0.02		5.2
%	-	Costos indirectes	0.03		7.8
				Cost total	273 €

U.O.2 Creació de l'escena					
Còd.	U.M.	Descripció	Rend	Preu	Cost
M.O.1	h	Enginyer industrial en formació	200	20	4000
M.O.2	h	Personal de consulta (tutor)	6	30	180
M.1	mes	Ordinador	6	16.5	99
%	-	Costos directes complementaris	0.02		85.58
%	-	Costos indirectes	0.03		128.37
				Cost total	4,493 €

U.O.3 Realització de documents					
Còd.	U.M.	Descripció	Rend	Preu	Cost
M.O.1	h	Enginyer industrial en formació	90	20	1800
M.O.2	h	Personal de consulta(tutor)	2	30	60
M.1	mes	Ordinador	6	16.5	99
M.2	mes	Llicència de Microsoft Office 365 Hogar	3	10	30
M.3	u	Material d'oficina	1	60	60
%	-	Costos directes complementaris	0.02		40.98
%	-	Costos indirectes	0.03		61.47
				Cost total	2151.45€

U.O.4 Renderitzat					
Còd.	U.M.	Descripció	Rend	Preu	Cost
M.O.1	h	Enginyer industrial en formació	5	20	100
M.O.2	h	Personal de consulta (tutor)	1	30	30
M.1	mes	Ordinador	0.65	16.5	108
%	-	Costos directes complementaris	0.02		2.81
%	-	Costos indirectes	0.03		4.22
				Cost total	148 €

2.3. Quadre de preus unitaris

Còd.	Descripció	Preu
U.O.1	Documentació prèvia	273
U.O.2	Creació de l'escena	4,493
U.O.3	Realització de documents	2,151.45
U.O.4	Renderitzat	148

2.4. Pressupost final del projecte

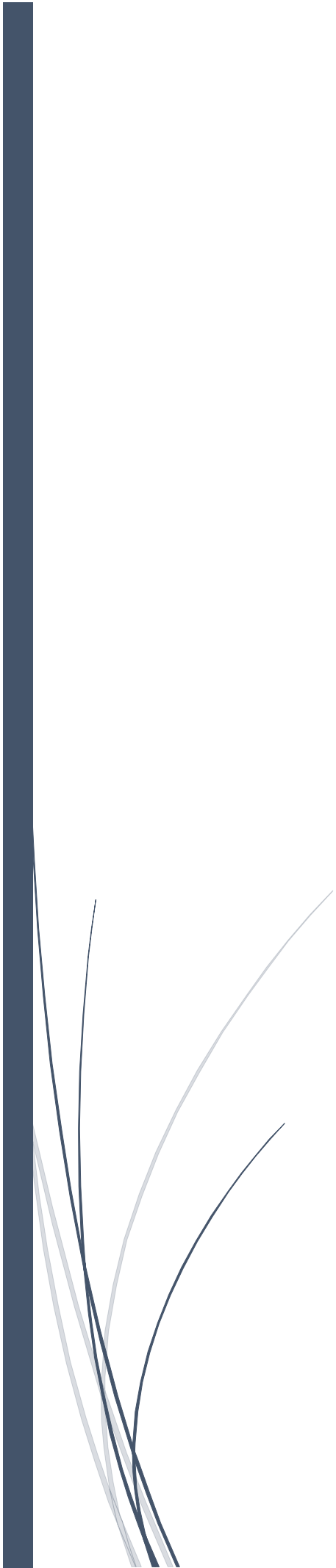
	Preu	
U.O.1 Documentació prèvia	273	
U.O.2 Creació de l'escena	4,493	
U.O.3 Realització de documents	2,151.45	
U.O.4 Renderitzat	148	Pressupost d'execució material
	7065.45€	
13% Costos generals.....	918.5€	
6% Benefici industrial.....	423.92€	
Pressupost d'execució per contracta	8407.88€	
21% IVA.....	1765.65€	
	Pressupost total:	10,173.54 €

El cost d'aquest treball suposa un total de:

DEU MIL CENT SETANTA-TRES AMB CINQUANTA-QUATRE EUROS.

ANEXES



A thick, dark blue vertical bar is positioned on the left side of the page. From its base, several thin, light blue lines curve upwards and outwards, creating an abstract, organic shape that resembles a stylized plant or a cluster of reeds.

Guia d'estil per a modelatge d'ambients urbans

Índex

1. Seqüència recomanada per a la generació d'entorns.....	83
2. Software recomanat.....	83
3. Tipus de representació.....	84
4. Procés de modelatge.....	85
5. Textures i materials.....	89
6. Creació d'entorn.....	90

1. Seqüència recomanada per a la generació d'entorns

1. Obtenir geometria de referència

En primer lloc s'ha d'aconseguir informació geomètrica de l'escena que es desitja, es recomana utilitzar planols, ja que la base per a la resta del treball serà més neta i senzilla amb aquests, però si no es disposa de planols, es poden utilitzar imatges àrees (Serà menester obtenir alguna mesura real per a escalar la imatge a la mida correcta i tenir les dimensions adequades).

2. Modelar edificacions

Després es recomana modelar els edificis, aquests aporten una idea general de la volumetria i ajuden a la visualització de l'espai a l'hora de treballar. Treballar en primer lloc les edificacions ajudarà a omplir l'escena ràpidament amb elements que requereixen poc esforç generalment.

3. Modelar vies públiques i zones verdes

Posteriorment es recomana modelar els carrers i zones verdes, afegint el mobiliari i altres elements, com per exemple cotxes. S'han d'afegir en primer lloc elements grans, ja que l'usuari sol detectar la falta d'aquests (arbres, fanals, papereres i cotxes).

4. Afegir detalls menors

Finalment es poden afegir detalls menors com pluvials, reixes i tapes de clavegueram per a afegir un nivell extra de realisme a l'escena.

5. Textures i materials

Una vegada creada tota la geometria es recomana afegir les textures i materials de tots els models, si tots aquests estan en la mateixa escena el procés d'assignació de materials s'accelera considerablement i facilita la compartició dels mateixos entre distints models.

2. Software recomanat

Dintre dels distints softwares per a modelatge en 3D es poden distingir dos grans grups. El primer d'aquests són aquells programes que utilitzen models matemàtics en les bases del modelatge i estan enfocats al disseny paramètric. Aquest tipus de programes es recomana per al disseny de productes ja que permet una edició ràpida de les dimensions i característiques dels models. El segon tipus es coneix com a software d'edició en 3D que treballa mitjançant elements poligonals, permet modificar i desplaçar cares, vèrtex i aristes de tots els polígons.

Per al modelatge d'un ambient urbà es recomana utilitzar programes d'edició 3D poligonals, ja que són més flexibles a l'hora dels elements que es poden recrear i aquests no solen rebre molts canvis, ja que no estan dissenyant-se. A més a més, la recreació d'objectes orgànics és molt més còmoda i intuïtiva en aquest tipus de software (Blender, 3DS Max, Cinema 4D...). A tot açò cal afegir que per al modelatge d'un ambient urbà no es necessita la precisió que aportaria un model paramètric.

Es recomana utilitzar Blender, ja que és gratuït i un programa amb molta flexibilitat i potència.

3. Tipus de representació

El nivell de detall en la representació de l'entorn és un element definitiu que caracteritza la càrrega de treball i el resultat de l'escena en global. Tant per a la presentació de productes industrials com arquitectònics es solen utilitzar tècniques de realisme, hiperrealisme i fotorealisme.

L'hiperrealisme tracta de buscar una fidelitat absoluta amb la realitat de manera que els usuaris no siguin capaços de distingir que ha sigut generat per ordinador i que no. El fotorealisme busca la mateixa reacció afegint els efectes característics de les imatges fotografiades, com la profunditat de camp o la distorsió de les lents. Aquests objectius de qualitat són molt exigents i requereixen una gran quantitat de recursos, tant humans com computacionals.

El realisme busca una representació realista dels objectes però no recrea les imperfeccions superficials ni els efectes deguts a les càmeres. Aquest mètode de treball és el més eficient a l'hora de mostrar productes, ja que l'usuari mitjà no és capaç d'identificar grans quantitats de detalls en el model i és considerablement més ràpid que els altres mètodes. Per açò es recomana buscar realisme en les escenes que es recreen, a no ser que s'integren els models 3D amb elements reals (com per exemple un vehicle modelat dintre d'una carretera real), en aquest cas es devia utilitzar fotorealisme.



Il·lustració 87 Escena realista (utilitzant una textura creada a partir d'una fotografia)



Il·lustració 88 Escena hiperrealista (utilitzant textures PBR)



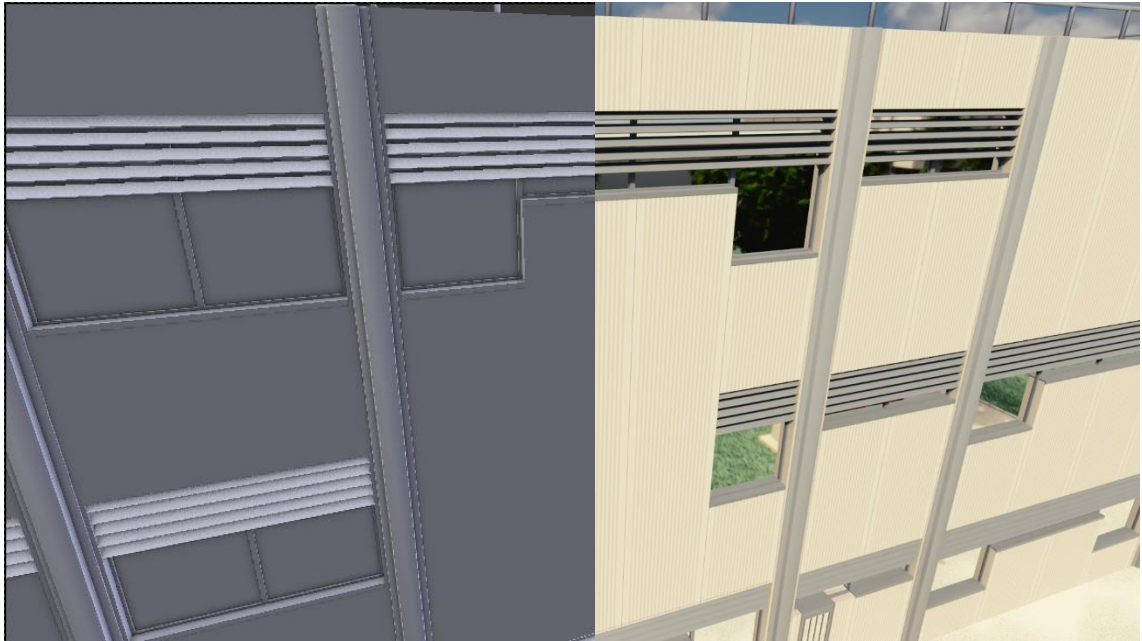
Il·lustració 89 Escena fotorrealista (afegint profunditat de camp al render enfocat a l'escultura obtinguda per fotogrametria)

4. Procés de modelatge

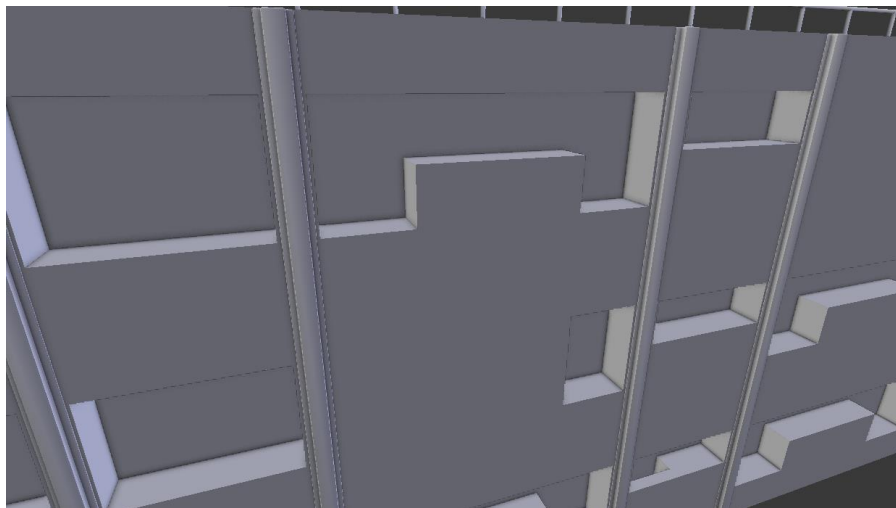
El més important a l'hora de crear escenes grans és el nombre de polígons que té l'escena, de manera que s'ha de tractar de reduir al màxim possible aquests per a tenir un bon rendiment i temps de render menors a l'hora de finalitzar l'escena. Els procediments que es solen emprar són: Modelatge simple, per subdivisions, amb sistemes de partícules i amb simulació física (per exemple, fluids o tela). Per a cada element es recomana un tipus de tècnica diferent perquè se simplifiqui al màxim el procés sense perdre fidelitat en la representació.

- Edificis

A l'hora de modelar els edificis es recomana no realitzar les parts internes dels mateixos per a simplificar el procés. D'altra banda, la part estètica les façanes dels edificis inclou relleus decoratius que no s'han de modelar, ja que pot implicar una gran quantitat de polígons. Per a replicar aquests detalls s'ha d'utilitzar una textura, que afegeix una gran qualitat al model final.



Il·lustració 90 Comparativa entre models amb i sense textura en la façana



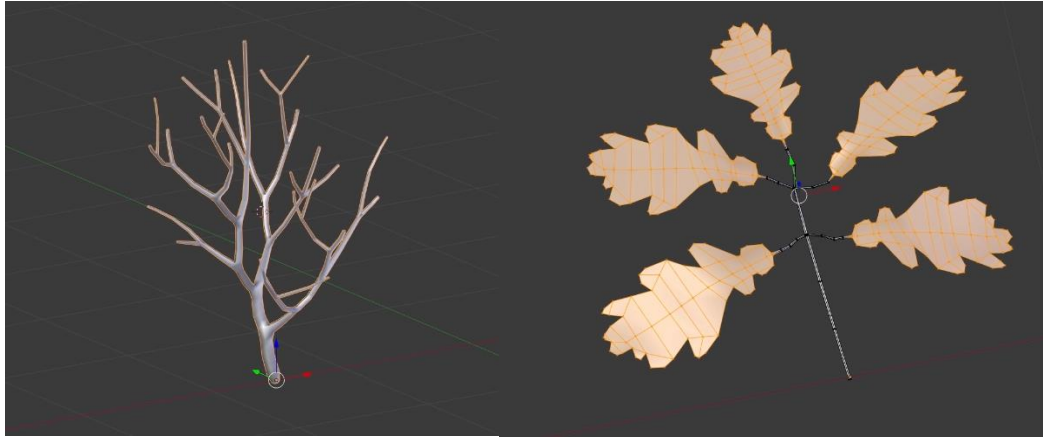
Il·lustració 91 Model d'edifici sense espais interiors modelats

Altres elements com finestres, balcons i plantes s'han d'afegir al final, una vegada el model quede finalitzat.

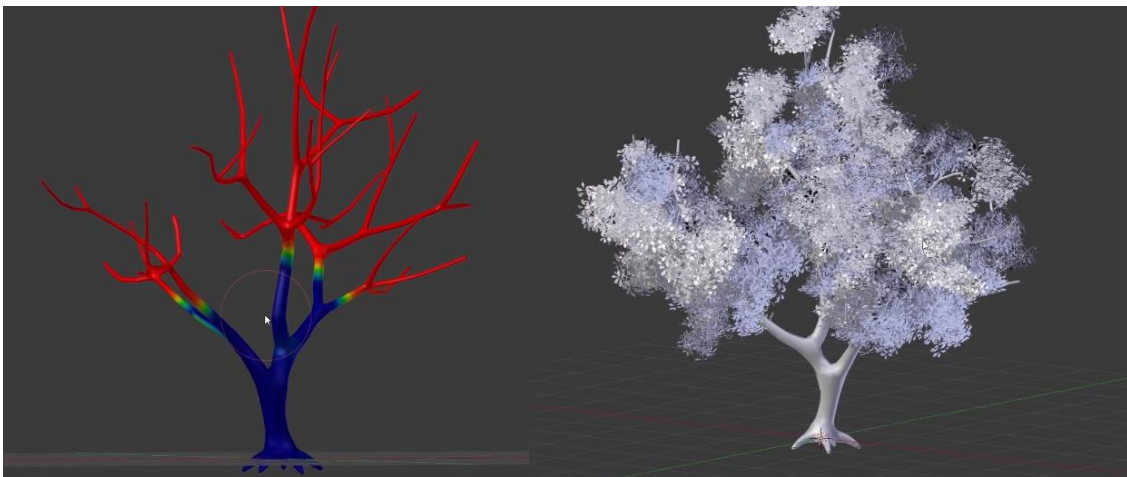
- Elements naturals

Aquest tipus de models sol ser conegut com a model orgànic, i és principalment tot allò que no ha fet l'home (en aquest tipus d'entorn vegetació i relleu geogràfic). Es recomana un modelat amb subdivisions, ja que ajuda a suavitzar molt la superfície mantenint un nombre de polígons

baixos que permet facilitar el treball. D'altra banda, el fullatge es pot treballar com a una malla detallada o una imatge depenent de la proximitat a la qual vaja a estar l'usuari. Es pot ficar a mà el fullatge si es busca una representació molt propera a una referència (per a casos en què l'element siga molt representatiu de l'escena queda justificat) però es recomana, per a afegir naturalitat i aleatorietat, utilitzar sistemes de partícules per a generar la posició de fulles i rames:



Il·lustració 92 Tronc i fulles modelades per al sistema de partícules

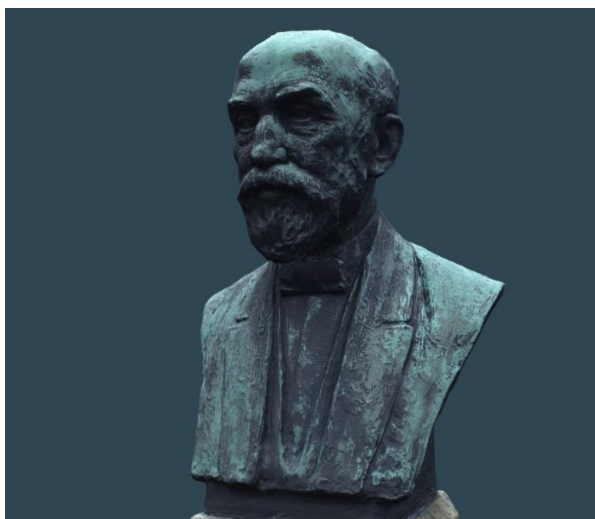


Il·lustració 93 Pintat de pesos per a distribuir el sistema de partícules i resultat final

Per a generar gespa es recomana seguir el mateix procediment, llevant les partícules d'aquelles zones que es desitja com per exemple voltant d'arbres o parts desgastades per l'us.

- Elements decoratius

Per a representar escultures i peces d'art a les zones urbanes existeixen dues opcions recomanades que permeten la millor fidelitat possible amb un temps computacional reduït. La primera opció es basa en modelar els elements directament en cas de que siguen geometries sencilles i que no suposen un esforç excessiu. Si aquestes peces son escultures orgàniques com bustos o geometries excessivament complexes es recomana realitzar un escanejat (la fotogrametria és un procés barat i efectiu basat en la triangularització de punts claus mitjançant fotografies preses en diferents angles).



Il·lustració 94 Figura escanejada per fotogrametria (autor: Nick Lievendag)

- Mobiliari urbà

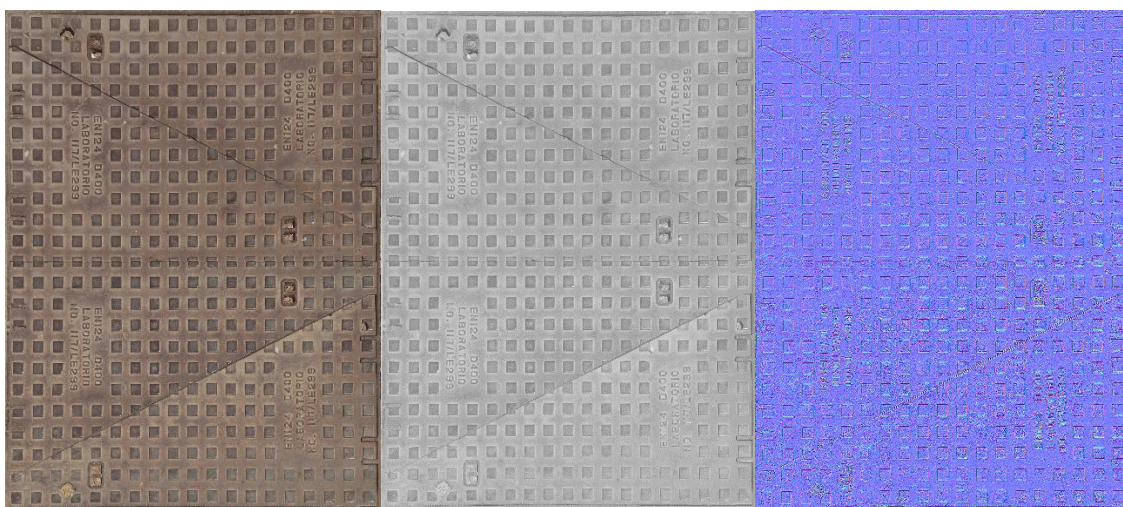
És important afegir elements com papereres, faroles, bancs i altres elements urbans per a afegir realisme a l'escena. Aquest tipus d'elements es recomana modelar-los amb un baix nivell de detall per a estalviar temps i recursos informàtics, ja que l'usuari no presta atenció als detalls d'aquestes parts de l'escena. Per a facilitar el procés de creació es poden utilitzar simulacions per a recrear teixits i líquids que puguin estar presents. Per exemple en les fonts requereixen simulació de fluids que afegirà realisme a l'escena. Les papereres amb borses de plàstic es poden modelar mitjançant simulació de tela i posteriorment reduir el nombre de polígons el màxim possible. Es recomana buscar en webs de models 3D aquests tipus d'elements, ja que consumeixen temps i no aporten un valor excessiu a l'escena. La web varia en funció del software utilitzat per a Blender es pot utilitzar la web de [Blendswap.com](https://www.blendswap.com).



Il·lustració 95 Exemple de models

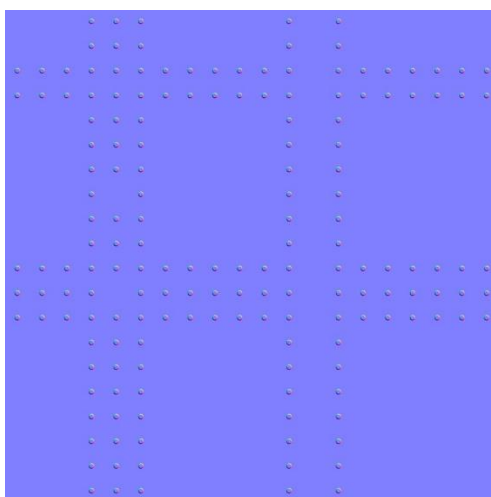
5. Textures i materials

Per a afegir textures i materials als models finals és important buscar que aquestes siguin PBR (Physically Based Rendering), si no és possible fotografies, ja que afegeixen un resultat molt realista, tant per la imatge d'albedo (color bàsic de la textura, com fusta o rajola) com per a la interacció de la llum mitjançant un mapa de normals i desplaçament. Aquestes es poden trobar en webs especialitzades (cc0textures.com) o, ser creades per l'usuari si ho considera adequat (amb escanejat o directament modelant i afegint detalls manualment per a posteriorment fer un bake). Altres textures basades únicament en el color del model es poden utilitzar per als elements distants que no presenten interès en l'escena, ja que en estar més llunyans els detalls es perden i s'estalvien càlculs a l'hora de realitzar els renders finals.



Il·lustració 96 Distintes imatges d'una textura PBR (albedo, oclusió ambiental i mapa de normals)

El procés de bake consisteix en transferir detalls d'un model a un altre mitjançant textures, aquestes poden aportar informació de la quantitat de llum que rep l'objecte en l'escena global o la direcció de les distintes cares que formen el model en si (mapa de normals).



Il·lustració 97 Mapa de normals per a afegir rebllons

6. Creació d'entorn

L'illuminació és l'element més important a l'hora d'asolir el realisme en l'escena. Es poden utilitzar textures d'entorn (disponibles en pàgines com hdrihaven.com) i il·luminació mitjançant llums afegides manualment, la qual cosa permet un gran control de la direcció i color de l'illuminació. En canvi si s'utilitza un HDRI el color i la direcció de la llum són exactes degut a que són fotografies en 360 graus que aporten informació sobre la quantitat de il·luminació.



Il·lustració 98 Imatge 360º per a la creació de l'entorn