



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Restitución Geométrica 3D y Modelación numérica de la Edificación Patrimonial 1 en la Academia de Guerra del Ejército del Ecuador

Autores: Cabezas Bósquez Ángel Agustín, Flores Sandoval María Gabriela, Gualotuña Sánchez Homero Samuel, Guano Quinatoa Jessica Lizbeth

Director:

Ing. Néstor David Mejía, Msc

Sangolquí, 2022



“Restitución Geométrica 3D Y Modelación Numérica De La Edificación Patrimonial 1 En La Academia De Guerra Del Ejército Del Ecuador”



“Restitución Geométrica 3D Y Modelación Numérica De La Edificación Patrimonial 1 En La Academia De Guerra Del Ejército Del Ecuador”



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Objetivo General

Determinación de indicadores mínimos de servicio a través de estudios numéricos basados en la información topográfica, arquitectónica, estructural de la edificación Patrimonial 1 en la Academia de Guerra del Ejército del Ecuador.

Objetivos Específicos



ESPECÍFICO 1: **Situación actual arquitectónica y estructural**

- Levantar la información topográfica, arquitectónica y estructural para la construcción de modelos 3D.
- Escribir una memoria sobre los resultados del estado actual arquitectónico y estructural.



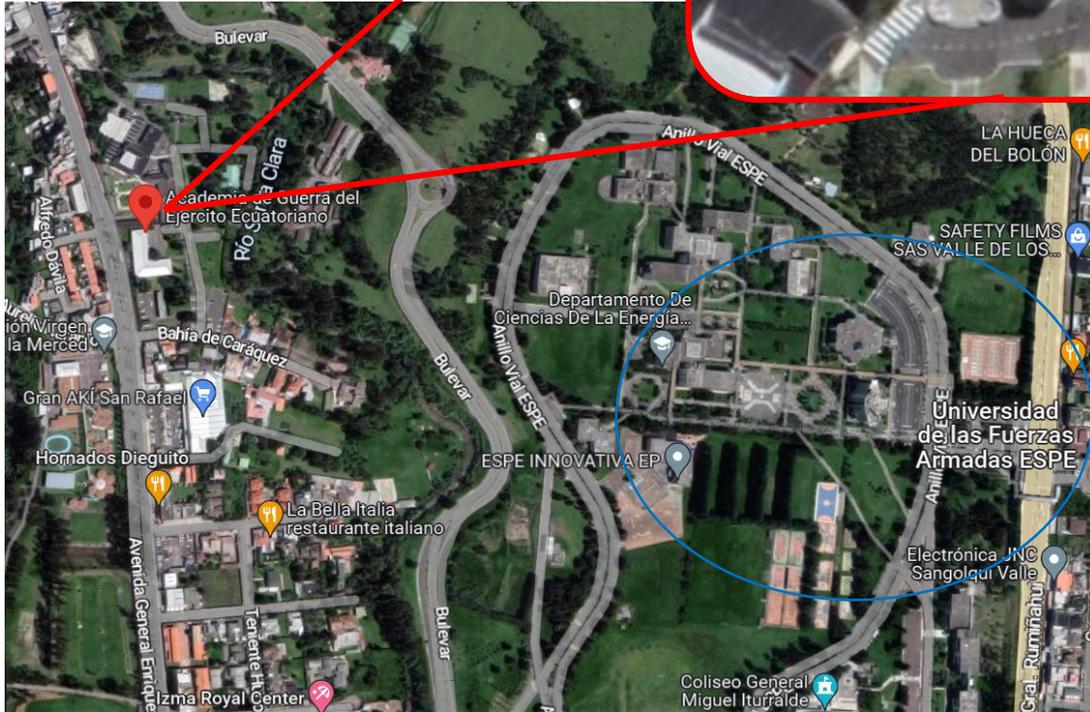
ESPECÍFICO 2: **Modelo Numérico**

- Entrenamiento en software para realizar el estudio.
- Capacitación de las variables teóricas y computacionales que interactúan con el software.
- Modelación numérica.
- Escribir memoria de cierre del objetivo específico.

Introducción



Academia de Guerra del Ejército Ecuatoriano



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



METODOLOGÍA



Análisis de medición indirecta por procesamiento de imágenes



Análisis de medición directa

Levantamiento Topográfico



Levantamiento Estructural

Materiales y elementos

- Material, adobe
- Cumbretero, madera
- Paredes, tierra amas



Levantamiento Arquitectónico



Herramientas



DJI Mavic Pro 12 mpx
cuadricóptero



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

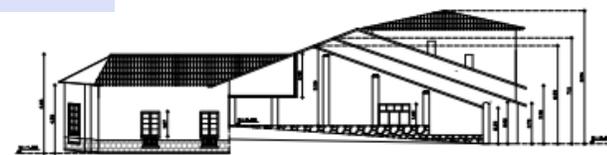


Objetivo específico: **Levantamiento Arquitectónico**

Plano 1

Contiene:

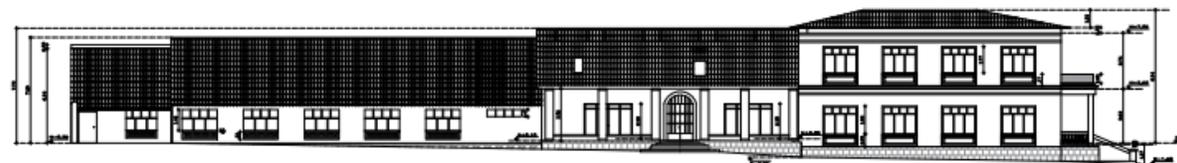
- Fachada frontal
- Fachada Posterior
- Fachada Lateral Derecha
- Fachada lateral izquierda



FACHADA FRONTAL
ESCALA 1:100



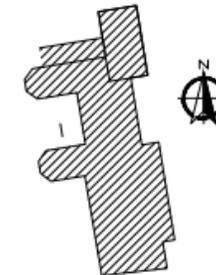
FACHADA POSTERIOR
ESCALA 1:100



FACHADA LATERAL DERECHA
ESCALA 1:100



FACHADA LATERAL IZQUIERDA
ESCALA 1:100

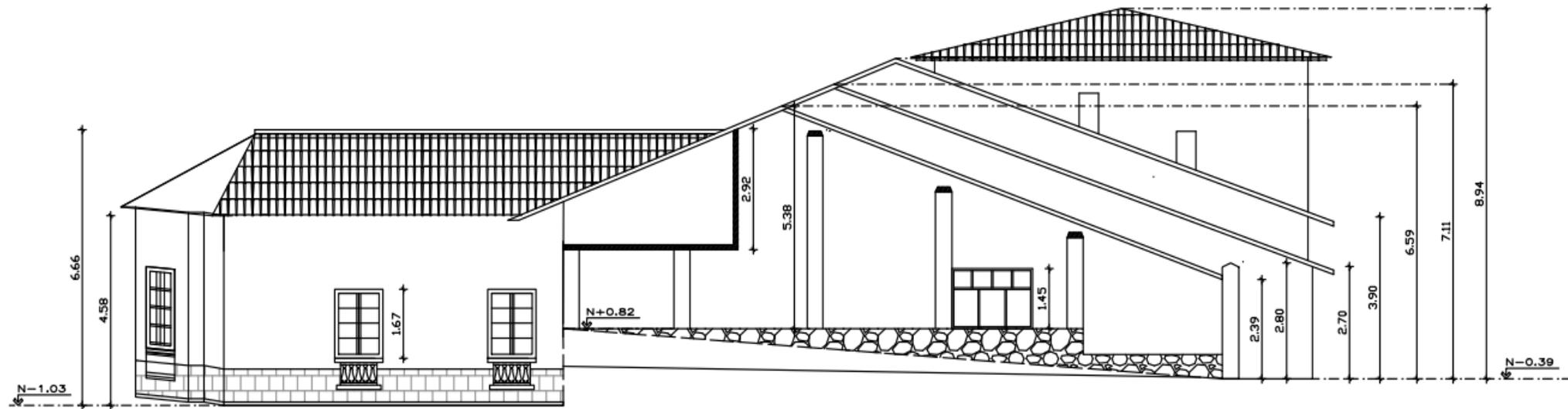


COORDENADAS: TITULO: / PROYECTO:

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS "ESPE"

PROYECTO: / ESCALA: / FECHA: /





FACHADA FRONTAL

ESCALA ————— 1:100



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





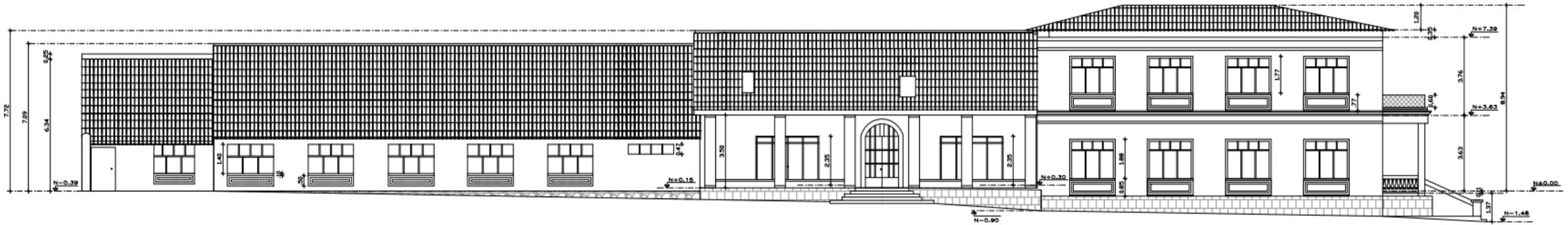
FACHADA POSTERIOR

ESCALA _____ 1:100



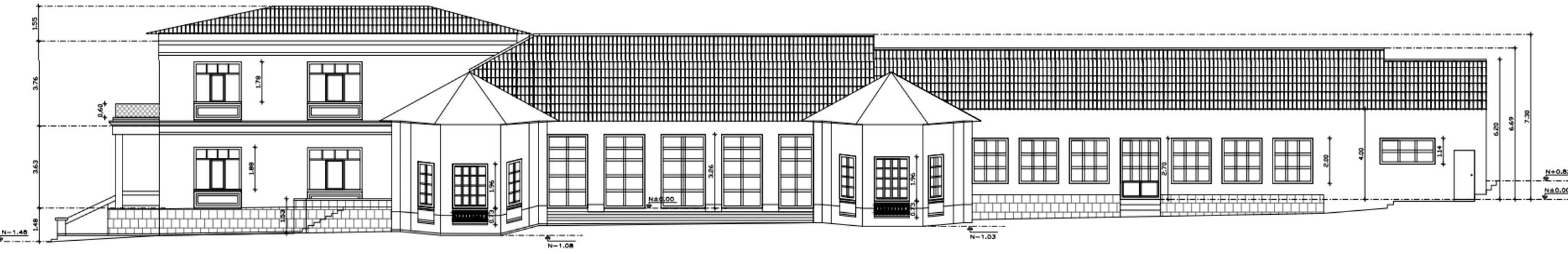
ESPE
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





FACHADA LATERAL DERECHA

ESCALA 1:100



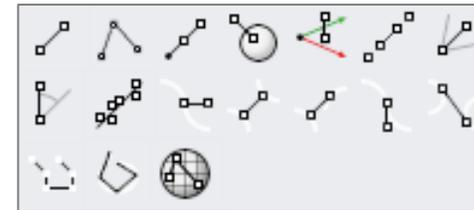
FACHADA LATERAL IZQUIERDA

ESCALA 1:100

Modelación 3D – Plugin VisualARQ



- PUNTOS



- LÍNEAS



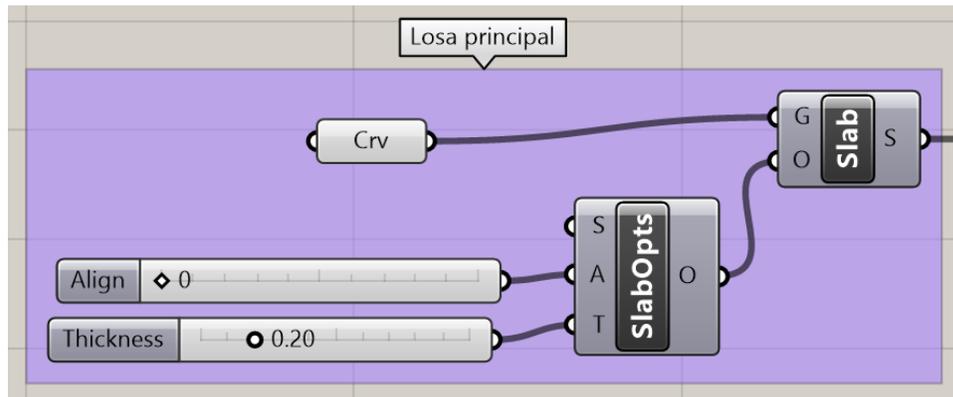
- SUPERFICIES

- BIM (**B**uilding **I**nformation **M**odeling) es una metodología que permite crear simulaciones digitales de diseño.
- Formato de archivo IFC (**I**ndustry **F**oundation **C**lasses).

Modelación 3D – Plugin VisualARQ



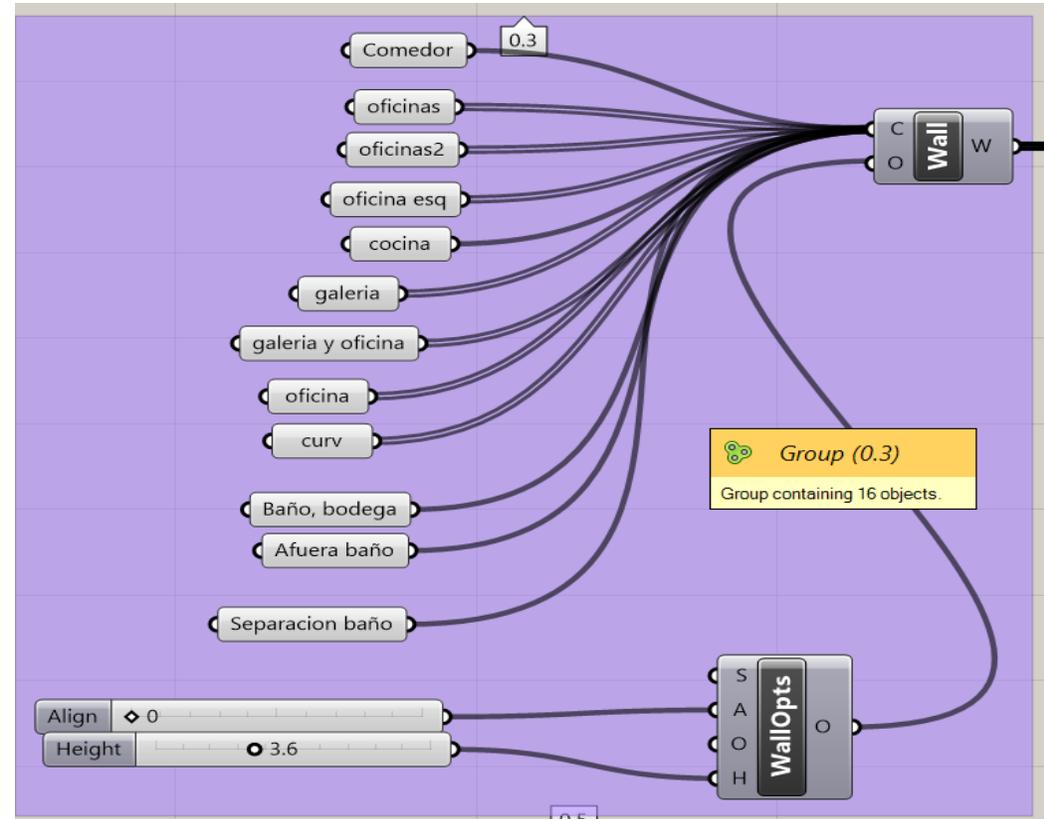
“Slab”, componente de losas.



“Slab Options” para modificar el estilo de losa, la alineación y espesor.



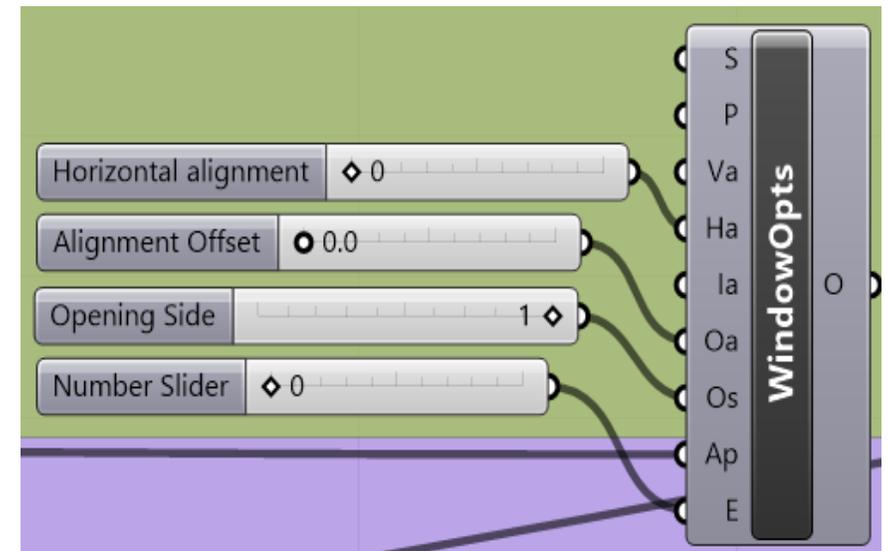
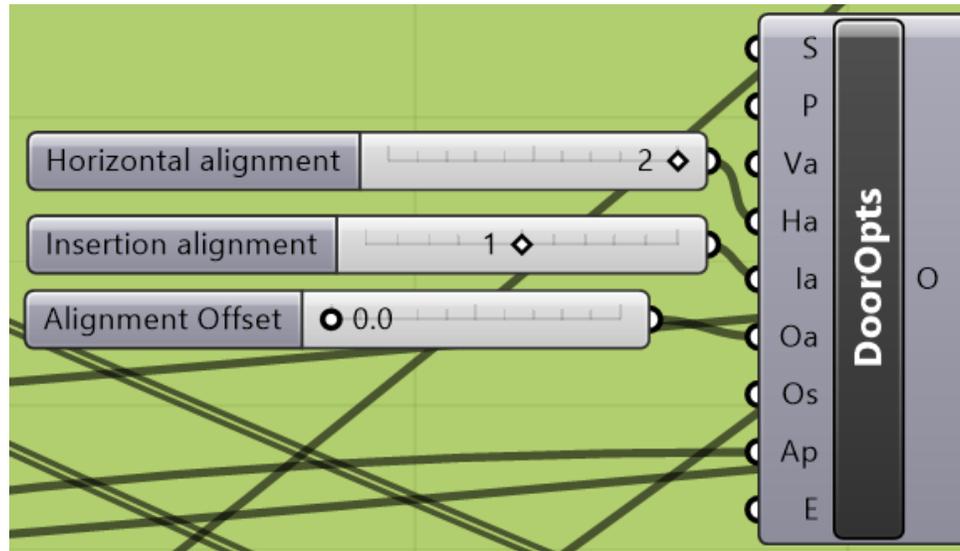
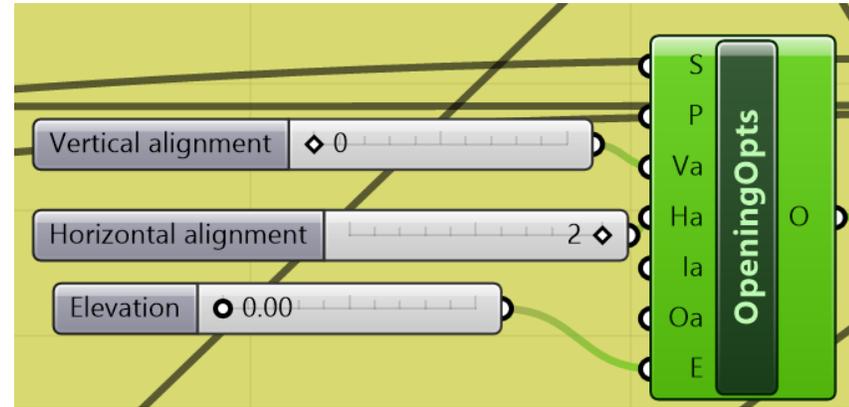
“Wall”, componente de muros.



Modelación 3D – Plugin VisualARQ



“Door”, “Window” y “Opening”, componente de puertas, ventanas, funciones de apertura y cierre de las mismas.



Modelación 3D – Plugin VisualARQ



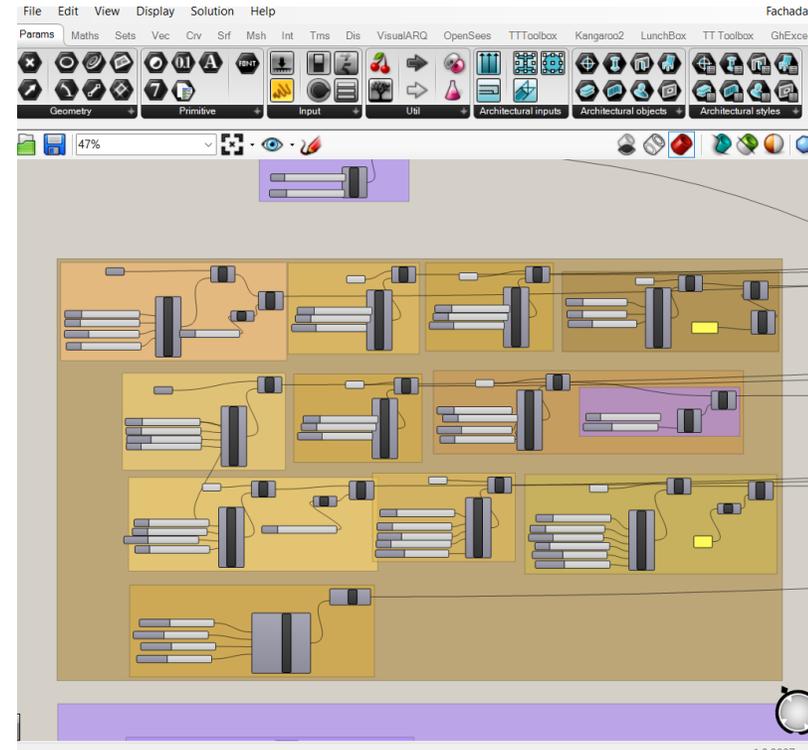
“Stair”, componente de escaleras.



“Column”, componente de columnas.



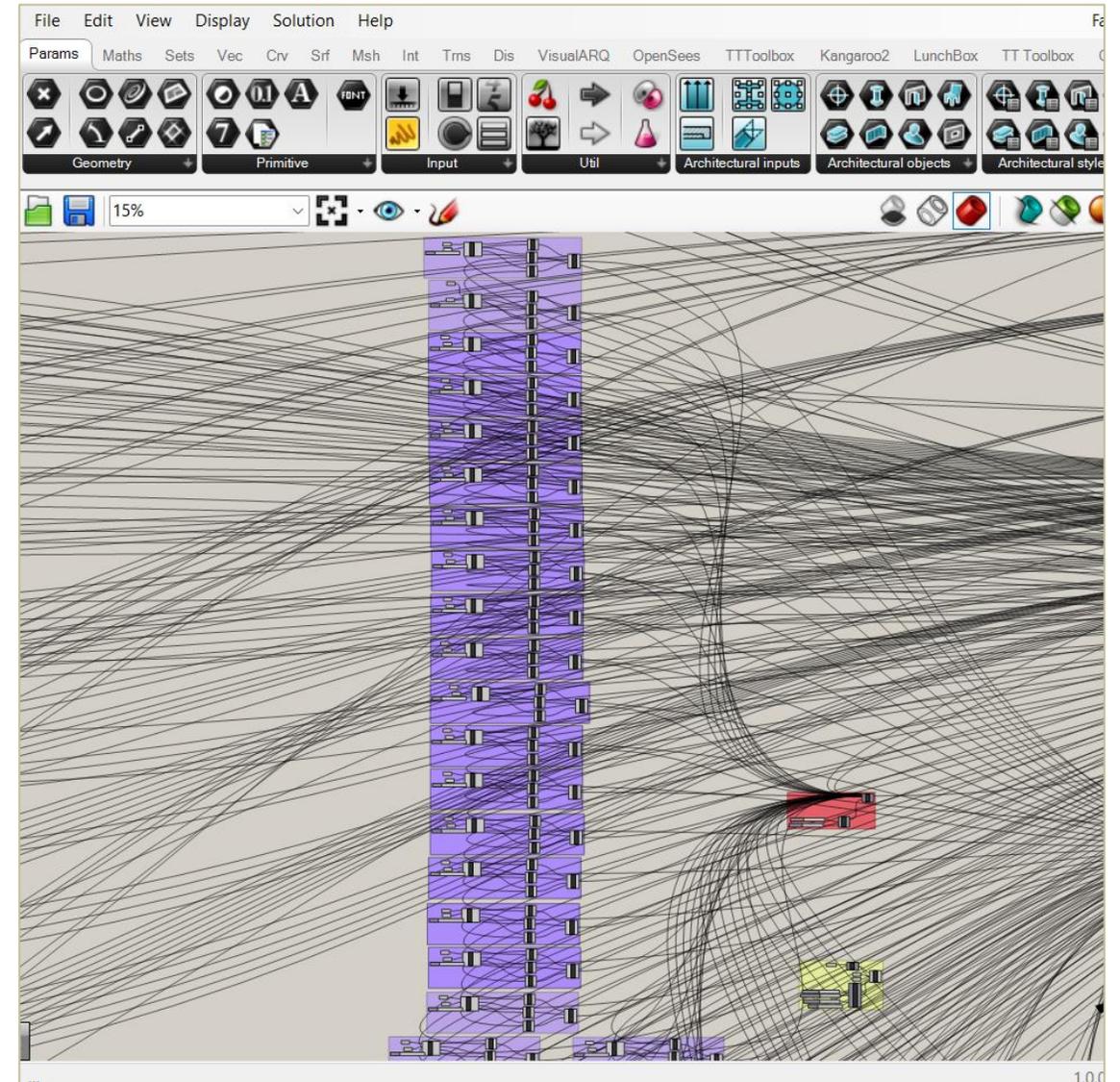
“Roof”, componente de techo.



Modelación 3D – Plugin LunchBox



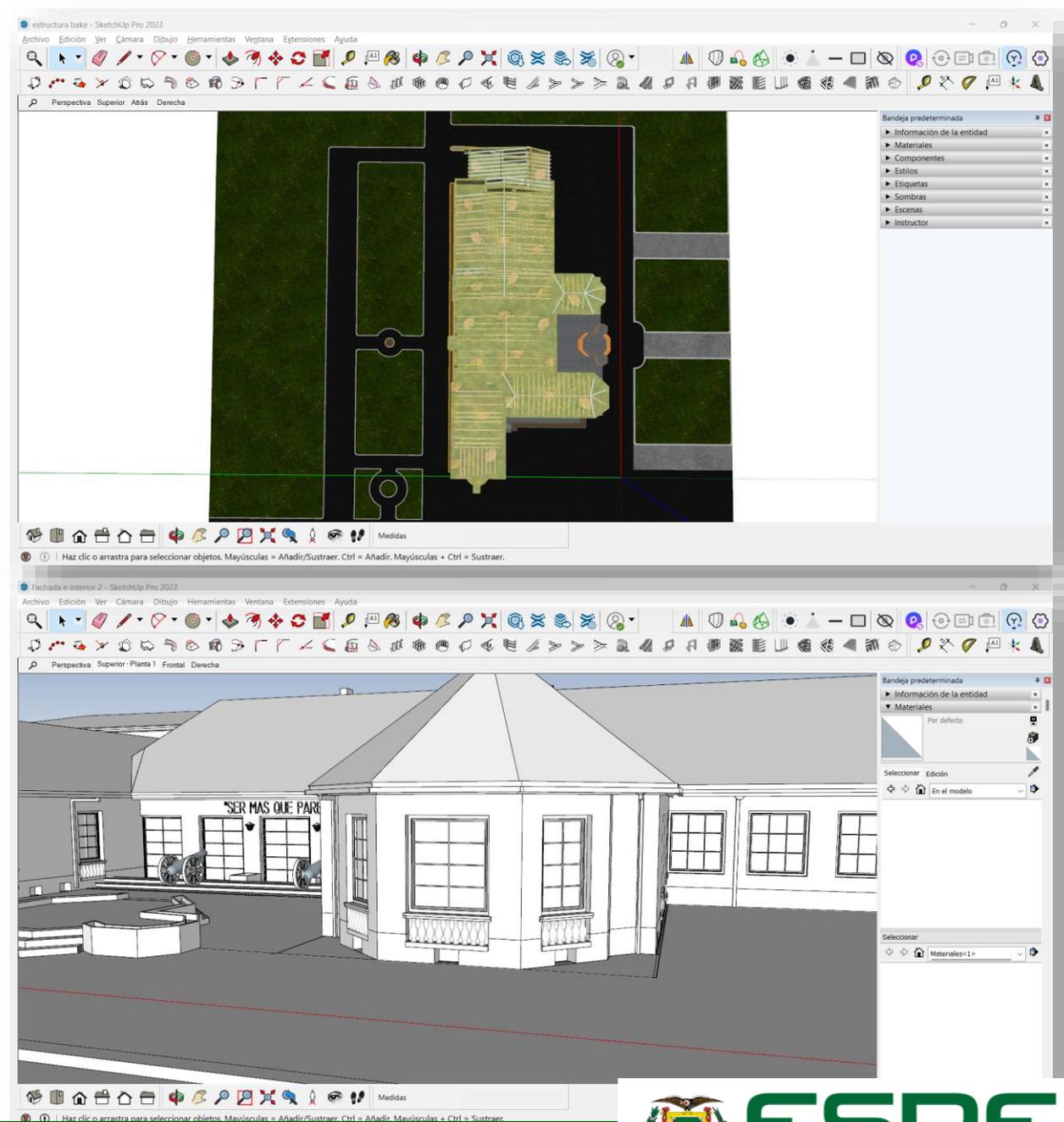
Para las cerchas se necesitó un plugin adicional llamado “LunchBox”, con el cual se realizó las cerchas, para el cual se necesitó conectar dos líneas base es decir una “Curve A” y “Curve B”, también especificar la cantidad de nodos que tienen. A estas líneas se conectan con un “Pipe” el cual crea a estas líneas una superficie.



Modelación 3D – SketchUp



Desde el archivo donde está el modelo 3D de la estructura del edificio de Rhinoceros se exporta en formato .skp el cual es el formato con el que trabaja SketchUp.

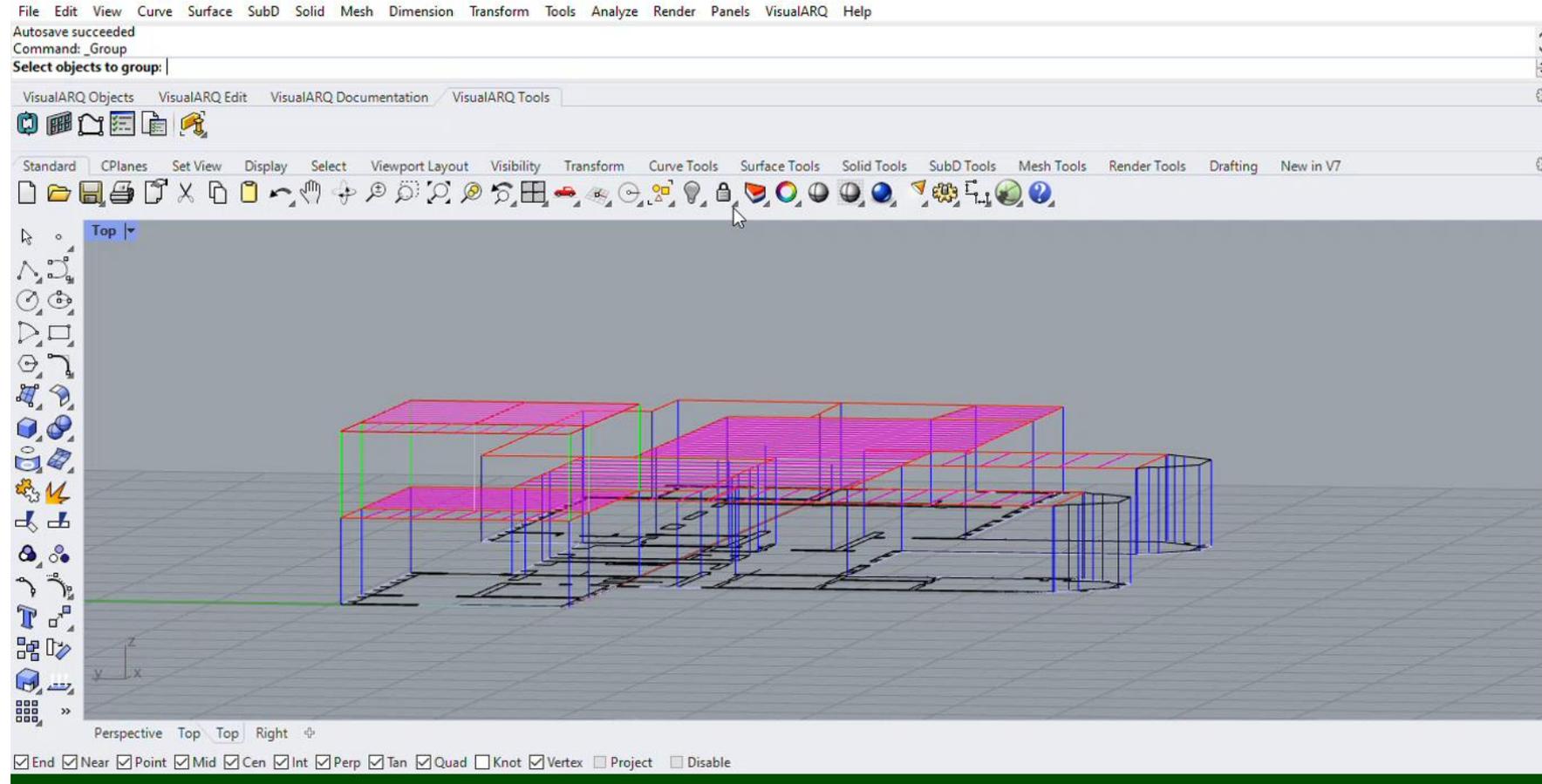




D5 Render es un software de renderizado y visualización 3D en tiempo real que se utiliza principalmente en el campo de arquitectura y diseño de interiores. Permite a los diseñadores crear visualizaciones altamente realistas e interactivas de sus modelos 3D en tiempo real, lo que puede ser útil para crear representaciones precisas de diseños de edificios.

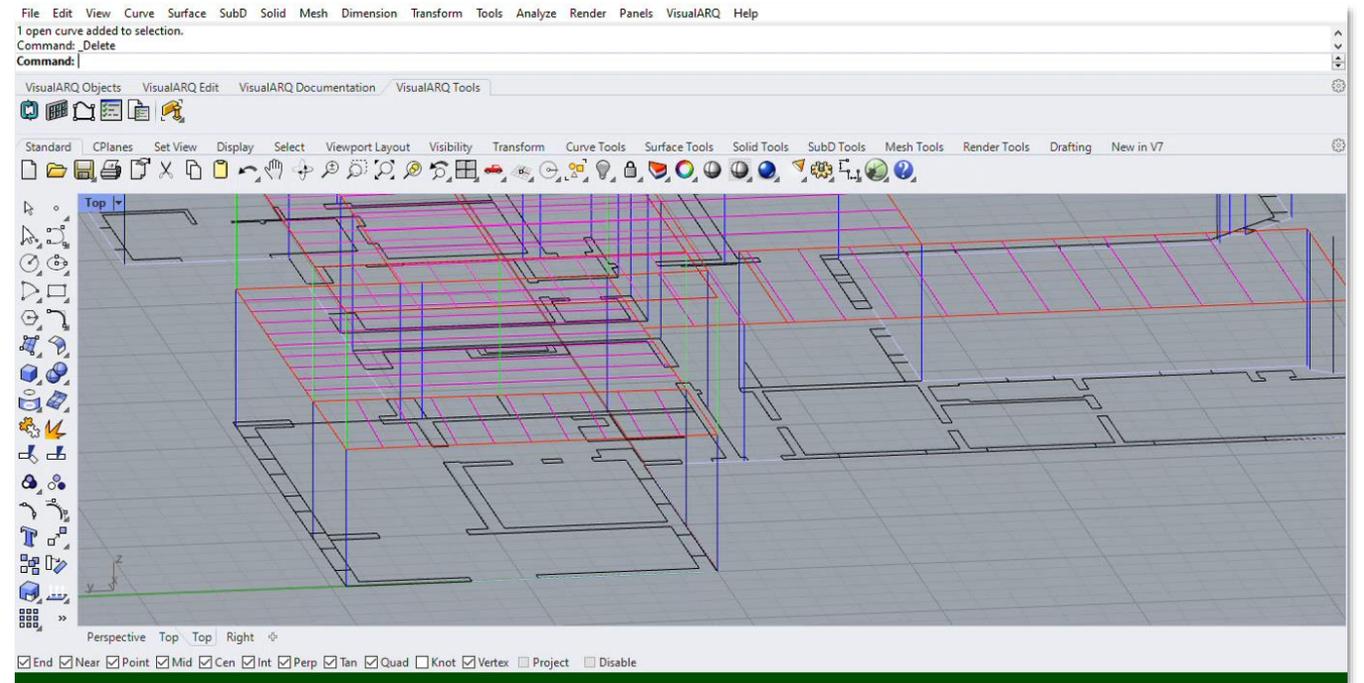
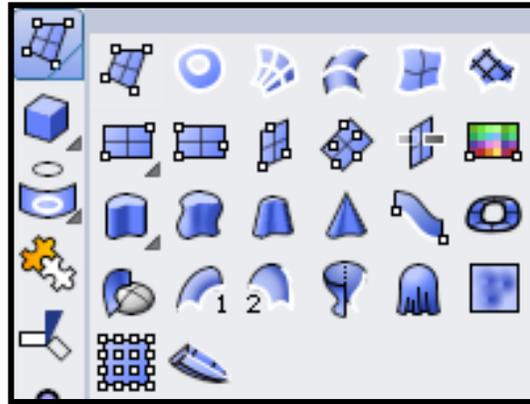
Creación Geométrica de muros/ vigas/ viguetas y losas

Geometría Edificio Patrimonial 1

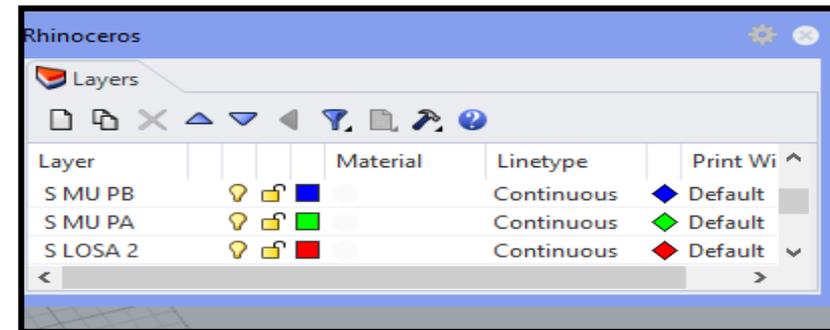
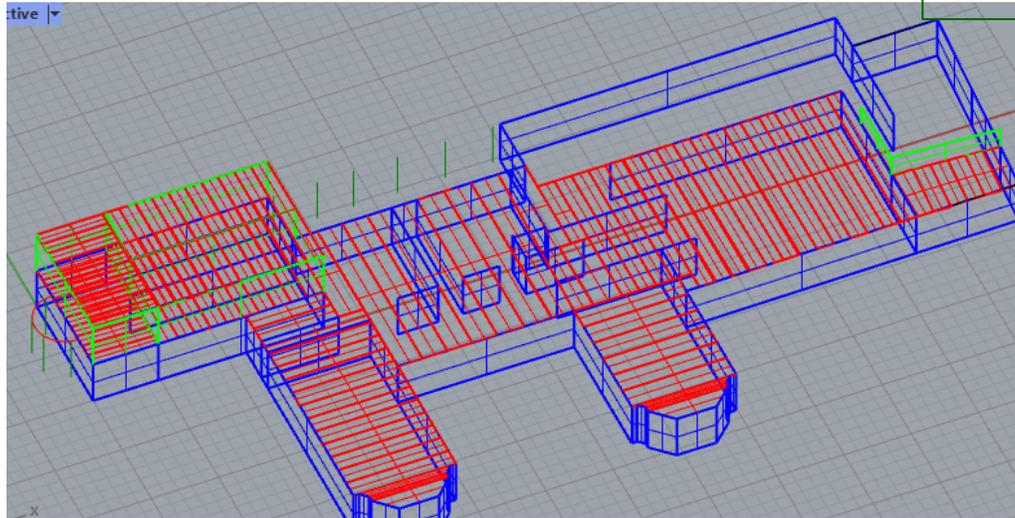


Creación de Superficies Muros / Losas

Componente Surface



Capas para Superficies



Cálculo de cargas de servicio

CUBIERTA

Cargas Permanentes

- Chova 6 Kg/m²
- Instalaciones 10 Kg/m²
- Teja 8 Kg/m²
- Cielo raso 20 Kg/m²

Peso Propio

- Viguetas 20/20 16,92 Kg/m²

CD=60,92 Kg/m²

CUBIERTA

Cargas Temporales

- Viva (NEC, 2015) 170 Kg/m²

ENTREPISO

Cargas Permanentes

- Loseta 192 Kg/m²
- Instalaciones 10 Kg/m²
- Cielo raso 20 Kg/m²
- Parquet 15 Kg/m²
- Masillado 192 Kg/m²

Peso Propio

- Viguetas 20/20 16,92 Kg/m²

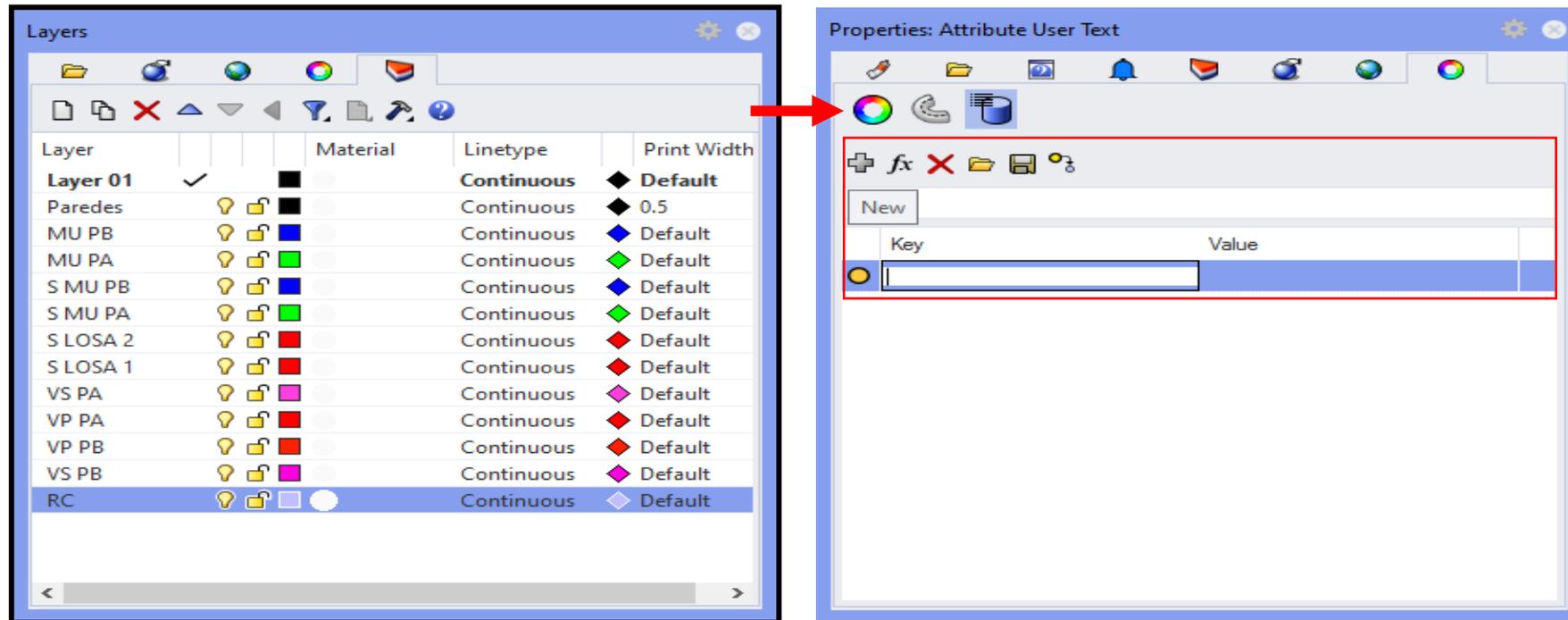
CD=227,92 Kg/m²

ENTREPISO

Cargas Temporales

- Viva (NEC, 2015) 200 Kg/m²

ATTRIBUTE USE TEX



La asignación de información se desarrolla usando Rhino, y consiste básicamente en seleccionar el elemento que se desea colocar las cargas, materiales, secciones y conexiones

Asignación de cargas, secciones y materiales

Datos de archivos csv para materiales

	A	B	C
1	No.,E,poi,rho,Fc,Ft,Fb,Fs,F		
2	0,21000000,0.2,24,21,0,0,0,0		
3	1,637432.3,0.25,0.02,0.2,0.15,0,0.04,0		
4	2,4500000,0.4,5,17.7,13.5,22.2,1.8,0		
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Datos de archivos csv secciones de elementos estructurales

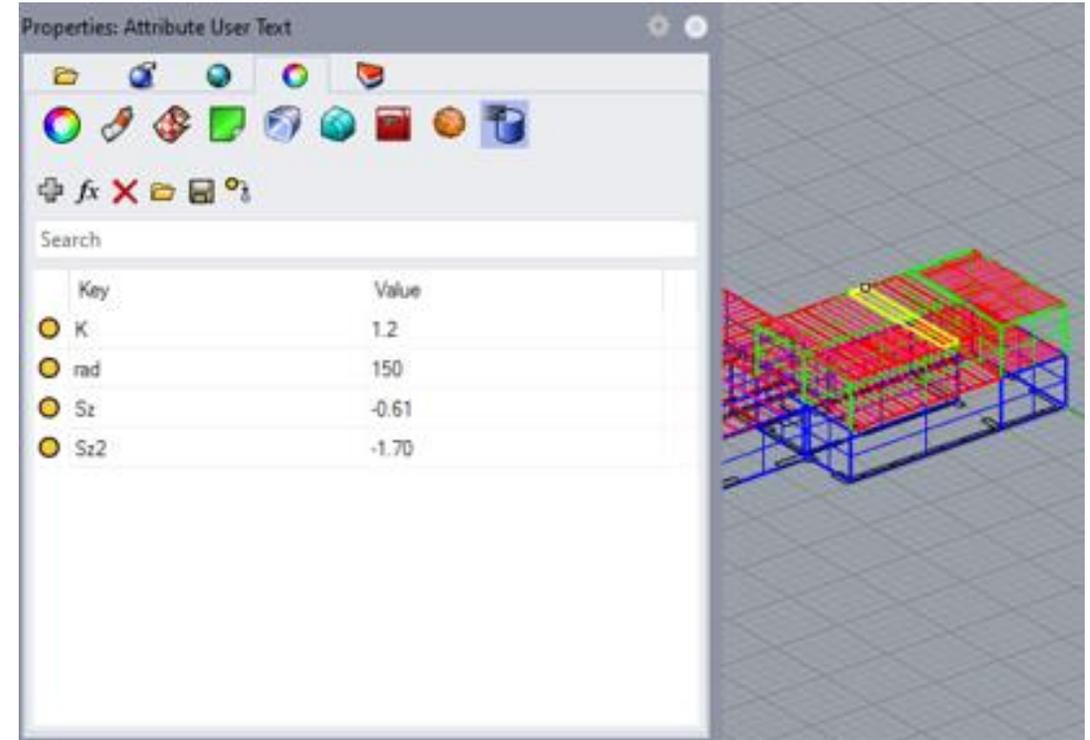
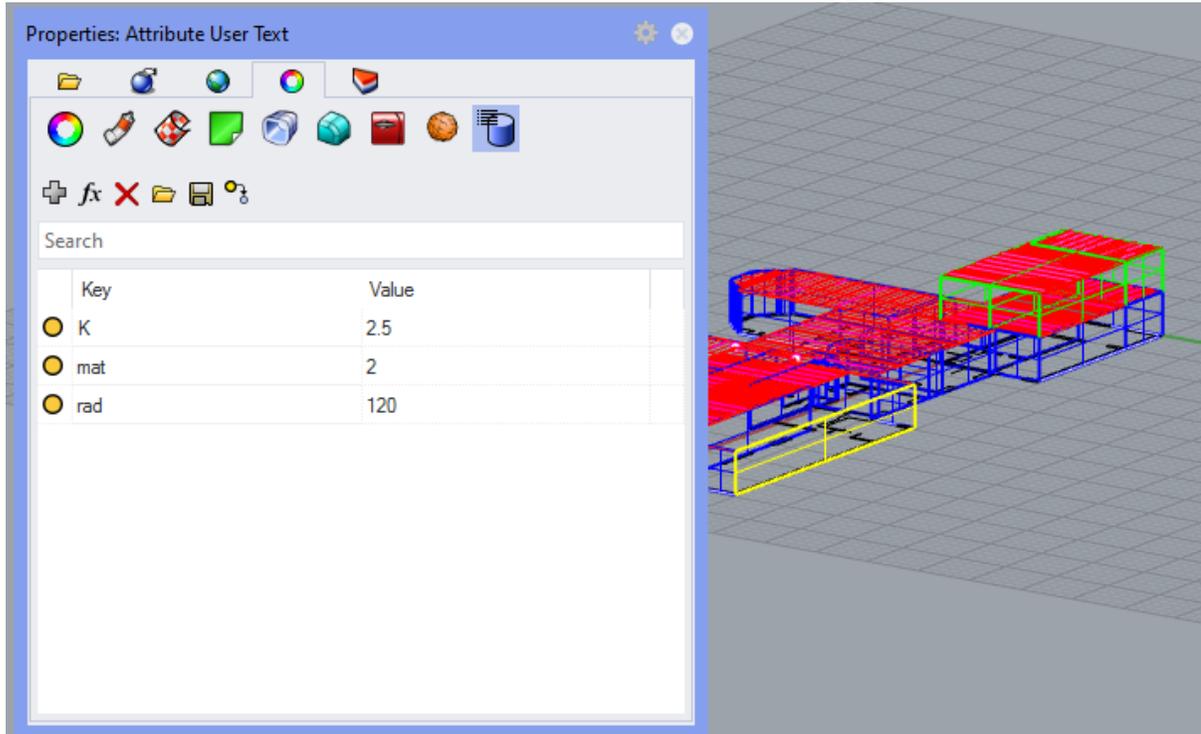


Tipo de sección	S	P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	Conformación
Rectangular	■	altura	ancho	-	-	■-P2xP1
circular	●	diámetro		-	-	●-P1
tubo de acero cuadrado	□	base	altura	espesor base	espesor altura	P1xP2xP3xP4
tubo de acero circular	○	diámetro	espesor	-	-	o-P1xP2
Acero forma H	H	altura	ancho	espesor	espesor	H-P1xP2xP3xP4

	A	B	C
103	101,■,0.20,0.20,0,0		
104	102,■,0.53,0.53,0,0		
105	103,■,0.4,0.4,0,0		
106	104,□,0.25,0.25,0.012,0.012		
107	105,□,0.35,0.35,0.009,0.009		
108	106,□,0.3,0.3,0.012,0.012		
109	107,□,0.4,0.4,0.009,0.009		

Asignación de cargas, secciones y materiales

Definición de parámetros muros K, mat , sec



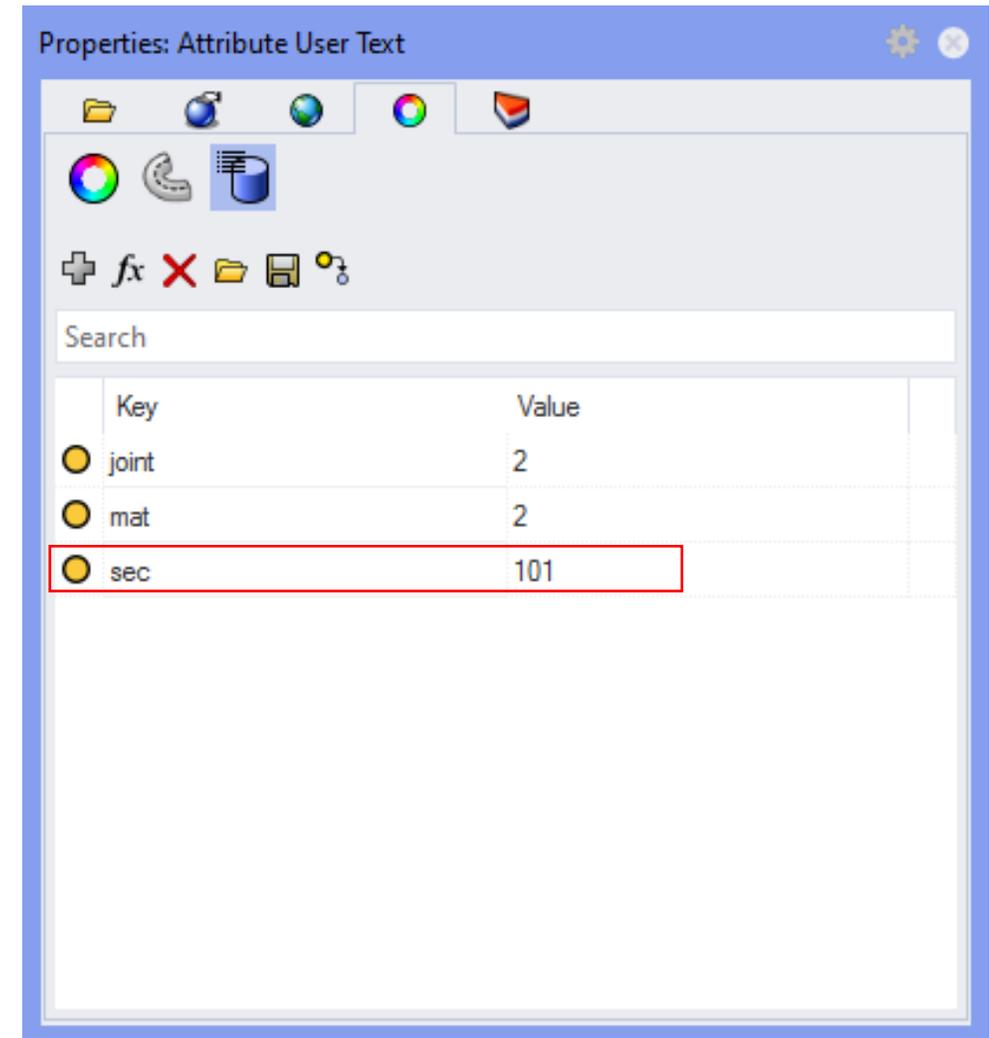
Definición de parámetros losas K, rad, Sz, y Sz2

Creación de nodos de elementos para Opensees

La definición de nudos en elementos estructurales dependerán del tipo de nudo con el cual se esta trabajando, la lectura de la información será dada mediante números del 0 a 2.

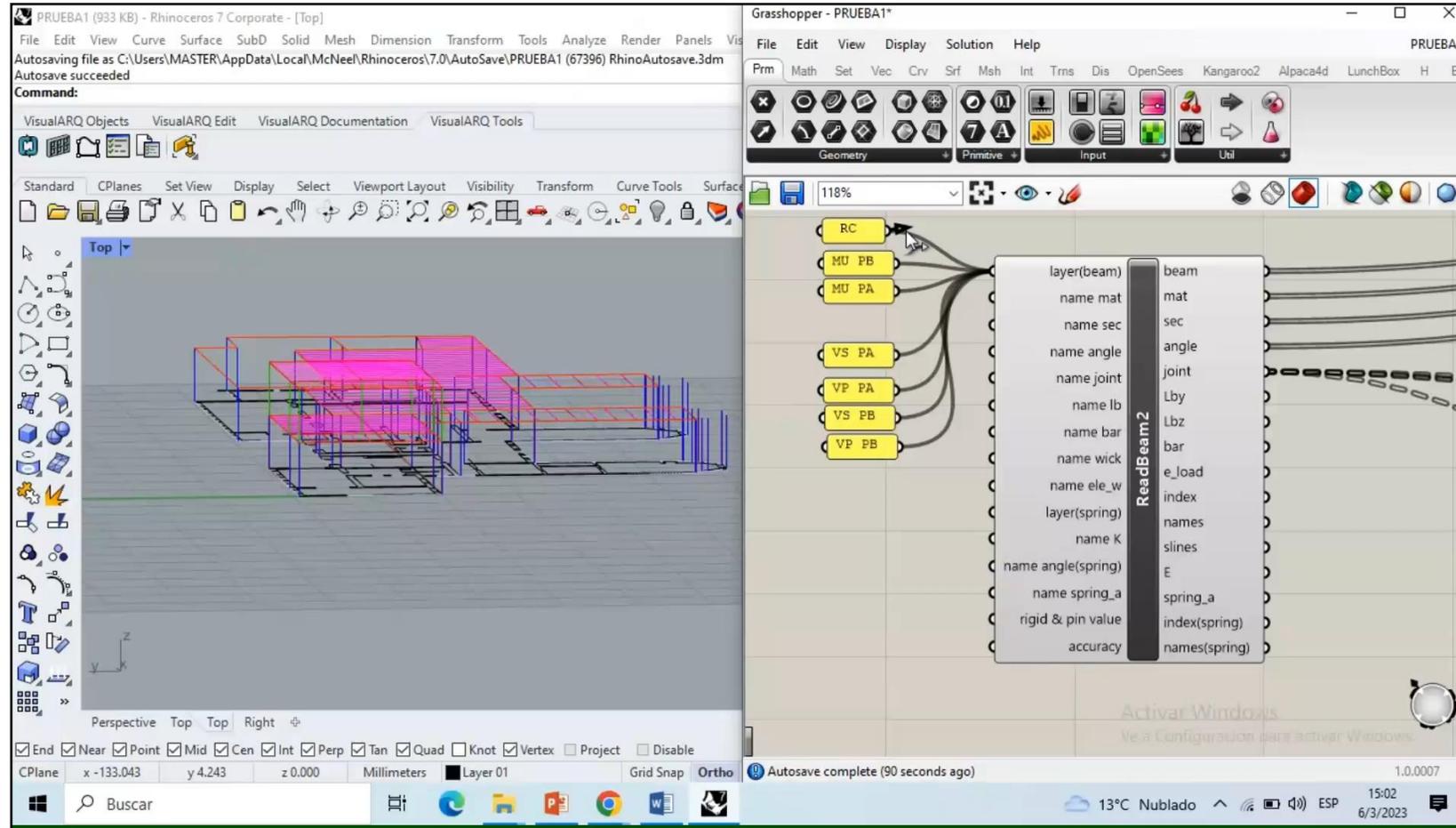
Donde:

- 0: Pasador de borde Izquierdo,
- 1: Pasador solo al borde derecho,
- 2: Pasador en ambos extremos.

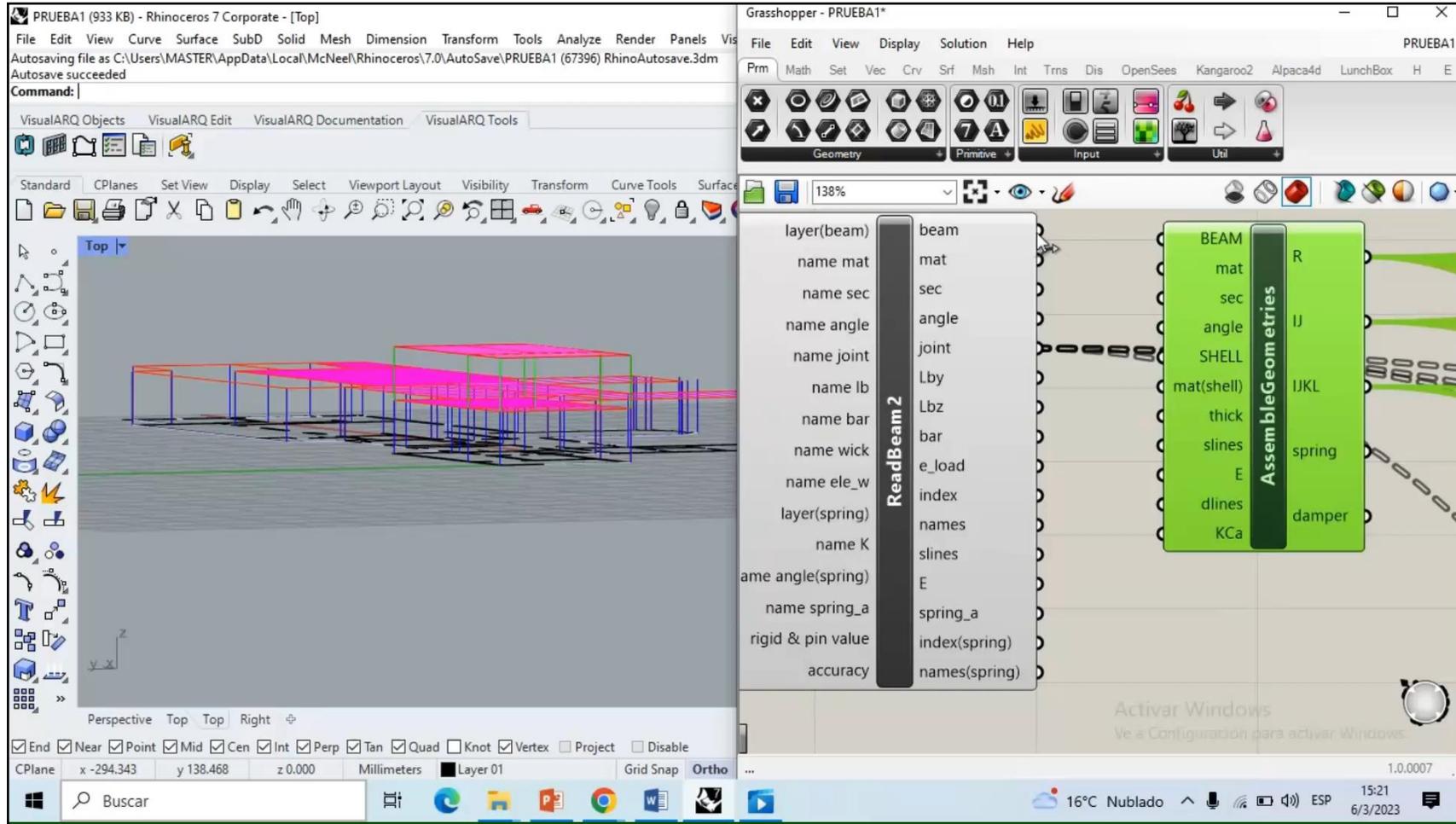


Definición de juntas de elementos estructurales

Plugin de OpenSees para grasshopper- Radbeam2

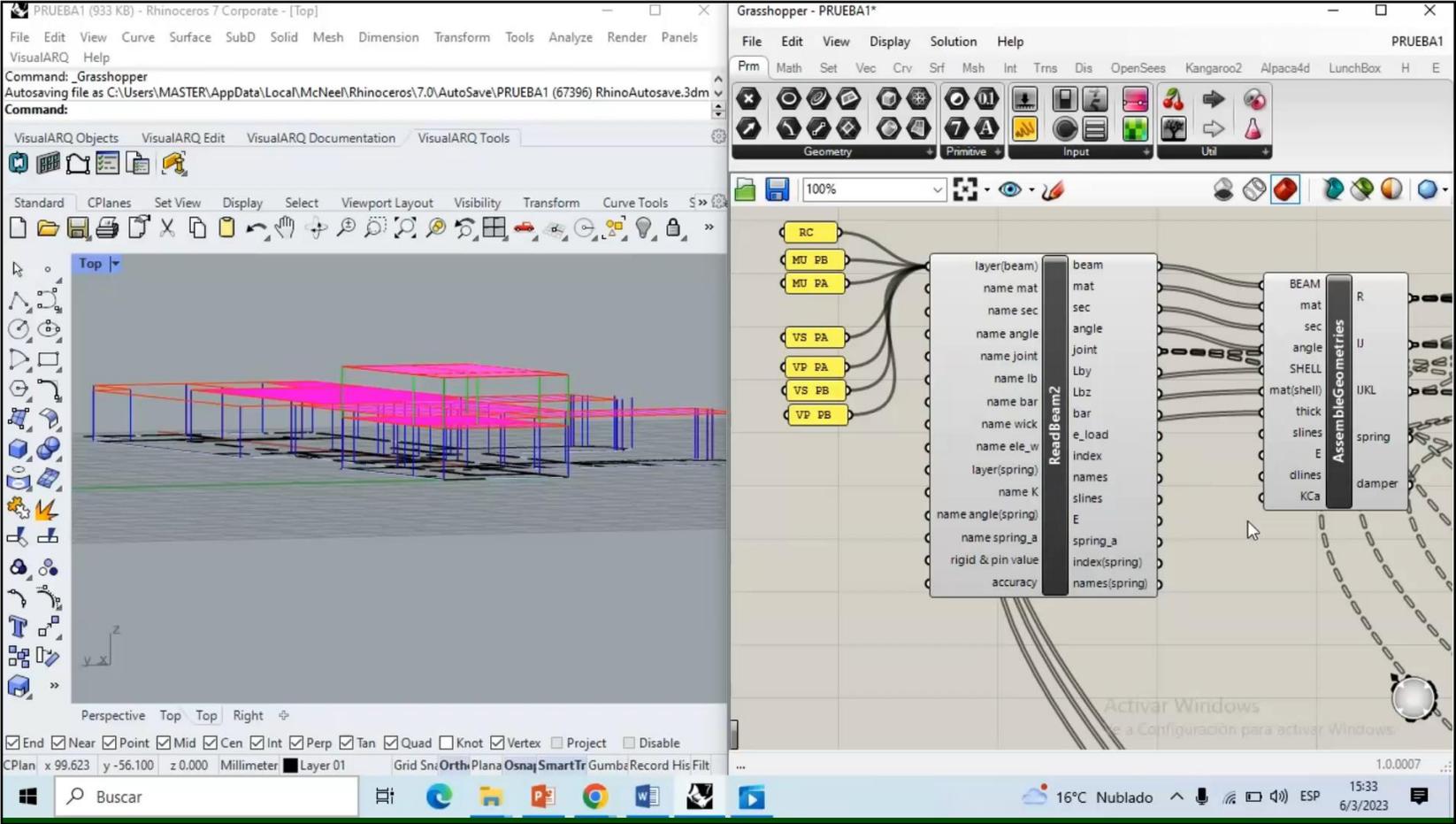


Assemble Geometries



Determinación de condiciones de contorno

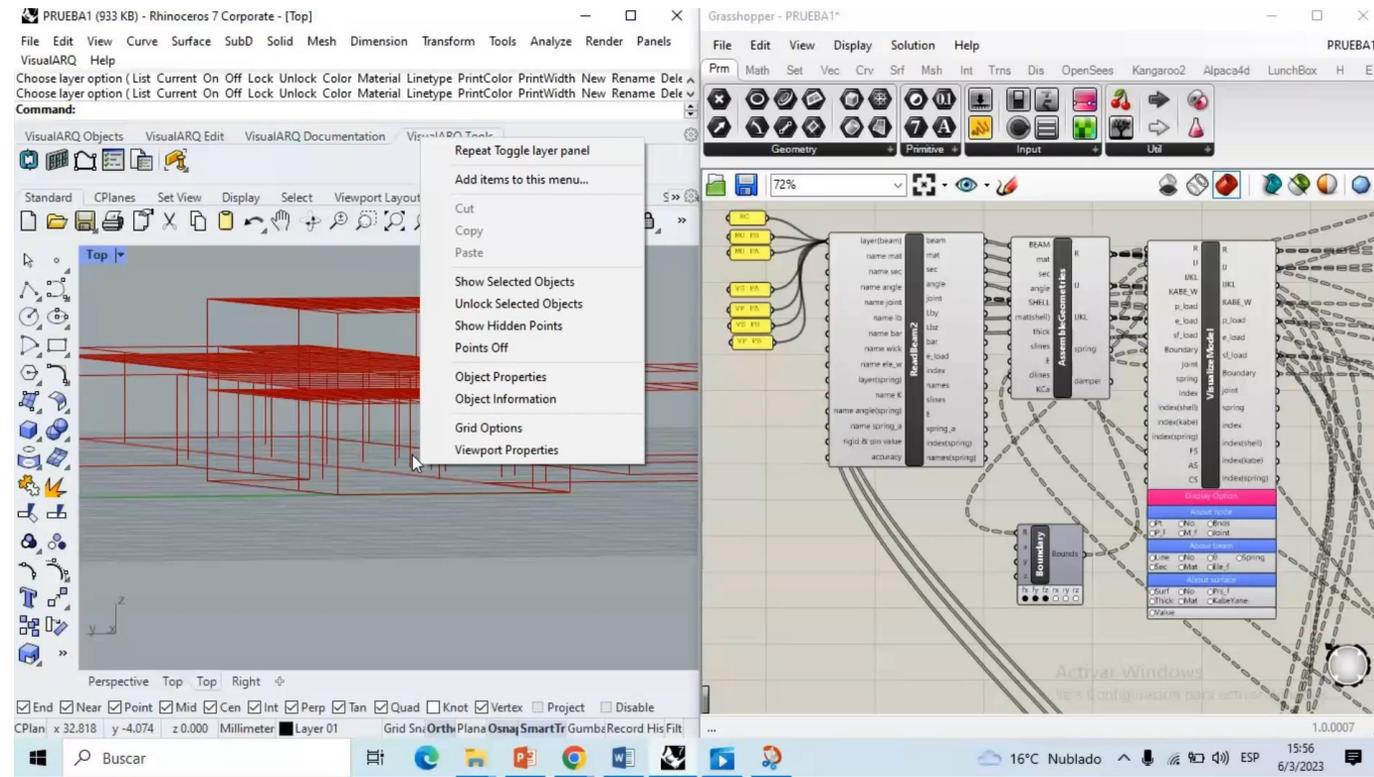
Visual Model



Creación de apoyos – Boundary

Para la generación de apoyos es necesario implementar el componente Boundary que igual que la asignación de información se desarrolla usando Rhino.

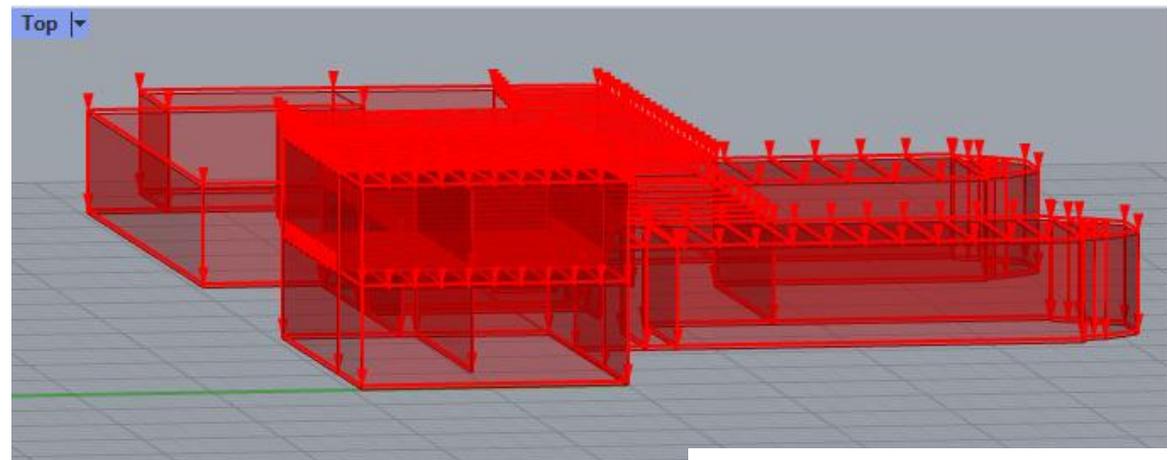
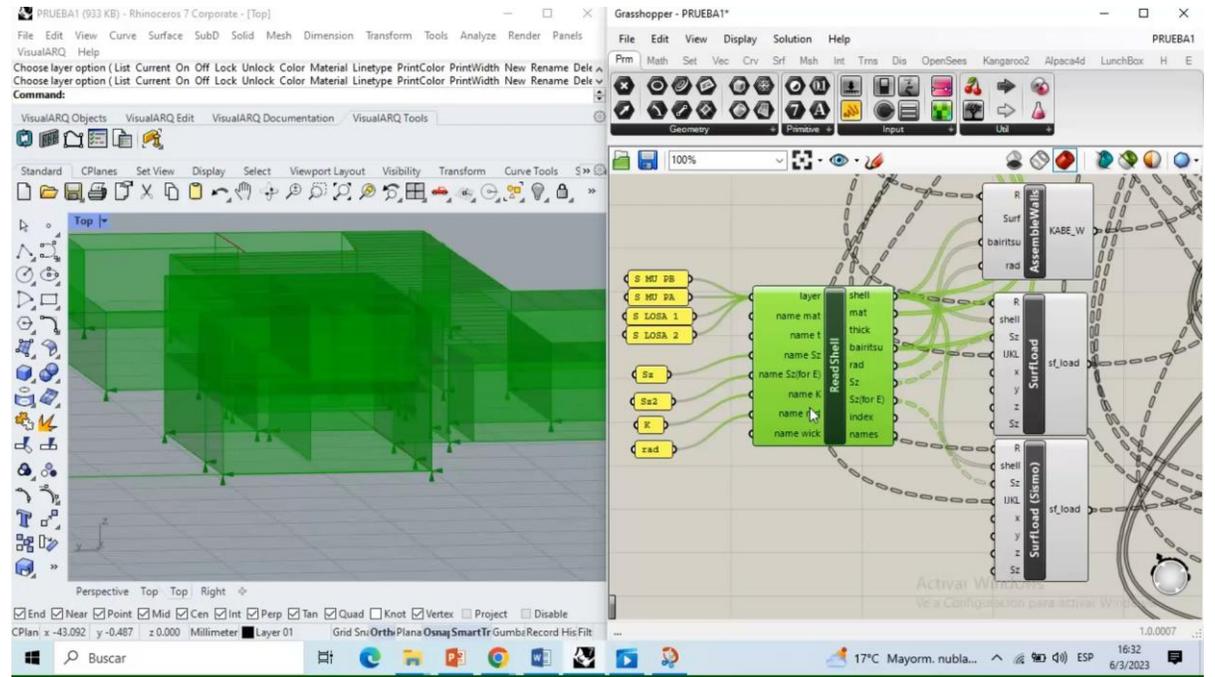
Dependerá del modelo que se analicé.



Read Shell – Assemble Walls - Surfload

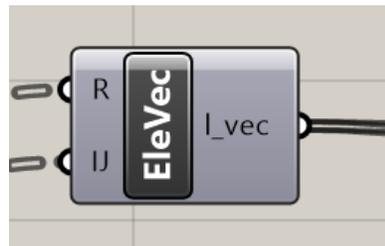
Parametrización de Muros y Losas

- Para la lectura de superficies usamos ReadShell.
- La generación de cargas se realiza con el componente Surf load la cual genera fuerzas externas en plano de dirección “Z”
- Los muros se ensamblaran utilizando Assemble Walls, en específico se reconectara con la variable Shell, bairitsu y rad del componente Read Shell, que a su vez se interconectara con la geometría base del modelo



Análisis elástico e ingreso de armadura con nudos

Vector de coordenadas nodales

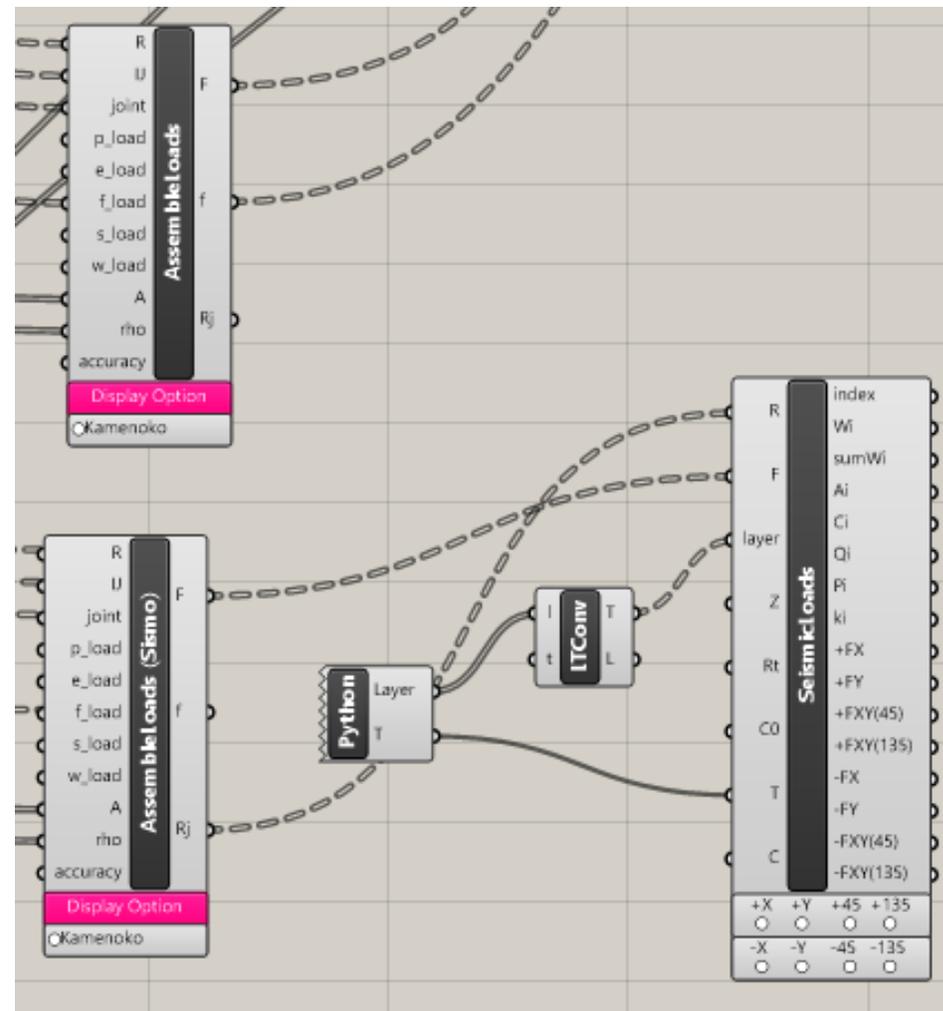


Código Python

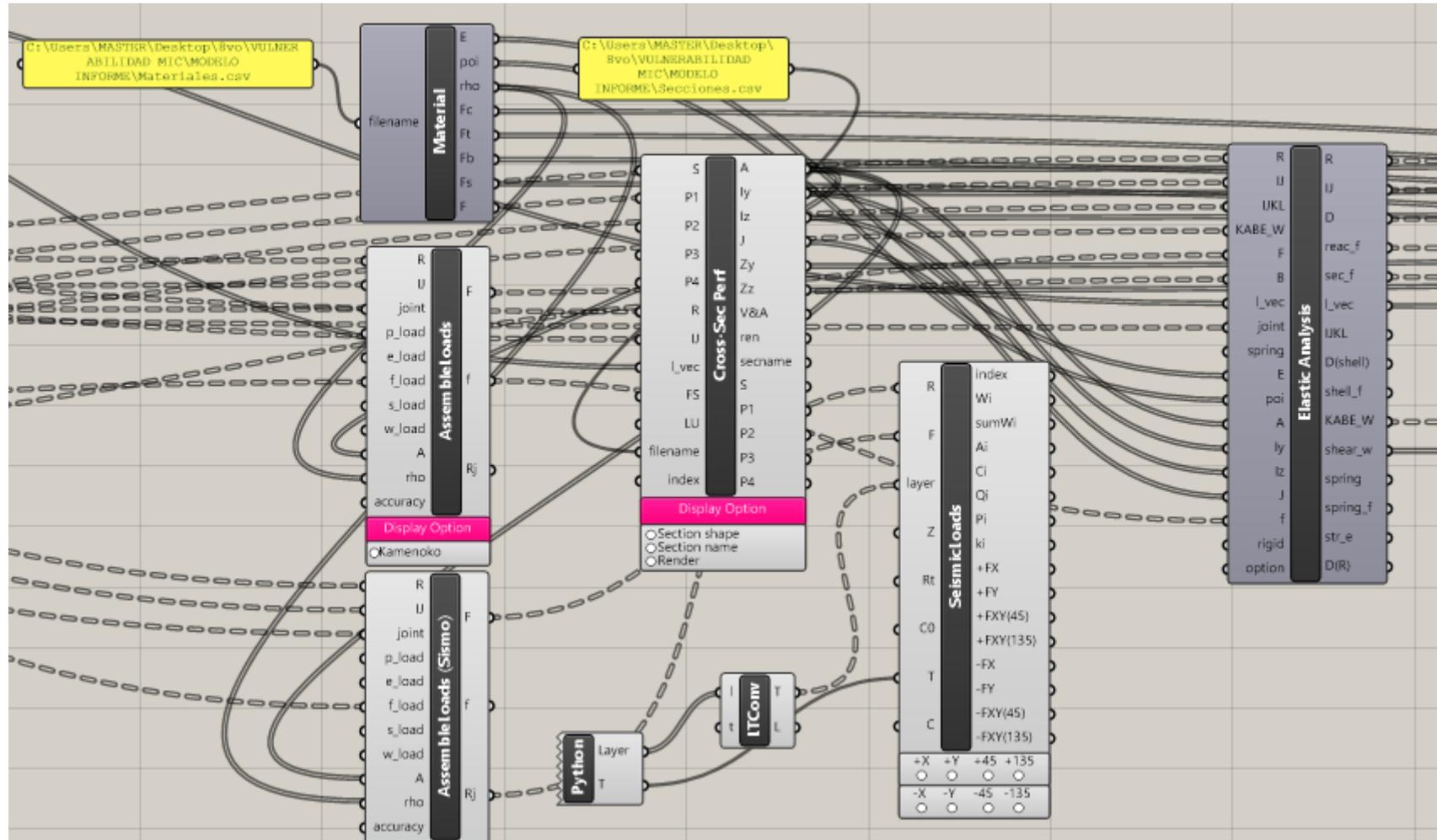
```
Grasshopper Python Script Editor
File Edit Tools Mode Help Test OK
1 Layer=[
2 [3.50,3.70],
3 [7.10,7.30]
4 ]
5
6 T=0.03*7.20
```

Output Help Compile
Cycle

Definición de cargas sísmicas

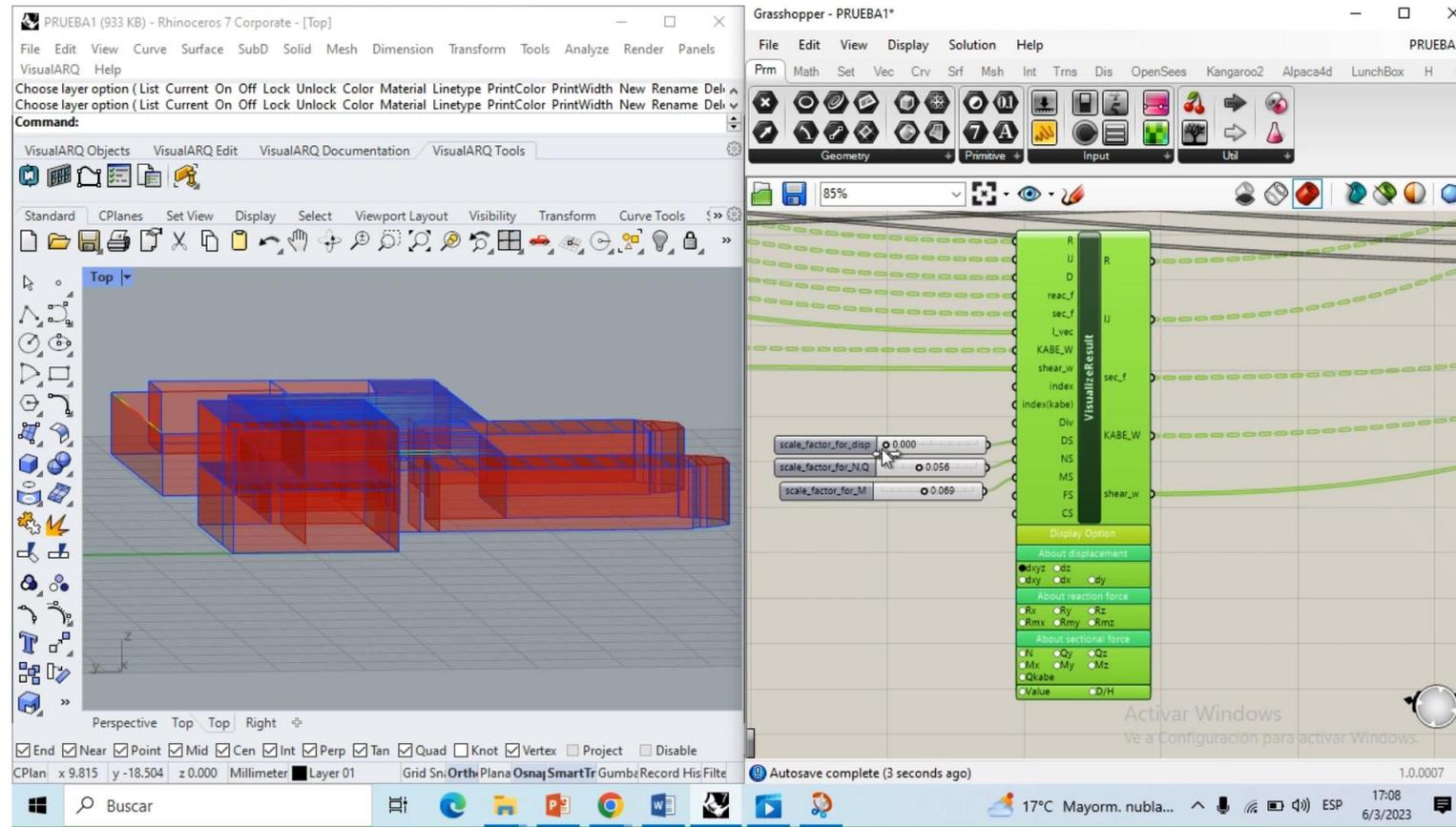


Parametrización final de análisis elástico

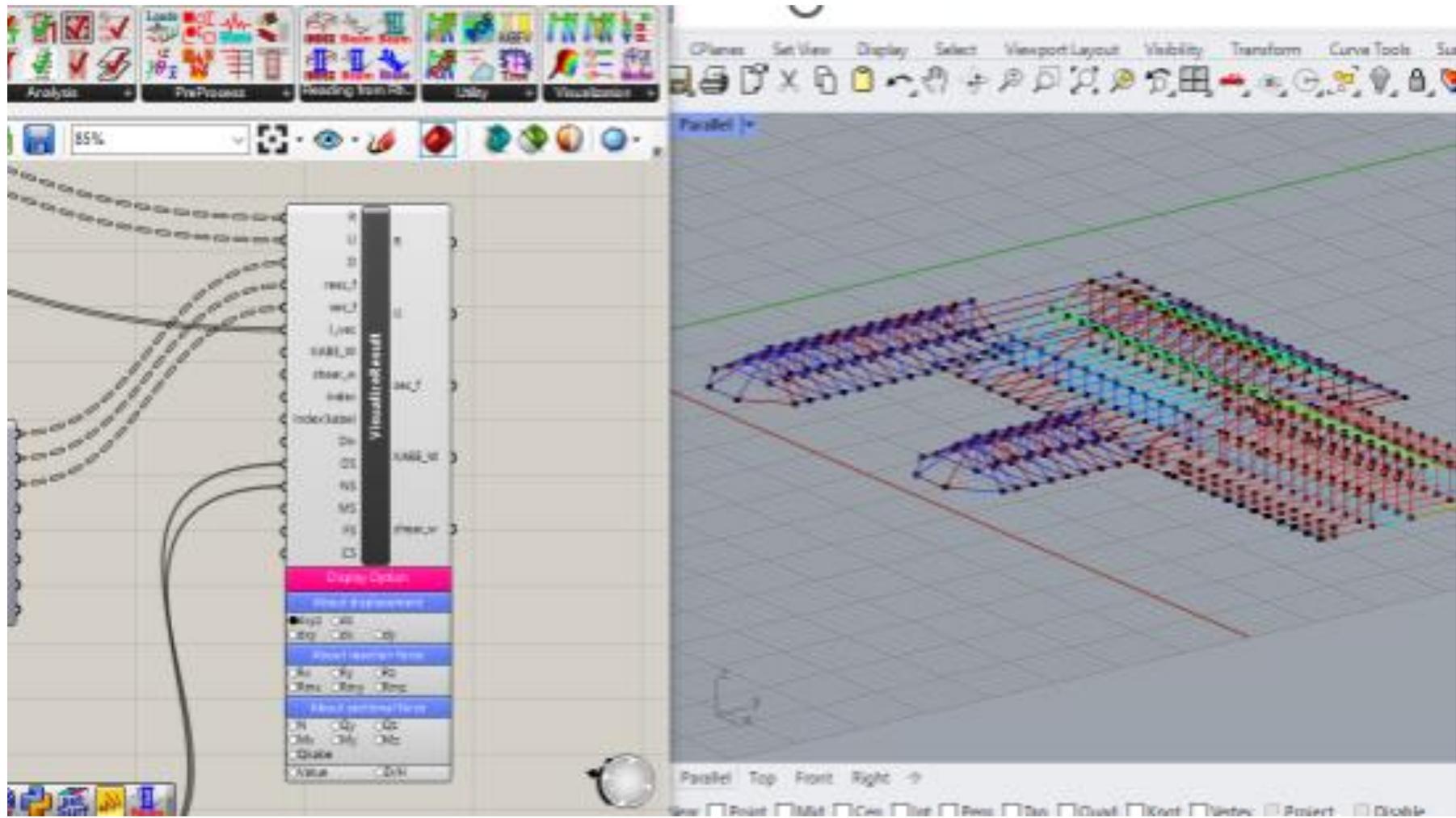


Visualize Result

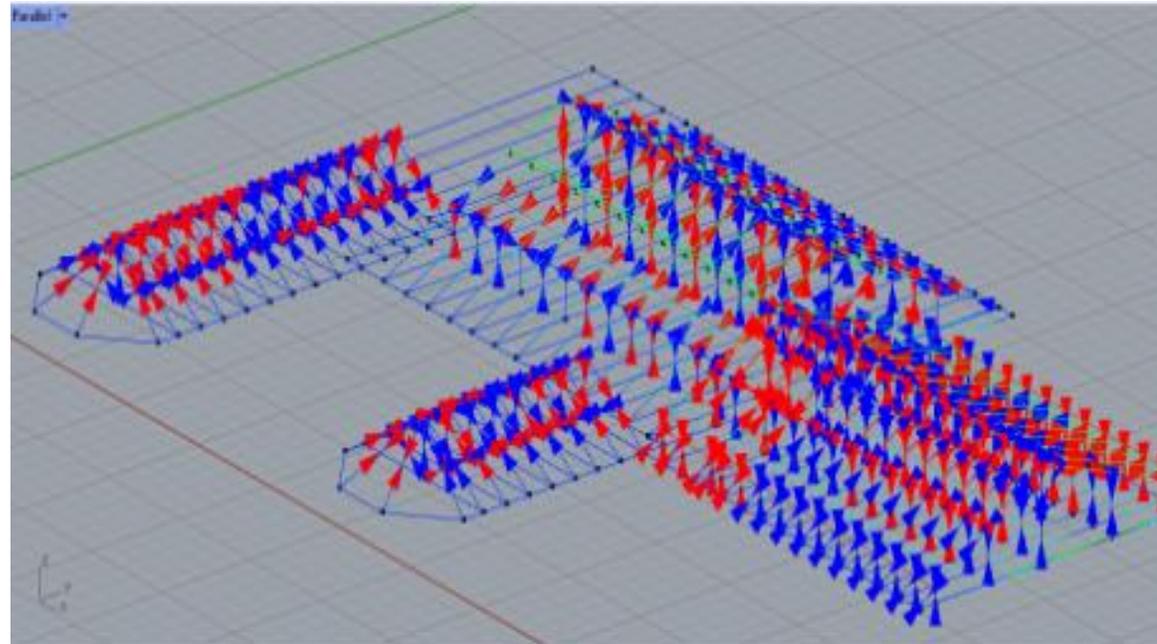
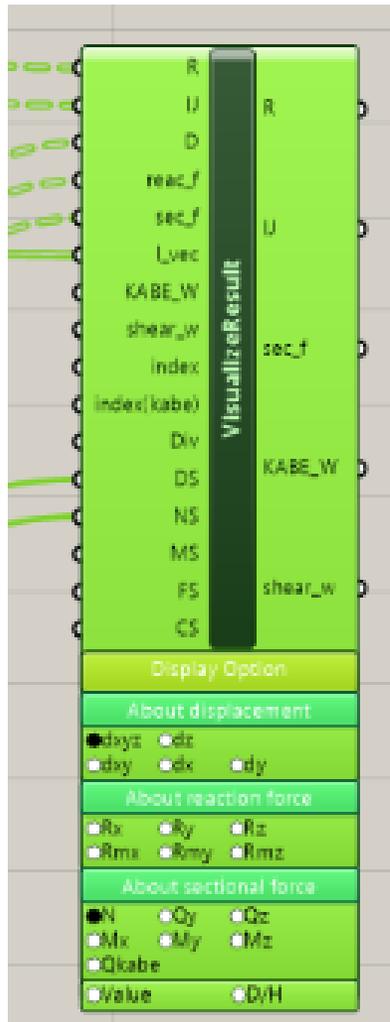
- VisualizeResult tiene como función mostrar los resultados obtenidos por Elastic Analysis en la ventana de trabajo de Rhinoceros.



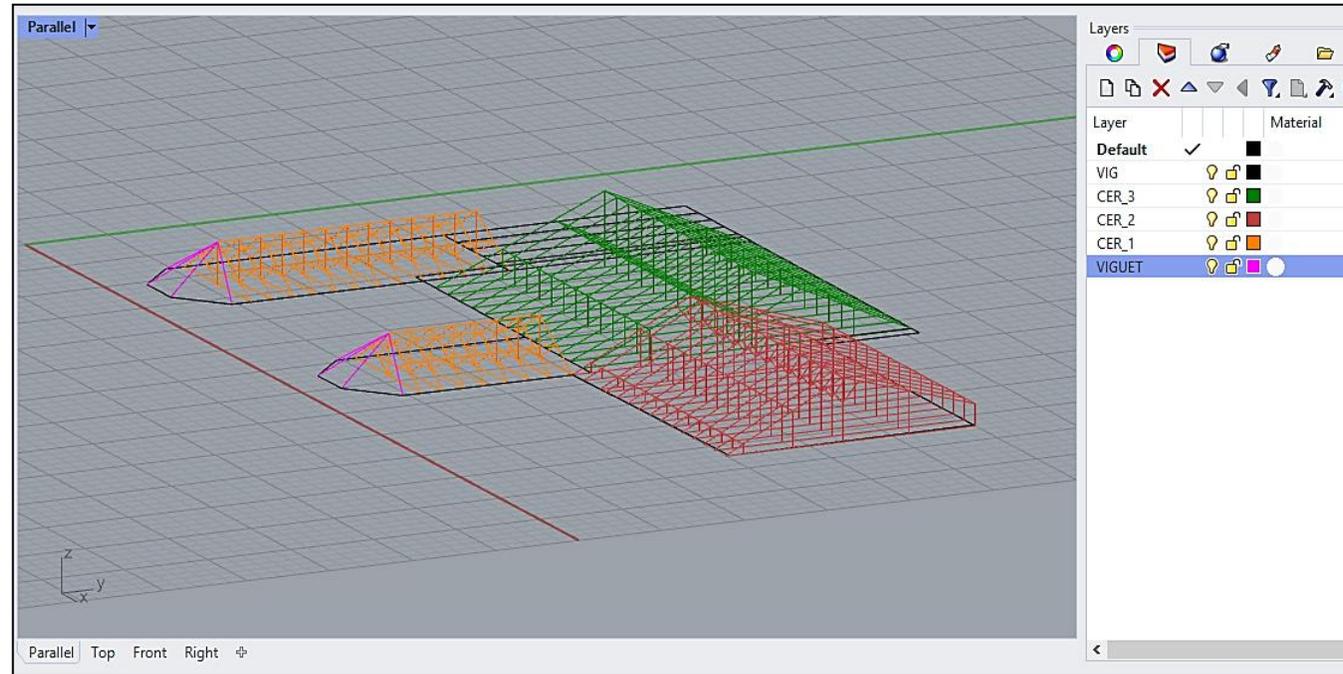
Modelo Numérico Cerchas



Modelo Numérico Cerchas

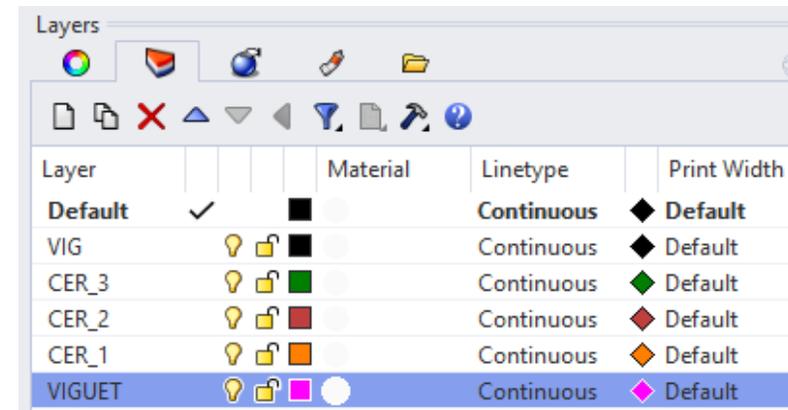


Modelación Armaduras



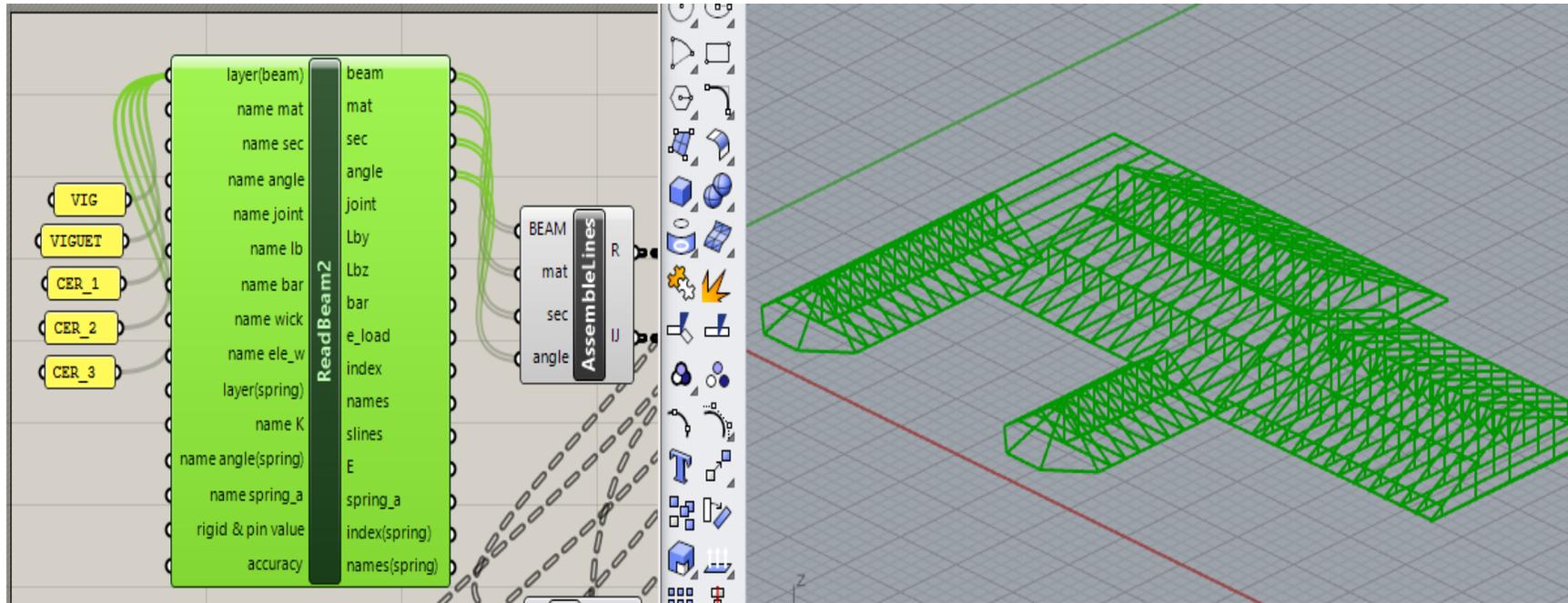
Se dibuja la estructura con el comando polyline, y se crea las capas.

- VIG
- VIGUET
- CER_1
- CER_2
- CER_3



Lectura de información:

El plugin de OpenSees para grasshopper ofrece la variación de herramientas para la lectura de información de datos de línea de Rhino capa por capa, uno de estas herramientas es ReadBeam2.

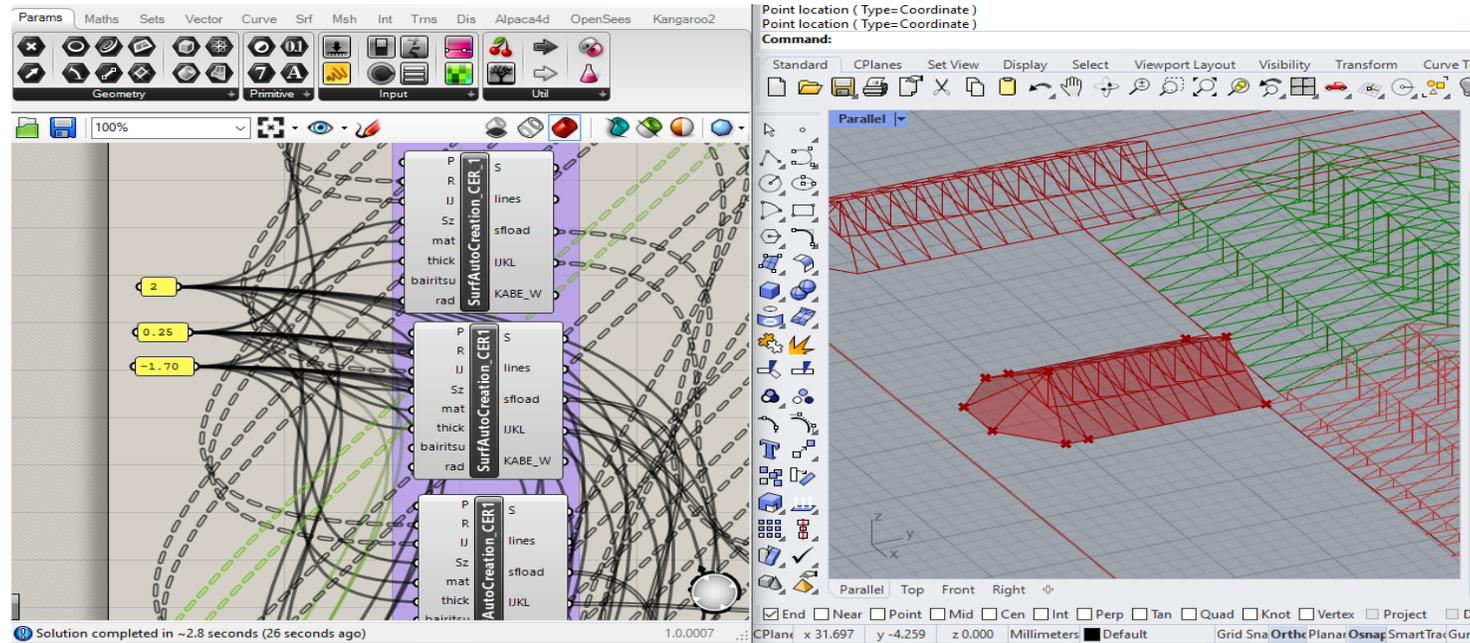


Asignación de secciones y materiales

La asignación de información se desarrolla usando Rhino, y consiste básicamente en seleccionar el elemento que se desea colocar los materiales, secciones y dirigirse a la opción “Properties”.

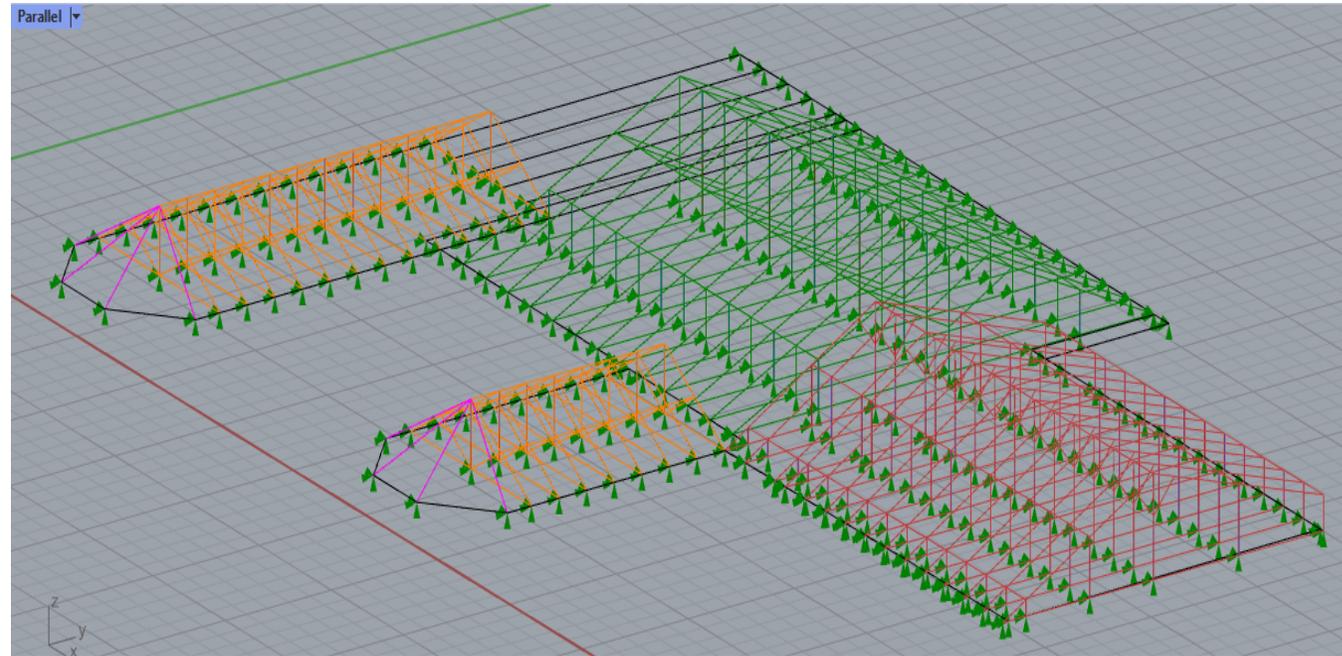
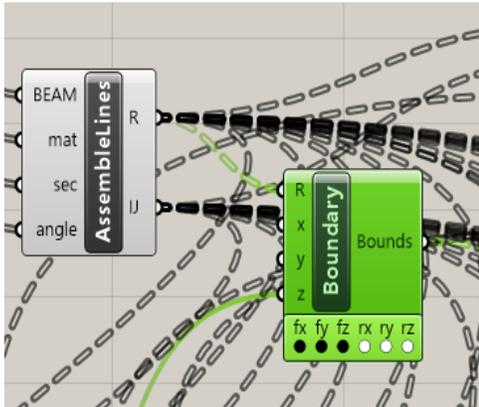
Cargas:

- Viva: 70 Kg/m² NEC-15(Cargas no sísmicas)
- Granizo: 100 kg/m² NEC-15(Cargas no sísmicas)
- Total: 170 kg/m²



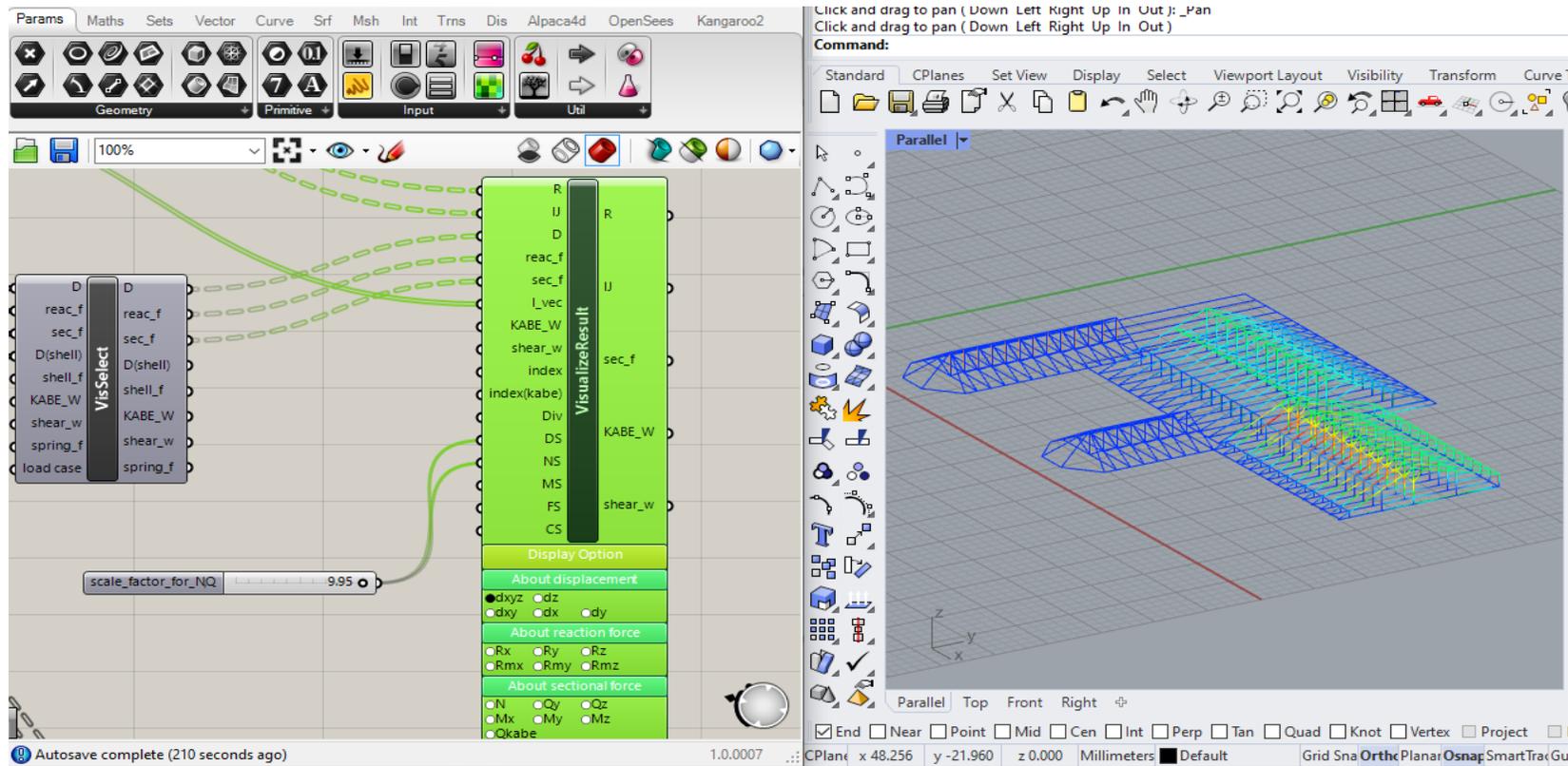
Apoyos

Para la generación de apoyos es necesario implementar el componente **Boundary** que igual que **Visual Model** trabaja con condiciones de contorno como límites en sentido “X”. “Y” y “Z”.



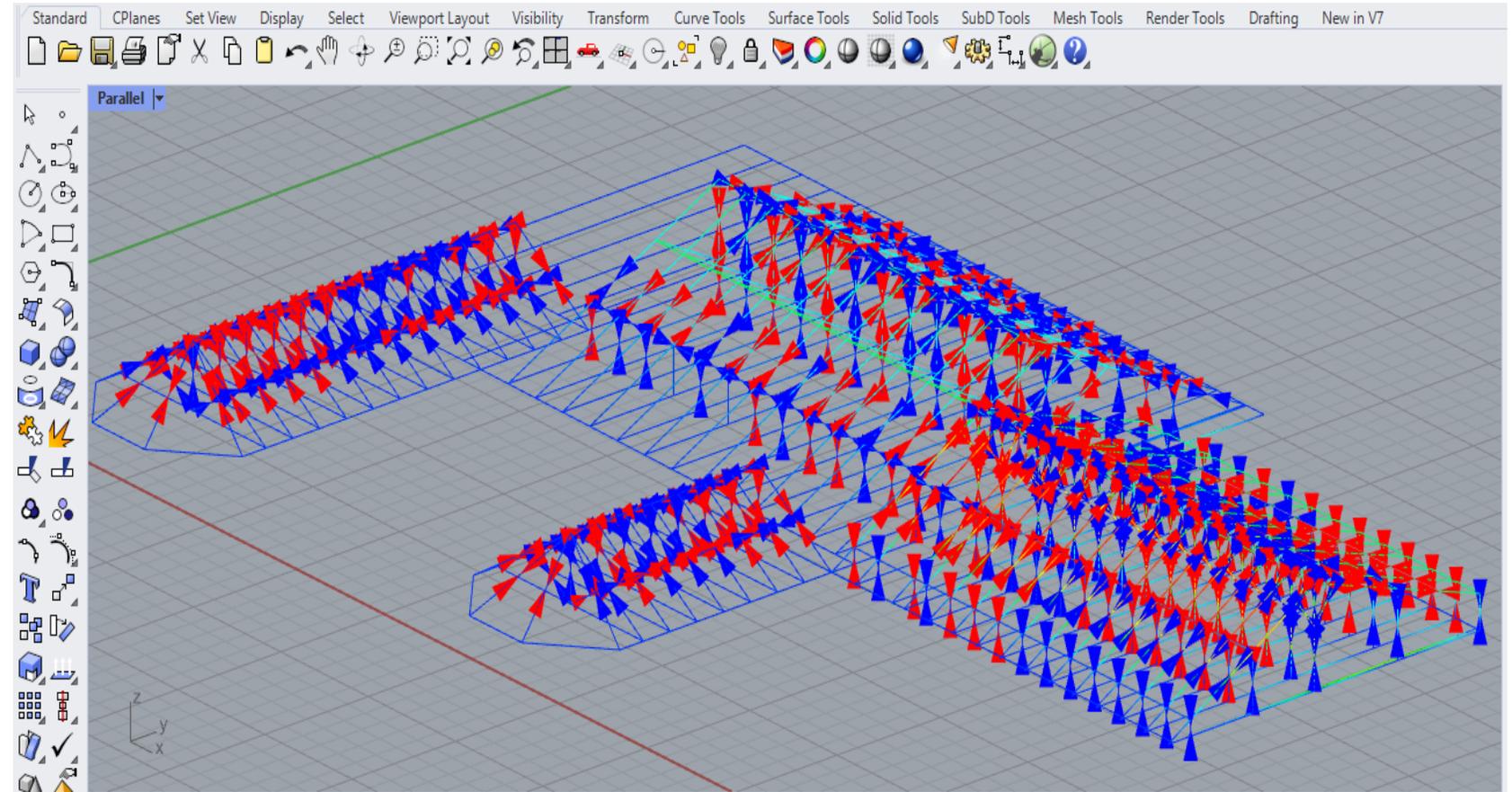
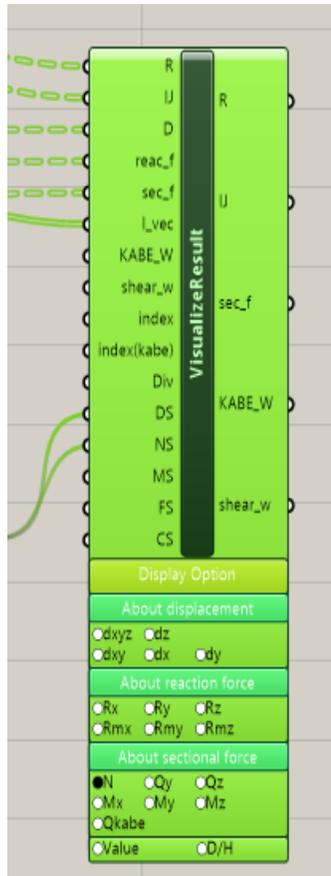
Resultados:

VisualizeResult tiene como función mostrar los resultados obtenidos por Elastic Analysis en la ventana de trabajo de Rhinoceros.



Resultados de Fuerzas:

- **Rojo:** Compresión
- **Azul:** Tracción



CONCLUSIONES

La modelación de la Casa Patrimonial en la Academia de Guerra del Ejército utilizando el programa Rhinoceros 7 con Grasshopper y la ejecución del plugin VisualARQ y OpenSees nos dio una nueva base de conocimiento hacia la implementación de nuevos softwares muy poco conocidos en el país, debido a que emplea lenguajes de programación como Python y C++, que tienen la capacidad de ahorrar el trabajo en el proceso de diseño, tomando en cuenta que es uno de los pocos solucionadores de FEM disponibles de forma gratuita.



El proyecto tiene distintas finalidades, una de ellas es el aporte social de la investigación; la modelación 3D obtenida adoptada a la realidad actual de la edificación, ayuda a preservar el patrimonio cultural, dejando testimonio del estado actual de la estructura para establecer la necesidad de futuras rehabilitaciones logrando que las generaciones presentes y futuras puedan gozar de la seguridad de una estructura estable.

