

ROOM EIGENMODES SIMULATOR v1.1



USER MANUAL MANUAL DE USUARIO

Index

I. Download and Instalation	4
II. Tools	4
Import model	4
SketchUp Online.....	5
Plot geometry.....	5
Mesh.....	5
Resolutions.....	5
Contours.....	5
Calculate.....	5
Plot eigenmodes.....	5
Export table.....	5
Generate report	5
Analysis worksheet.....	6
Schroeder frequency.....	6
Pure tone player.....	6
III. Practical example	7
Importing geometric model	7
Calculation.....	8
IV. SketchUp Online.....	10
V. Drawing guidelines.....	12

Índice

I.	Descarga e instalación.....	15
II.	Herramientas.....	15
	Importar modelo	15
	SketchUp Online.....	16
	Graficar geometría	16
	Malla.....	16
	Resoluciones.....	16
	Contornos.....	16
	Calcular.....	16
	Graficar modos.....	16
	Exportar tabla.....	16
	Generar reporte	16
	Planilla de análisis	17
	Frecuencia de Schroeder.....	17
	Reproductor de tono puro	17
III.	Ejemplo práctico.....	18
	Importando modelo geométrico.....	18
	Cálculo	19
IV.	SketchUp Online.....	21
V.	Pautas de dibujo.....	23

ENGLISH

I. Download and Instalation

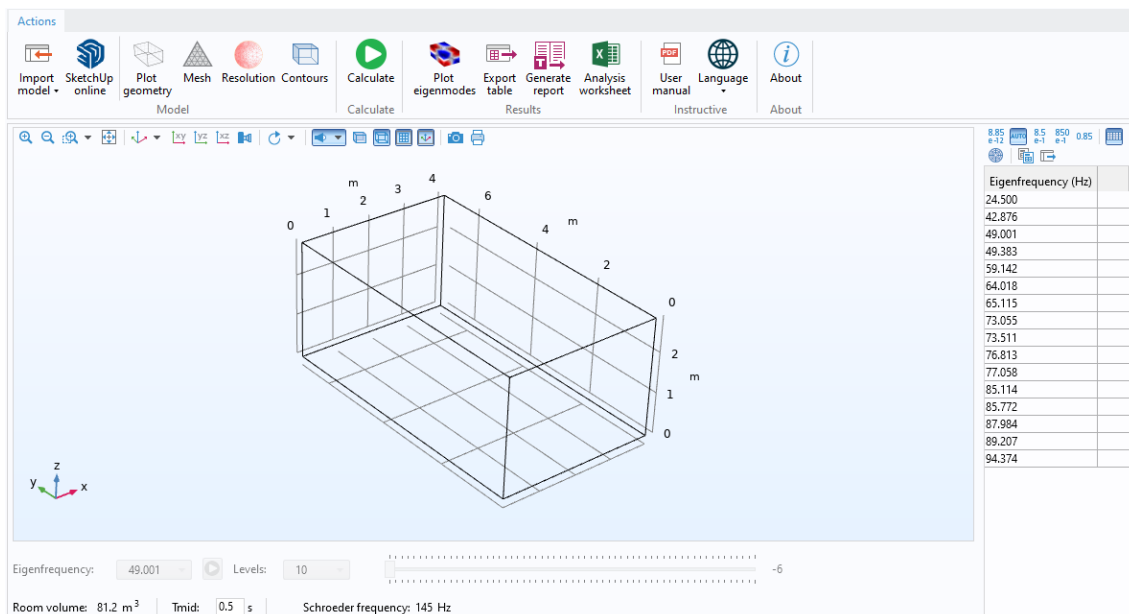
The executable version for Windows (only x64) can be downloaded from the following link: <https://bit.ly/3ifNOKw>.¹

Steps to follow:

- I. Extract the file Room_eigenmodes_simulator_v1.1.exe before executing it.
- II. If a Windows Smart Screen warning message appears when you start the program, choose *More Info > Run Anyway*.
- III. If it is detected by Windows Defender, add the program to the allowed list.
- IV. If this is the first time the application is being executed, the COMSOL Multiphysics® *runtime environment* necessary to run the application will be downloaded. Terms and conditions must be accepted and choose the installation folder (it is recommended to leave the default one).

II. Tools

The application starts with the geometric model by default (default.stl). A table containing a few of its natural frequencies is also showed.



Import model

It allows importing geometric models in .stl, .dwg, .dxf and other 3D CAD formats. It is recommended that models made in SketchUp to be exported in .stl format.

¹ GitHub repository: <https://github.com/Ylio7/simulador-de-modos-propios>

SketchUp Online

Open the website <https://app.sketchup.com/app> to create room models using SketchUp software tools for free, to be later imported into the application. For more information see [SketchUp Online](#).

Plot geometry

Draw the geometric model in the plot area.

Mesh

Draws the calculation mesh in the plot area.

Resolutions

Allows increasing the resolution of the mesh and the angles between faces (the latter exclusively for .stl models).

Contours

Allows to select and hide contours (faces). Useful for observing pressure zones and isocurves within the enclosure.

Calculate

Calculates the eigenfrequencies based on two input parameters:

- *Minimum amount of frequencies to calculate*: the default value is estimated to cover until the Schroeder frequency.
- *Calculate from*: indicates the lower frequency, although it could be even lower depending on the dimensions of the enclosure. It is generally recommended to leave this value at 20 Hz.

Once the natural frequencies have been calculated, they are shown in the table to the right of the plot.

Plot eigenmodes

Draw the pressure and isocurve maps using the color code shown on the right, which ranges from blue (minimum pressure areas), through white (cancellation areas) to red (maximum pressure areas). Enables the interactive controls below the chart, which allow the user to select the natural frequency to be displayed, play a pure tone of that frequency, control the behavior of the isocurves with a slider and select the number of levels to subdivide them.

Export table

Exports the table of calculated natural frequencies to a .txt file.

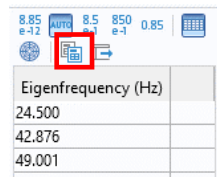
Generate report

Produces an automatic report based on the following input data:

- Title
- Author
- Company
- Date
- Version
- Summary

Analysis worksheet

Opens an Excel worksheet that allows observing the distribution of modes and performing an analysis according to Bonello's criteria. For its correct use, in the first instance the natural frequencies must be copied to the clipboard using the corresponding tool in the results table.



Eigenfrequency (Hz)	
24,500	
42,876	
49,001	


Then, in the worksheet, the user must click on the Import Data button to carrying out the calculations and generating the necessary graphics for the analysis. A name must also be entered for the room. The results can be found in the Evaluation sheet.

Schroeder frequency

The following information appears in the lower area of the application:

- Volume of the enclosure: automatically calculated.
- Reverberation time at mid frequencies T_{mid}^2 : must be entered by the user.
- Schroeder frequency: with the Volume and T_{mid} data, the application calculates the cutoff frequency from which it is estimated that the wave behavior of the room is no longer relevant. This frequency should be taken as an approximation, since it will also depend on the morphology of the room under analysis.

Pure tone player

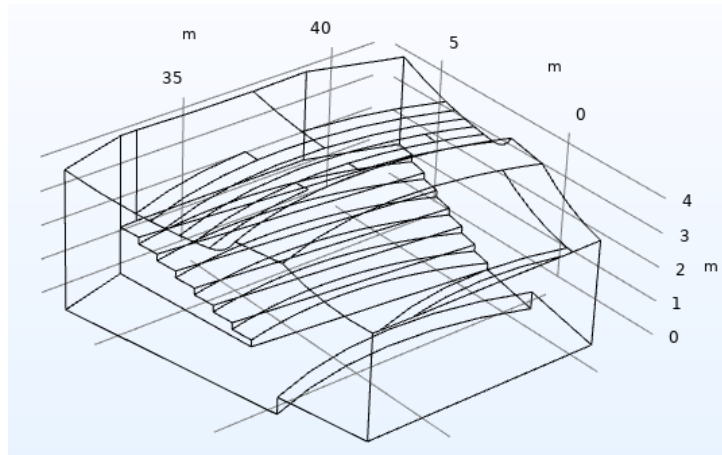
The button  reproduces a pure tone at the selected natural frequency.

² Average reverberation time in the 500 and 1000 Hz octave bands.

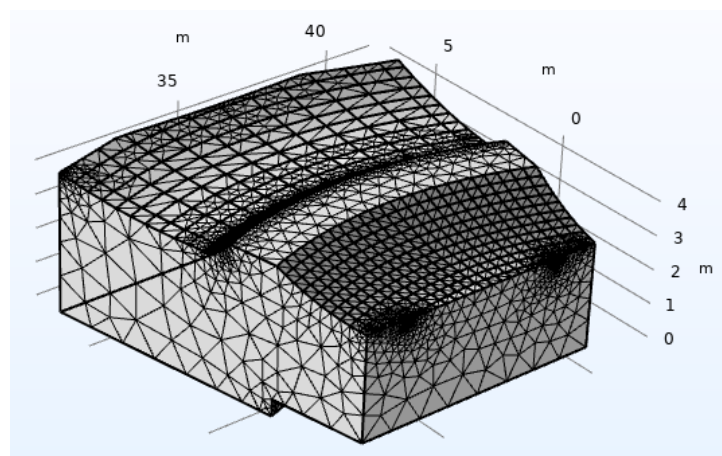
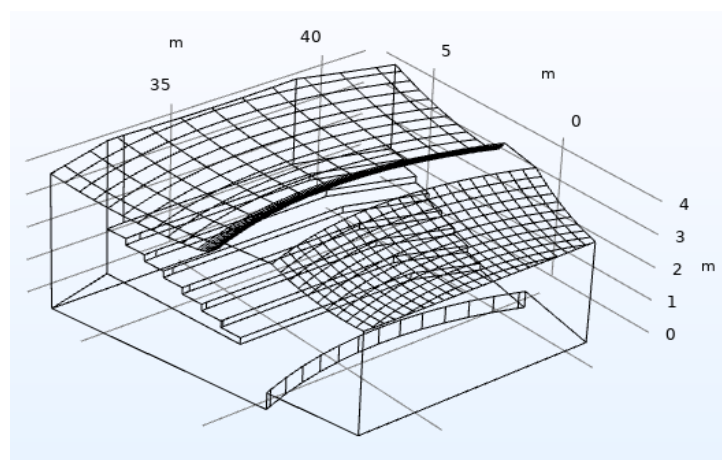
III. Practical example

Importing geometric model

We proceed to use the Import model > STL tool and search for the conference.stl file inside the models/stl folder.



When inspecting the model, a low quality is verified in the morphology of the curved surfaces. To improve this, the Resolutions tool should be used. Since the imported file is .stl, it is possible to increase the angular resolution between faces. Select the Extra high option and verify that the curves have been considerably improved.



The resolution of the mesh can also be increased (which will increase the computation time). Generally, the default Normal should be used.

It should be noted that the adjustment of these resolutions is not mandatory, it will depend exclusively on the complexity of the model. The calculation can be carried out directly after importing the model since the application will use the default resolutions (Normal).

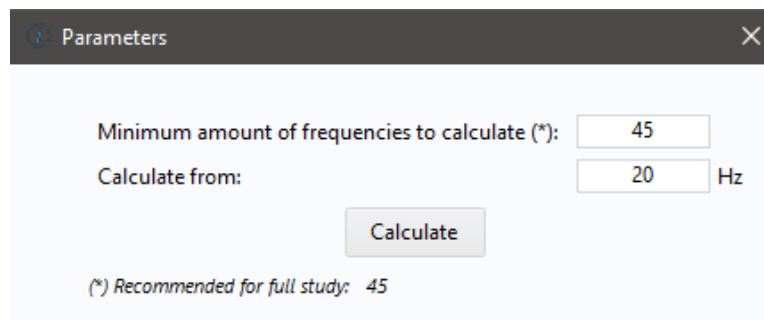
With the mouse it is possible to interact with the geometry. The left button rotates the view and the right button moves the current plane. Pressing and holding the scroll wheel and moving the mouse up and down, you can zoom-in and zoom-out. Holding Alt + left mouse button rotates the model in the current plane. These actions can also be carried out with the upper controls of the graphic panel.

Calculation

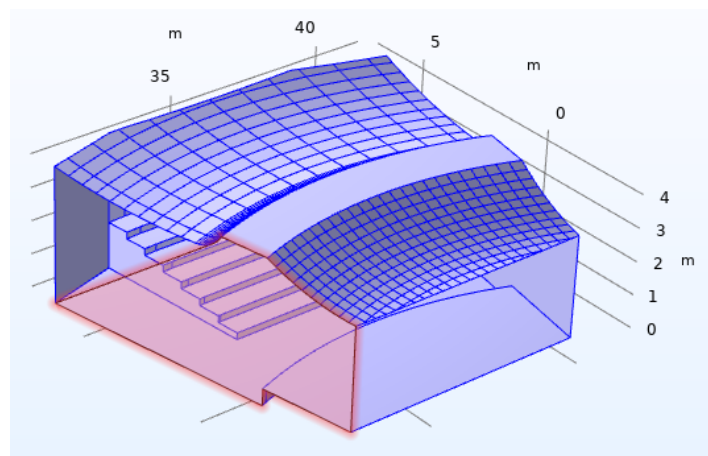
Once the model is imported, the value of the T_{mid} must be entered. For this example, we will use 0.90 seconds, so the Schroeder frequency will be 96.6 Hz.

Room volume: 329.9 m³ | Tmid: 0.9 s | Schroeder frequency: 96.6 Hz

Next, click on Calculate and you see that the application recommends obtaining at least 45 frequencies to reach the Schroeder frequency³. Without modifying these values, proceed to calculate.

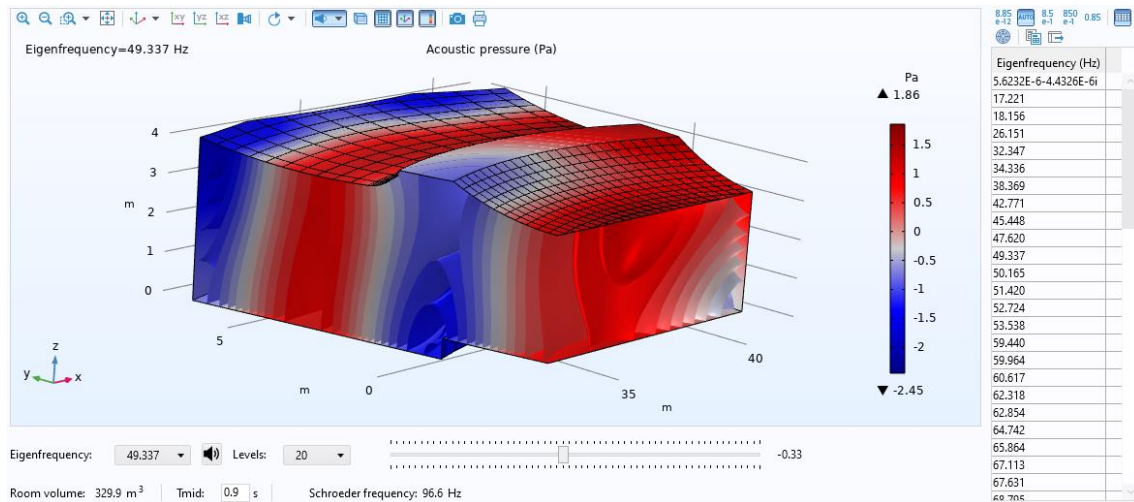


Once completed, observe that the eigenmode plot and the results table with the natural frequencies have been generated, which reach up to 105 Hz, thus covering the Schroeder frequency. To inspect within the room, some faces must be hidden using the Contours tool. Then, go back to Plot eigenmodes to continue the inspection.



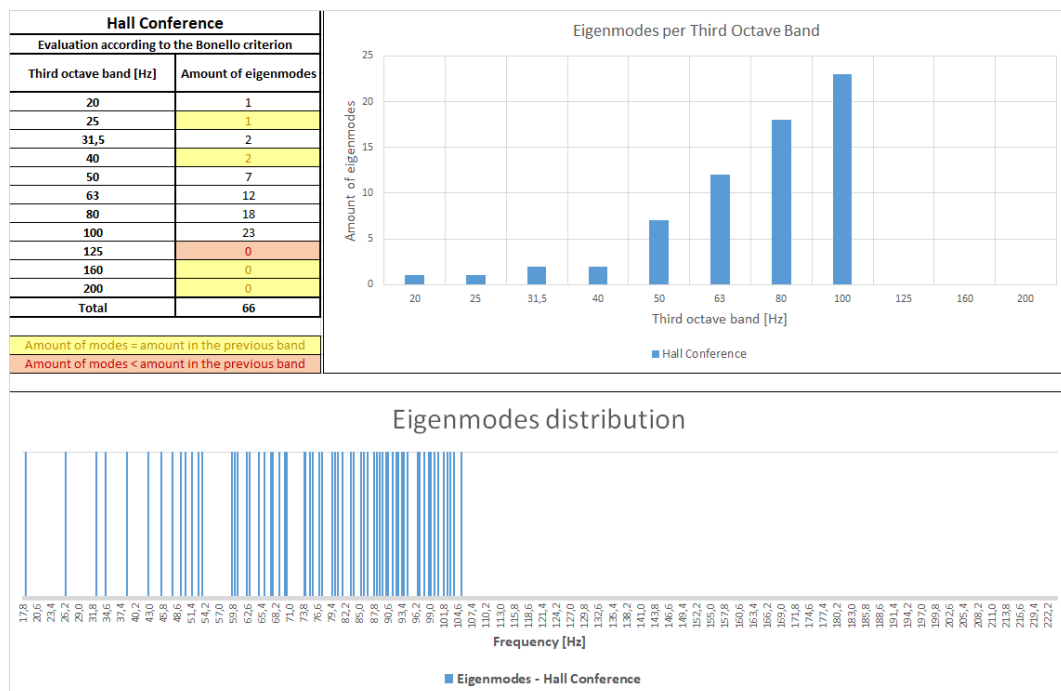
³ This value is an estimate and may need to be adjusted by the user.

Adjust the view, select the frequency of 49.3 Hz, a level division of 20 and interact with the slider to observe the behavior of the isocurves.



Finally, we proceed to carry out the eigenmode distribution study and the analysis according to the Bonello criterion. For this, copy the content of the results table to the clipboard with the

tool . Then, click on Analysis Worksheet . Once open, click the Import Data button to import the frequencies. Next, we name the room as Conference and we observe in the Evaluation sheet the following results:




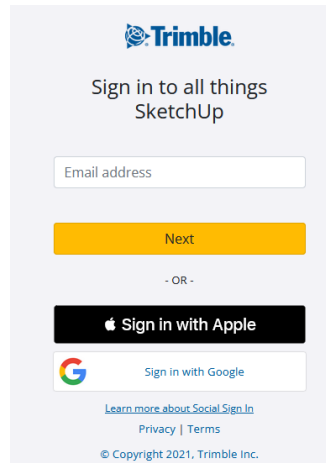
As can be seen, the study reaches up to the third octave band of 100 Hz, due to the cutoff by the Schroeder frequency. In this example, the mode distribution meets the Bonello criterion.

IV. SketchUp Online

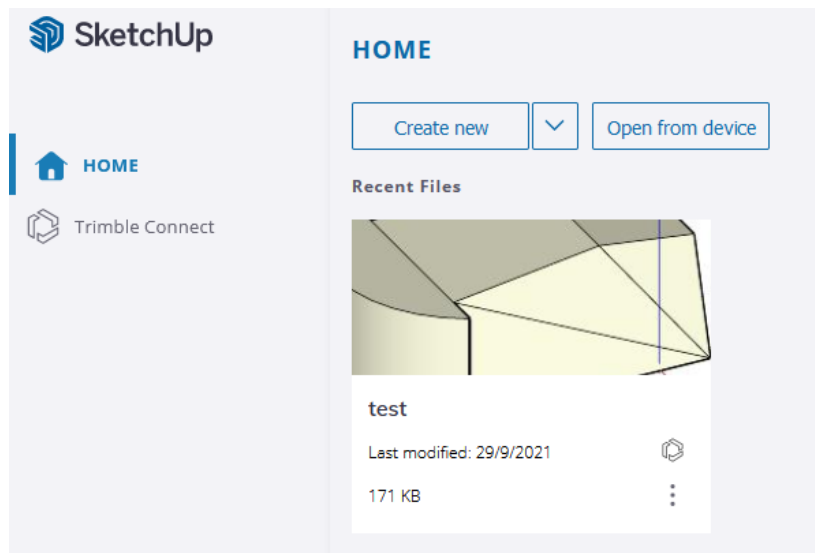
Due to its simplicity and speed of drawing, it is recommended to make the models using SketchUp. It allows the models to be exported in .stl format to be later imported into the application. If you do not have this program, there is a free online version that allows you to design and model rooms.



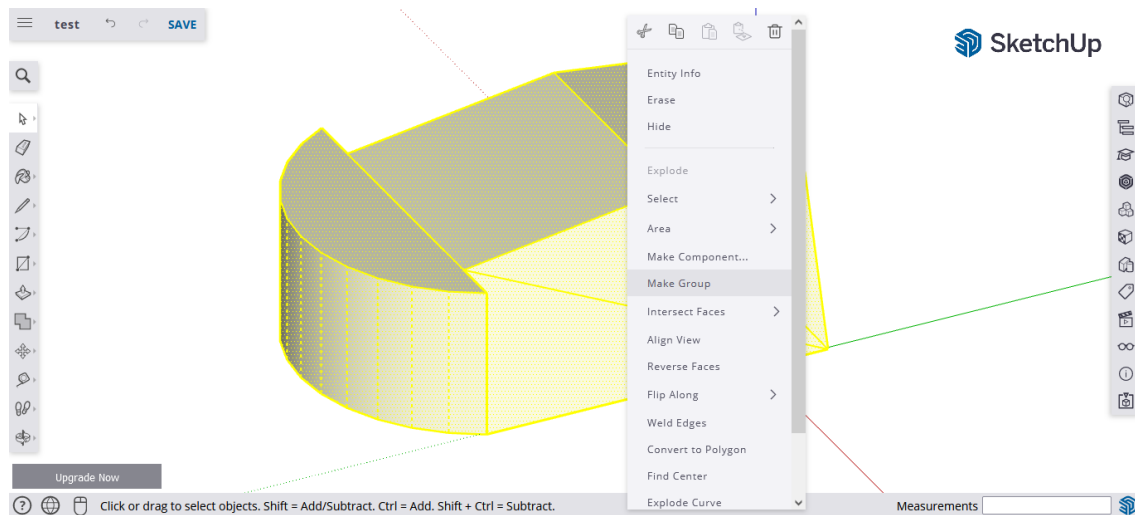
Clicking  will open the login page. You can create a Trimble account or connect with a Google or Apple account.



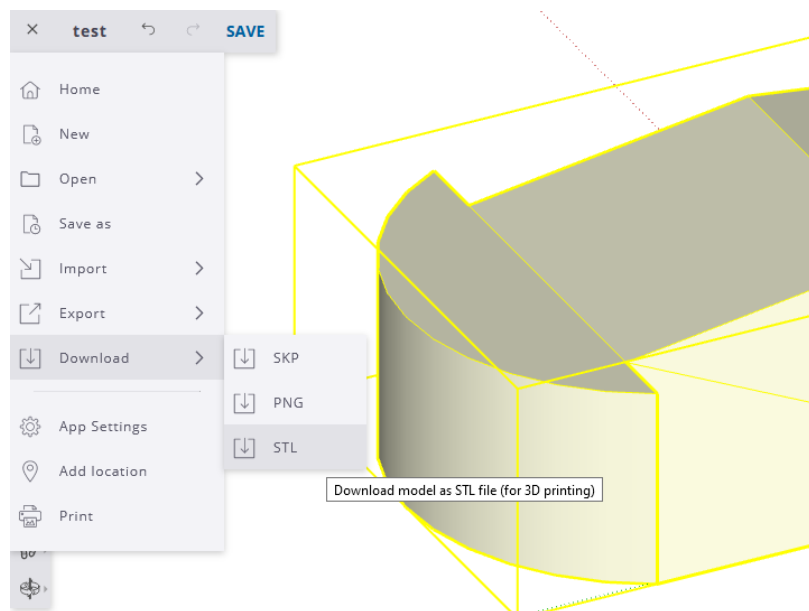
After the user is created, the home screen will appear. To start a new model, click Create New. It also allows you to open a .skp file stored on your computer.



Once the room is modeled, it is good practice to select all the faces, right-click, and choose the Make Group option. In this way, by right-clicking again and selecting the Entity Information option, the volume of the room must be seen. Otherwise, the model will have to be reviewed since it has not been closed, which will cause errors when trying to import it into the application.



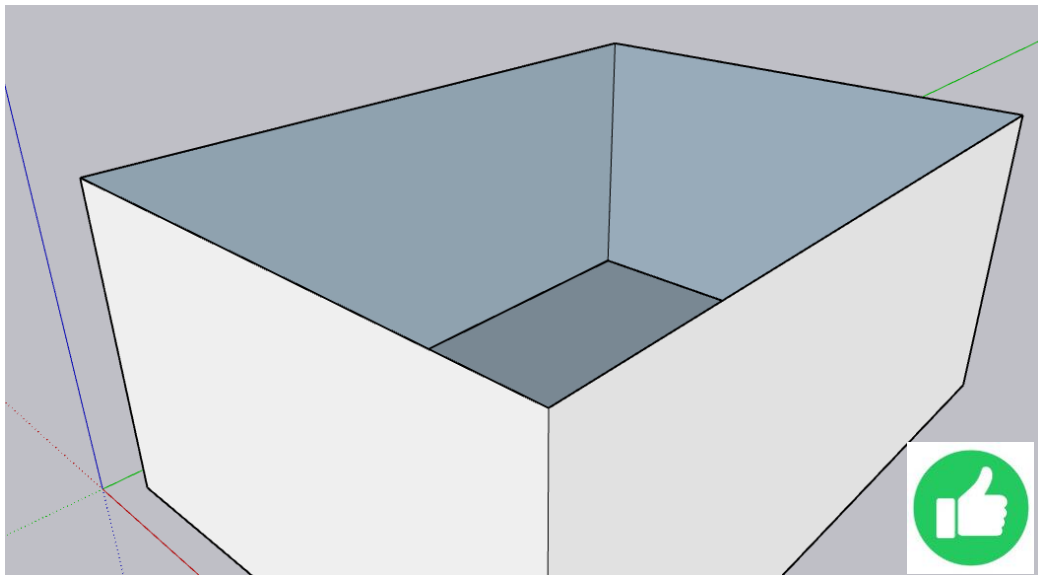
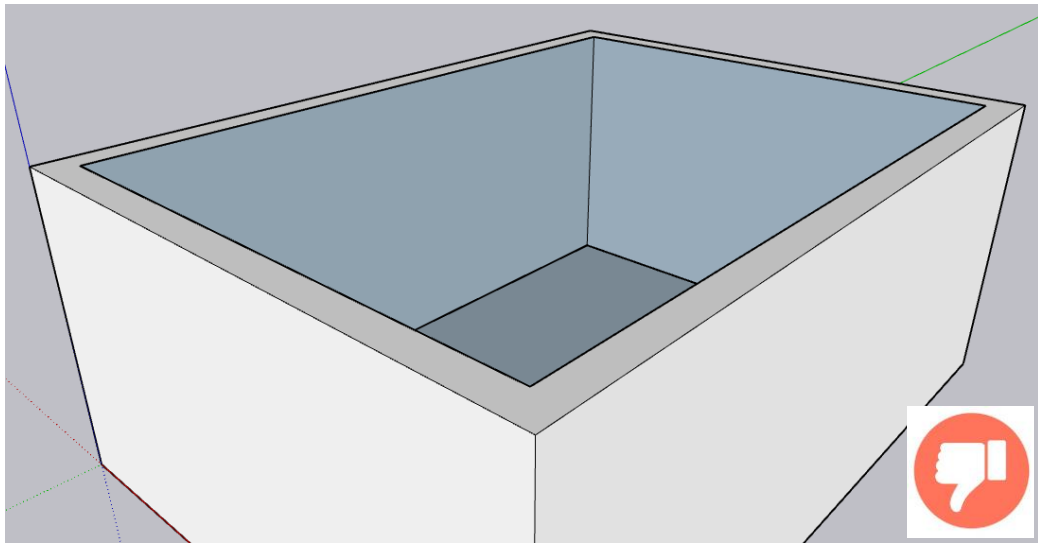
Finally, to save the model on the computer, click on the drop-down menu and choose the option Download > STL. This file is the one that will be imported into the application.

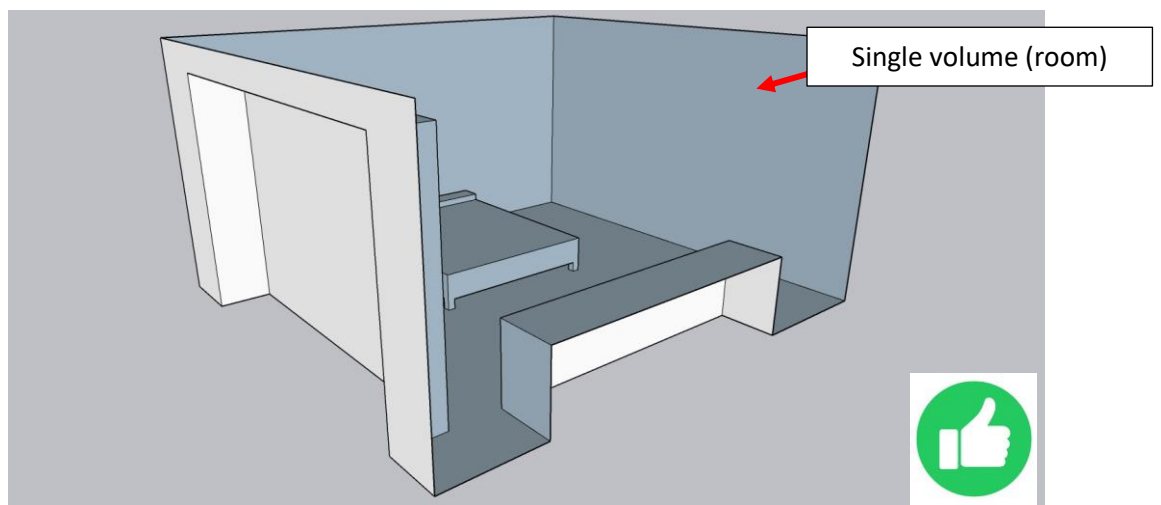
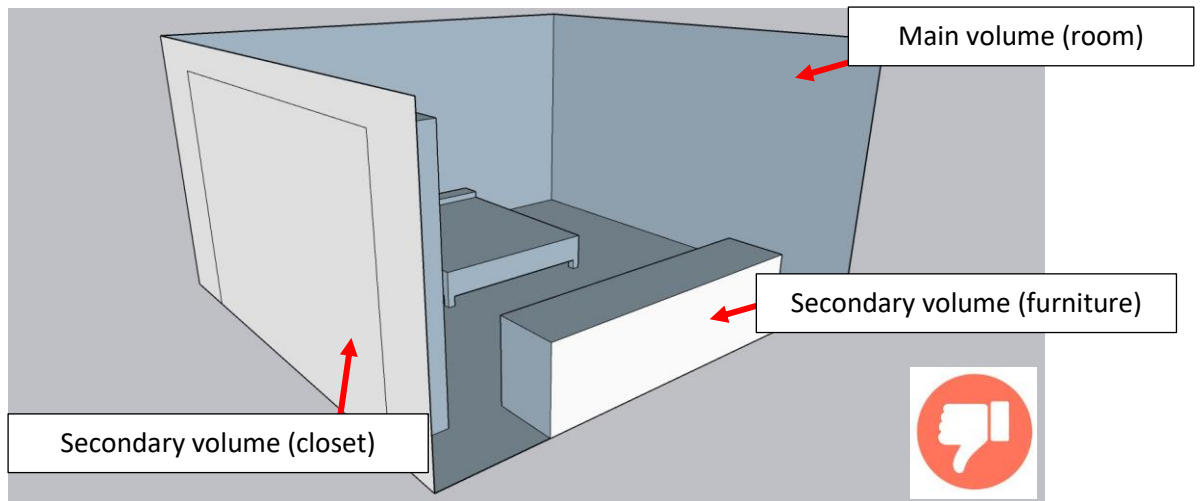


V. Drawing guidelines

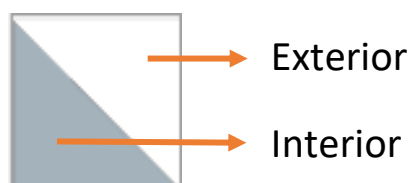
Beyond the drawing program used to model the rooms, some necessary indications must be respected so that the model is imported and optimally evaluated. Some of them are listed and exemplified below.

1. The boundary surfaces of the room and the internal elements must not be thick: they must be a simple plane. The calculation is carried out only considering the internal face of the surfaces, so adding thickness to it will produce errors while importing and/or calculating. There should not be interior volumes, only a single volume that contains the entire room.

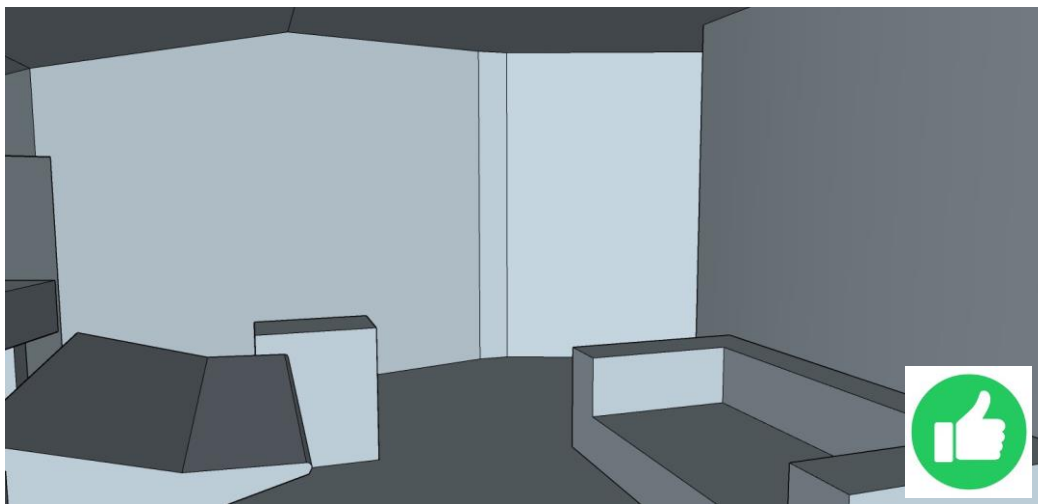
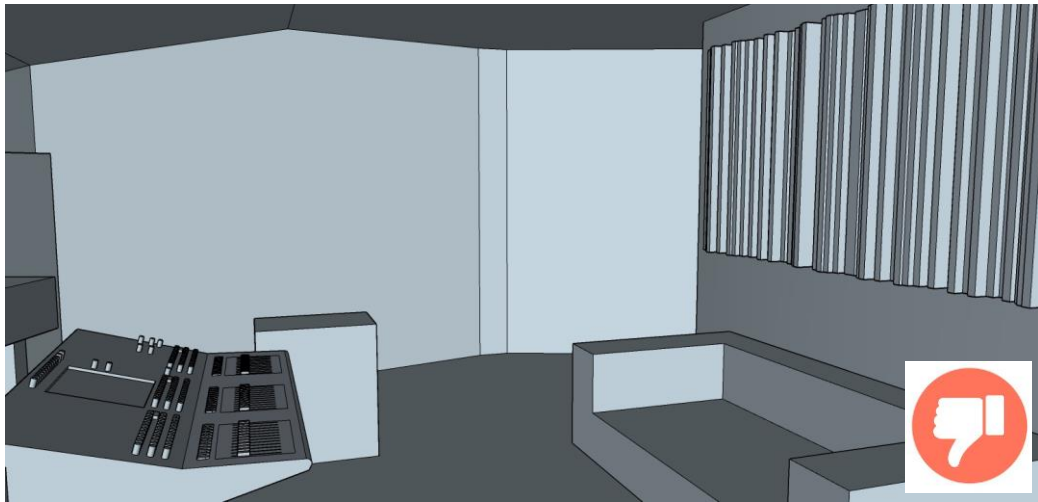




2. Verify the correct orientation of the faces of each surface. In SketchUp, the default colors identify the exterior and interior faces using the following color code:



3. Make simplified models. Due to the nature of this type of study, modeling surfaces of small dimensions or with a high degree of detail will not substantially modify the results and will considerably increase the calculation time.



4. Once the modeling is finished, verify that the design program is able to calculate the volume of the enclosure. If not, there could be a flaw in the drawing. The Solid Inspector² extension (<https://extensions.sketchup.com/extension/aad4e5d9-7115-4cac-9b75-750ed0902732/solid-inspector>) allows to verify these types of faults in SketchUp.

Español

I. Descarga e instalación

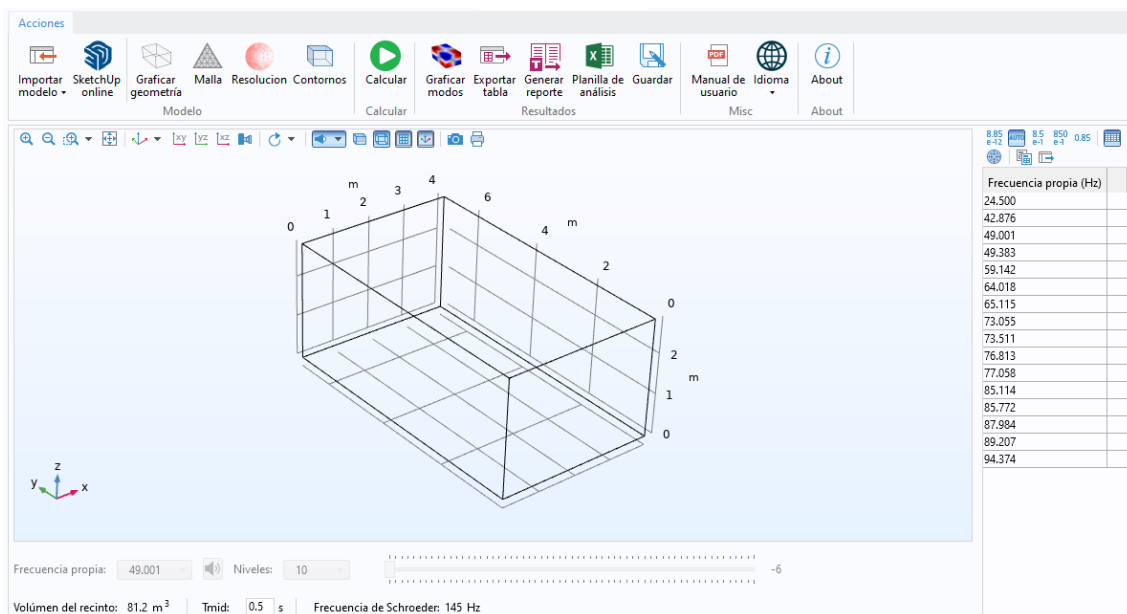
La versión ejecutable para Windows (x64) se descarga desde el siguiente enlace: <https://bit.ly/3ifNOKw>⁴.

Pasos a seguir:

- I. Extraer el archivo `Simulador_de_modos_propios_v1.1.exe` antes de ejecutarlo.
- II. Si al iniciar el programa aparece un mensaje de advertencia de Windows Smart Screen, elegir *Más información > Ejecutar de todas formas*.
- III. Si es detectado por Windows Defender, agregar el programa a la lista de permitidos.
- IV. Si es la primera vez que se ejecuta la aplicación en el ordenador, se descargará el runtime environment de COMSOL Multiphysics® necesario para correr la aplicación. Se deberán aceptar los términos y condiciones y elegir la carpeta de instalación (se recomienda dejar la que viene por defecto).

II. Herramientas

La aplicación inicia con el modelo geométrico por defecto (`default.stl`). Algunas de sus frecuencias propias se muestran en la tabla adjunta.



Importar modelo

Permite importar modelos geométricos en formato `.stl`, `.dwg`, `.dxf` y otros de CAD 3D. Se recomienda que los modelos realizados en SketchUp sean exportados a formato `.stl`.

⁴ Repositorio en GitHub: <https://github.com/Ylio7/simulador-de-modos-propios>

SketchUp Online

Abre el sitio web <https://app.sketchup.com/app> que permite realizar modelos de salas con las herramientas del software SketchUp, para ser luego importadas a la aplicación. Para más información ver [SketchUp Online](#).

Graficar geometría

Traza el modelo geométrico en el área de gráfico.

Malla

Traza la malla de cálculo en el área de gráfico.

Resoluciones

Permite aumentar la resolución de la malla y de los ángulos entre caras (este último exclusivamente para modelos .stl).

Contornos

Permite seleccionar y ocultar contornos (caras). Útil para observar las zonas de presión e isocurvas dentro del recinto.

Calcular

Efectúa el cálculo de las frecuencias propias en base a dos parámetros de entrada:

- *Cantidad mínima de frecuencias a calcular*: el valor por defecto se estima para cubrir hasta la frecuencia de Schroeder.
- *Calcular a partir de los*: indica frecuencia mínima, aunque la misma podría ser aún menor según las dimensiones del recinto. Generalmente se recomienda dejar este valor en 20 Hz.

Una vez calculadas las frecuencias propias se muestran en la tabla a la derecha del gráfico.

Graficar modos

Traza los mapas de presión e isocurvas utilizando el código de colores que se observa a la derecha y que comprende desde el azul (zonas de mínimos de presión), pasando por el blanco (zonas de cancelación) hasta el rojo (máximos de presión). Habilita los controles interactivos debajo del gráfico. Estos permiten seleccionar la frecuencia propia a mostrar, reproducir un tono puro a esa frecuencia, manejar con un control deslizable el comportamiento de las isocurvas y seleccionar la cantidad de niveles para subdividir las.

Exportar tabla

Exporta la tabla de frecuencias propias calculadas a un archivo .txt.

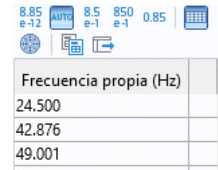
Generar reporte

Confecciona un informe automático según los siguientes datos de entrada:

- Título
- Autor
- Empresa
- Fecha
- Versión
- Resumen

Planilla de análisis

Abre una planilla de Excel que permite observar la distribución de modos y realizar un análisis según el criterio de Bonello. Para su correcta utilización, en primera instancia se deben copiar las frecuencias propias al portapapeles utilizando la herramienta correspondiente en la tabla de resultados.



The screenshot shows a software interface. At the top, there is a control panel with several sliders and buttons. The sliders are labeled with values: 8.85, 8.5, 850, and 0.85. Below the sliders are buttons labeled 'AUTO', 'e-12', 'e-1', and 'e-1'. To the right of these buttons is a small grid icon. Below the control panel is a table with the following data:

Frecuencia propia (Hz)
24.500
42.876
49.001
.....


Luego, en la planilla se debe clicar en el botón Importar Datos que se encargará de realizar los cálculos y generar los gráficos necesarios para el análisis. También se deberá ingresar un nombre a la sala. Los resultados se encuentran en la hoja Evaluación.

Frecuencia de Schroeder

En zona inferior de la aplicación aparecen los siguientes datos:

- *Volumen del recinto*: calculado automáticamente.
- *Tiempo de reverberación a frecuencias medias T_{mid}* ⁵: debe ser ingresado por el usuario.
- *Frecuencia de Schroeder*: con los datos del Volumen y el T_{mid} , la aplicación calcula la frecuencia de corte a partir de la cual se estima que el comportamiento ondulatorio del recinto deja de ser relevante. Esta frecuencia debe tomarse a modo indicativo, ya que dependerá también de la morfología del recinto bajo análisis.

Reproductor de tono puro

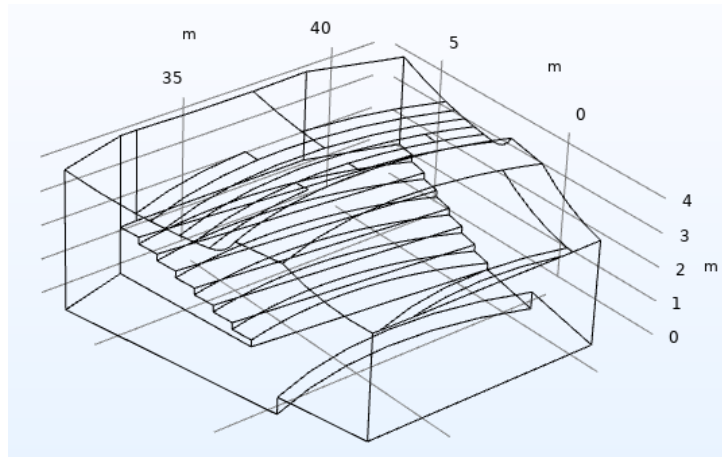
El botón  reproduce un tono puro a la frecuencia natural seleccionada.

⁵ Promedio del tiempo de reverberación en las bandas de 500 y 1000 Hz.

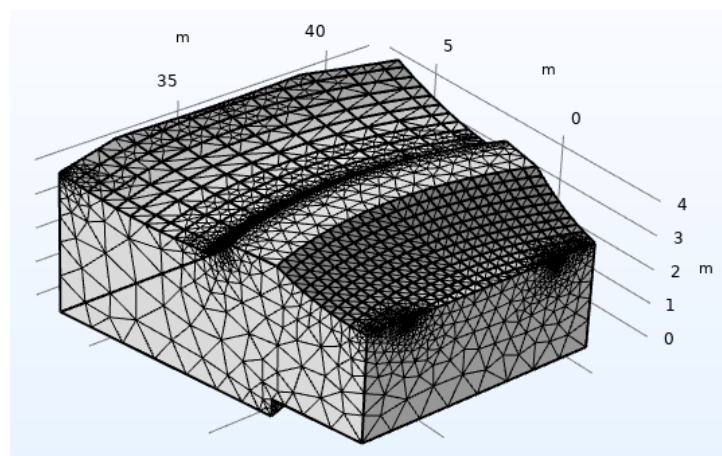
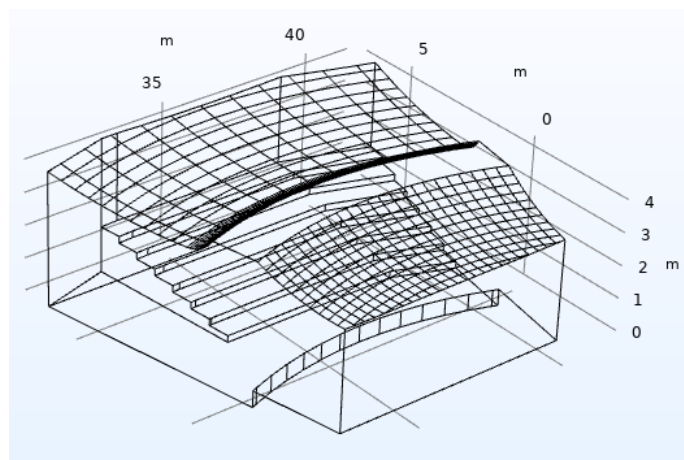
III. Ejemplo práctico

Importando modelo geométrico

Procedemos a utilizar la herramienta Importar modelo > STL y buscamos el archivo conference.stl dentro de la carpeta models/stl.



Al inspeccionar el modelo se verifica una baja calidad en la morfología de las superficies curvas. Para mejorar esto se debe utilizar la herramienta Resoluciones. Debido a que el archivo importado es .stl, es posible aumentar la resolución angular entre caras. Seleccionar la opción Extra alta y verificar que las curvas han sido mejoradas considerablemente.



La resolución de la malla también puede aumentarse (lo que incrementará el tiempo de cálculo). Generalmente deberá utilizarse la opción Normal que viene por defecto.

Cabe destacar que el ajuste de estas resoluciones no es obligatorio, dependerá exclusivamente de la complejidad del modelo. El cálculo puede efectuarse directamente luego de importar el modelo ya que la aplicación utilizará las resoluciones por defecto (Normal).

Con el mouse es posible interactuar con la geometría. Con el botón izquierdo se rota la vista y con el derecho se desplaza el plano actual. Manteniendo apretado la rueda de desplazamiento y moviendo el mouse hacia arriba y abajo se logra hacer zoom-in y zoom-out. Estas acciones también pueden llevarse a cabo con los controles superiores del panel gráfico.

Cálculo

Una vez importado el modelo se deberá ingresar el valor del T_{mid} . Para este ejemplo utilizaremos 0.90 segundos, por lo que la frecuencia de Schroeder será de 96.6 Hz.

Volúmen del recinto: 329.9 m³ | Tmid: 0.9 s | Frecuencia de Schroeder: 96.6 Hz

A continuación, hacemos clic en Calcular y vemos que la aplicación recomienda obtener, al menos, 45 frecuencias para alcanzar a cubrir la frecuencia de Schroeder⁶. Sin modificar estos valores, procedemos a calcular.

Parámetros

Cantidad mínima de frecuencias a calcular (*):

45

Calcular a partir de los:

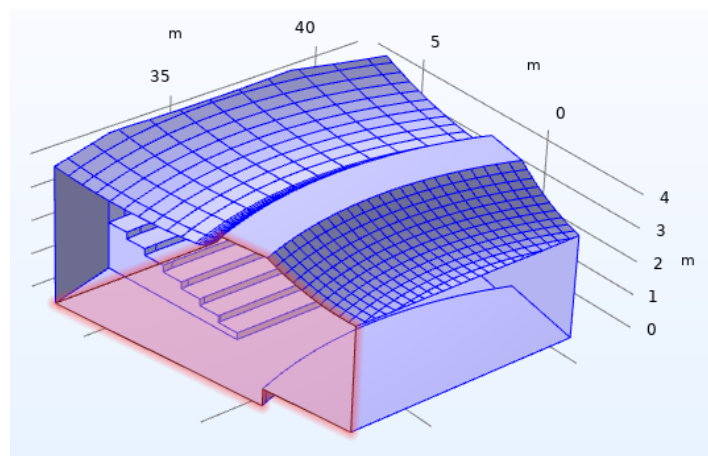
20

Hz

Calcular

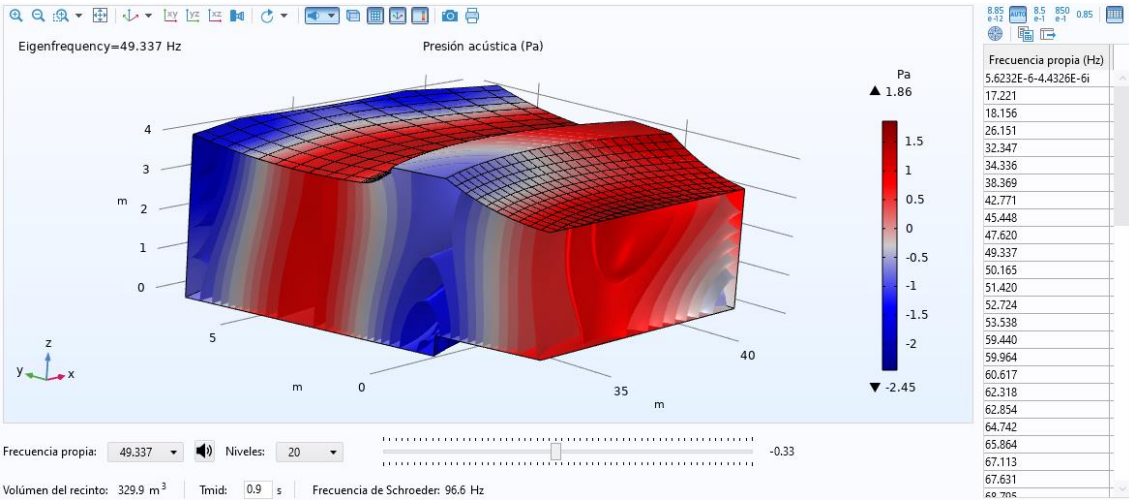
(* Recomendado para estudio completo: 45

Una vez finalizado, observamos que se han generado el gráfico de modos y la tabla de resultados con las frecuencias propias, la cual alcanza hasta los 105 Hz, por lo que alcanza a cubrir la frecuencia de Schroeder. Para inspeccionar dentro de la sala, hay que ocultar algunas caras utilizando la herramienta Contornos. Luego, volvemos a Graficar modos para continuar con la inspección.



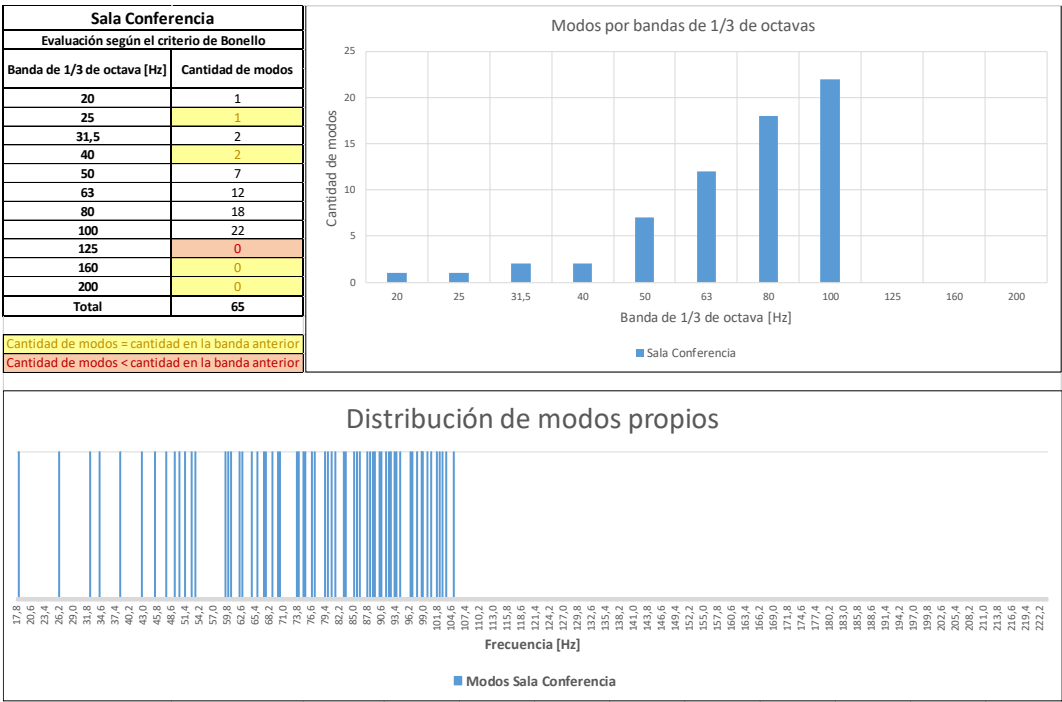
⁶ Este valor es estimado y podría requerir ser ajustado por el usuario

Ajustamos la vista, seleccionamos la frecuencia de 49.3 Hz, una división de niveles de 20 e interactuamos con el control deslizante para observar el comportamiento de las isocurvas.



Finalmente, procedemos a realizar el estudio de distribución de modos y el análisis según el criterio de Bonello. Para esto, copiamos el contenido de la tabla de resultados al portapapeles

con la herramienta . Luego, clic en Planilla de análisis . Una vez abierta, clic en el botón Importar Datos para importar las frecuencias. A continuación, nombramos la sala como Conferencia y observamos en la hoja Evaluación los siguientes resultados:




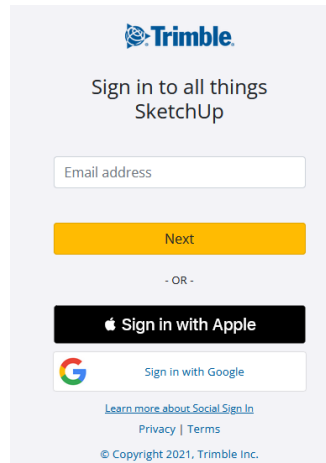
Según se aprecia, el estudio alcanza hasta la banda de tercio de octava de 100 Hz, debido al corte por la frecuencia de Schroeder. En este ejemplo, la distribución de modos cumple con el criterio de Bonello.

IV. SketchUp Online

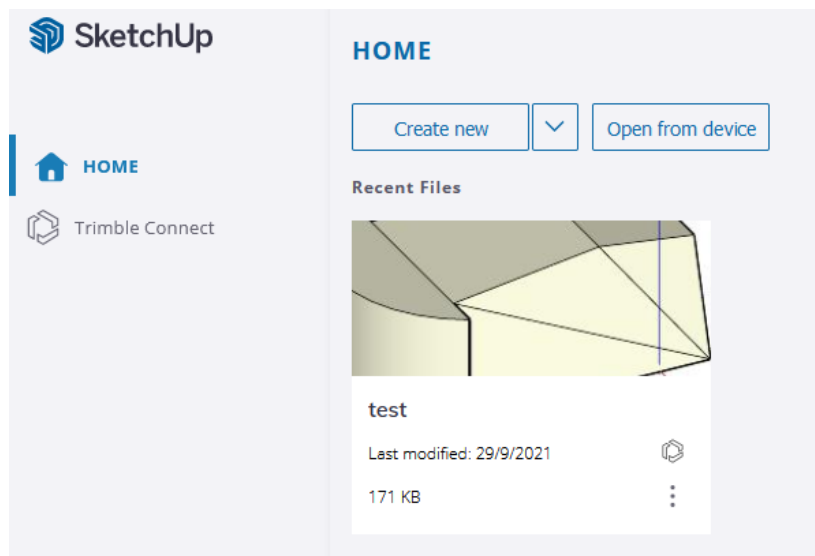
Es recomendable realizar los modelos utilizando el programa de dibujo SketchUp, fundamentalmente por su sencillez y rapidez. El mismo permite exportar los modelos al formato .stl para ser luego importados a la aplicación. En caso de no contar con este programa, existe una versión online que permite diseñar y modelar salas de manera gratuita.



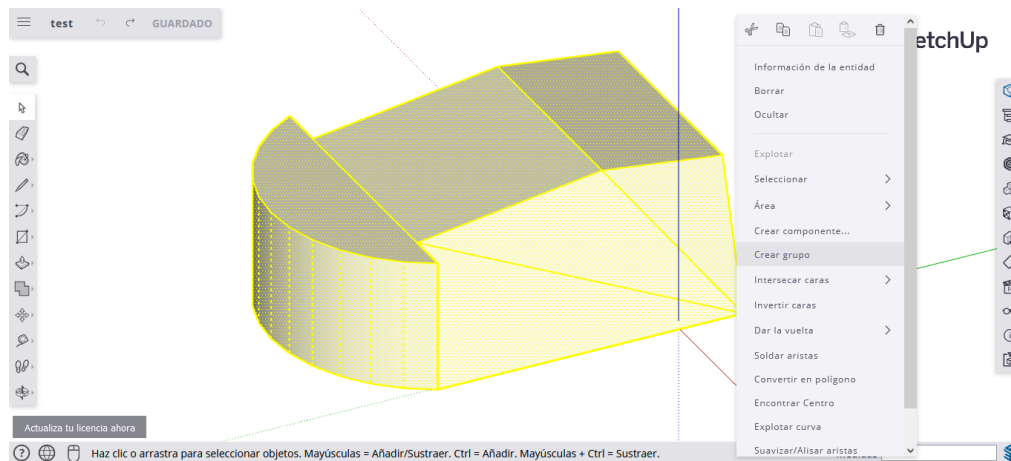
Al hacer clic en  se abrirá la página de inicio de sesión. Se podrá crear una cuenta de Trimble o conectarse con una cuenta de Google o Apple.



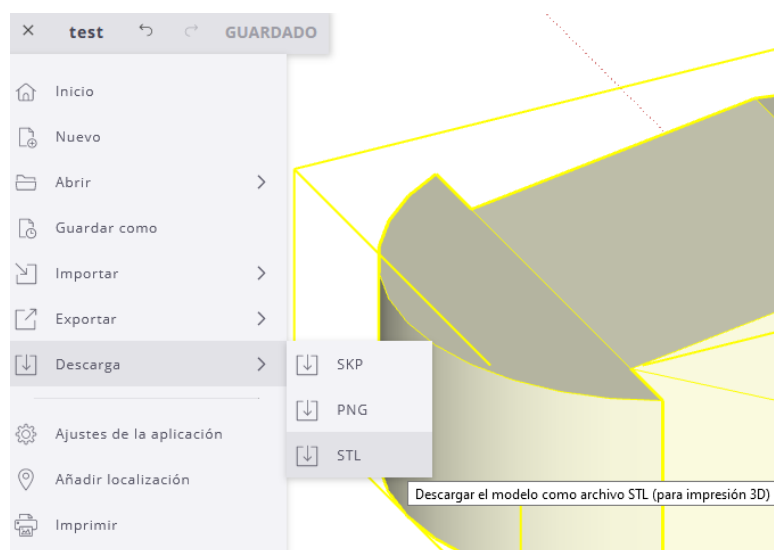
Una vez creado nuestro usuario, aparecerá la pantalla de inicio en donde se mostrarán los modelos realizados. Para comenzar uno nuevo, clic en Crear nuevo. También permite abrir un archivo .skp almacenado en el ordenador.



Una vez modelada la sala, es buena práctica seleccionar todas las caras, hacer clic derecho y elegir la opción Crear grupo. De este modo, haciendo nuevamente clic derecho y seleccionando la opción Información de la entidad, deberá informarnos del volumen de la sala. En caso contrario, habrá que revisar el modelo ya que el mismo no se ha cerrado, lo que producirá errores al intentar importarlo en la aplicación.



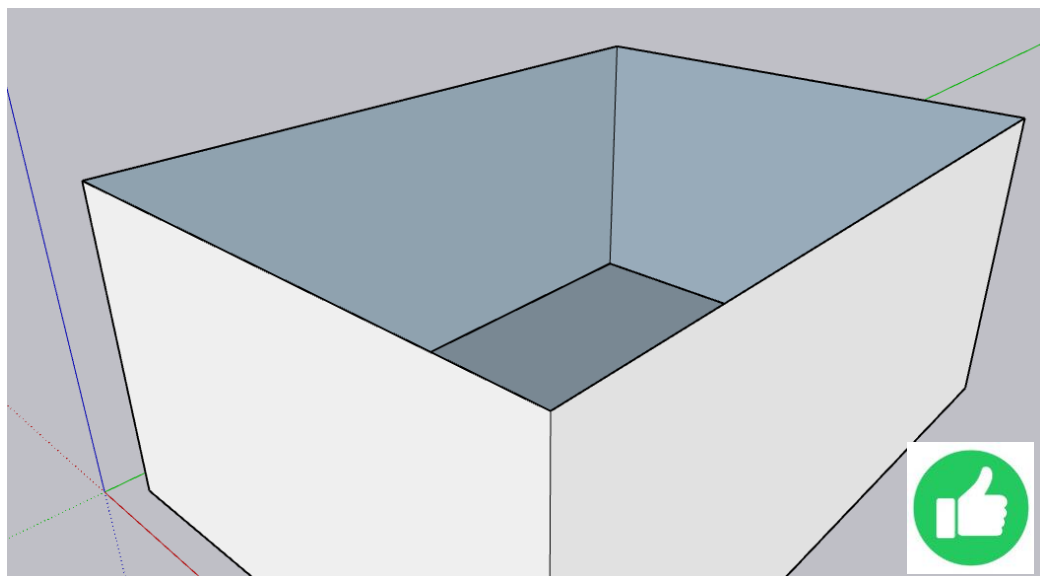
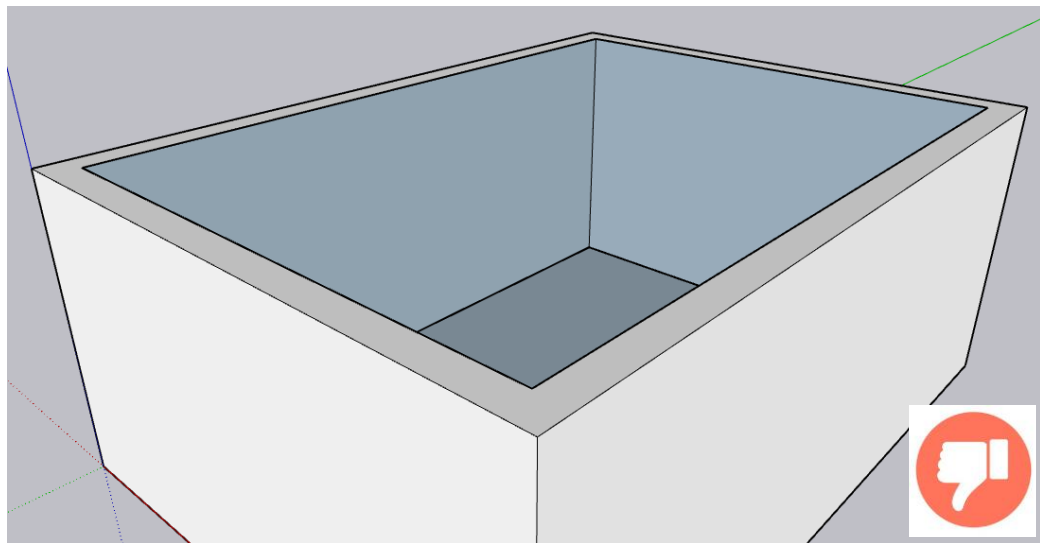
Finalmente, para guardar el modelo en el ordenador se debe hacer clic en el menú desplegable y elegir la opción Descargar > STL. Este archivo es el que se importará a la aplicación.

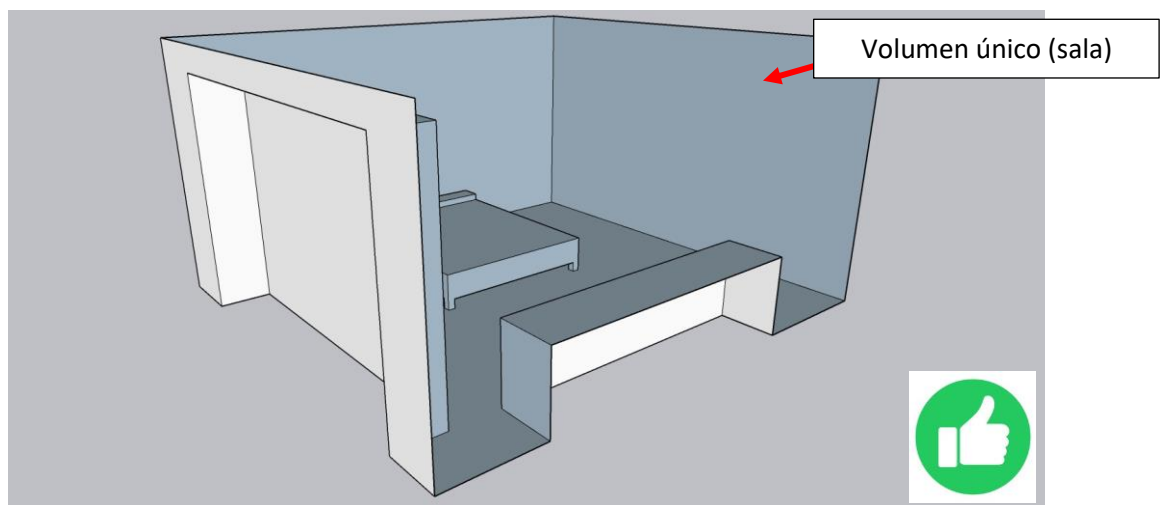
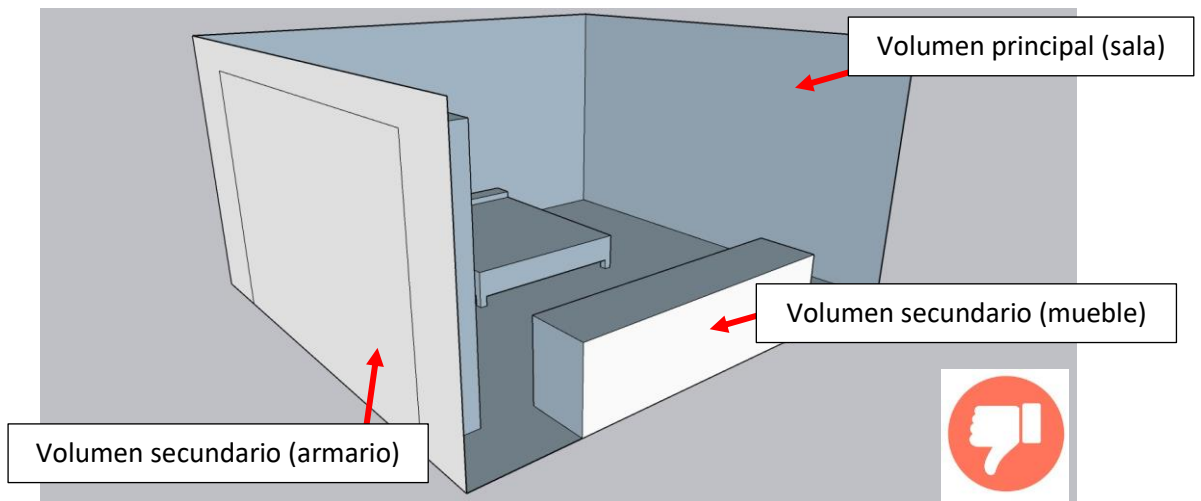


V. Pautas de dibujo

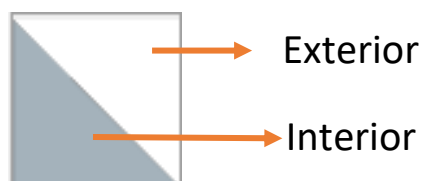
Más allá del programa de dibujo utilizado para modelar las salas, se deben respetar algunas indicaciones necesarias para que el modelo sea importado y evaluado de manera óptima. A continuación, se enumeran y ejemplifican algunas de ellas.

1. Las superficies límite de la sala y los elementos internos no deben tener espesor, es decir, deben ser un plano simple sin volumetría. El cálculo se realiza únicamente considerando la cara interna de las superficies, por lo que agregarle espesor producirá errores en la importación del modelo y/o errores de cálculo. No deben existir volúmenes interiores, solamente debe modelarse un único volumen que contenga toda la sala.

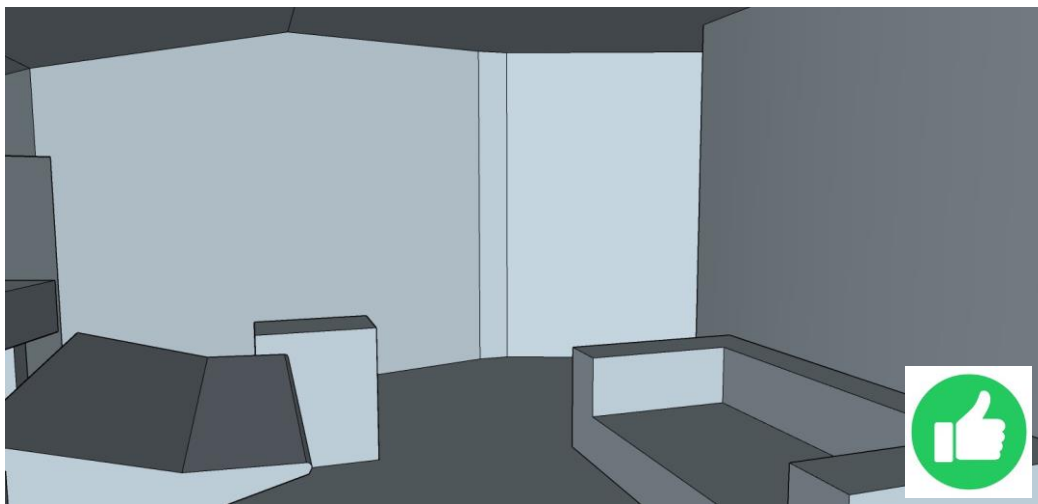
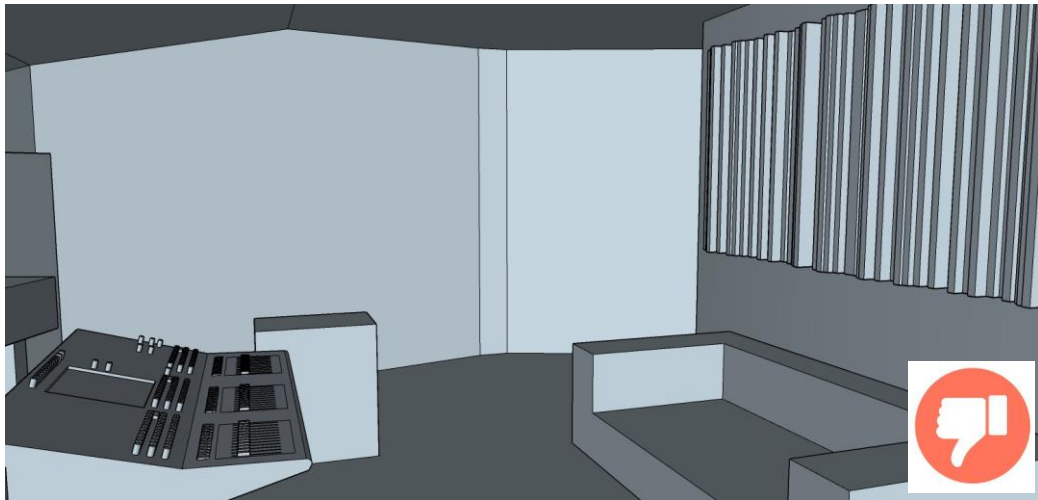




2. Verificar la correcta orientación de las caras de cada superficie. En SketchUp, los colores por defecto identifican las caras exteriores e interiores mediante el siguiente código de colores:



3. Realizar modelos simplificados. Por la naturaleza de este tipo de estudios, modelar superficies de pequeñas dimensiones o con un alto grado de detalle, no modificará sustancialmente los resultados y aumentarán considerablemente el tiempo de cálculo.



4. Verificar que, una vez finalizado el modelado, el programa de diseño permita calcular el volumen total del recinto. En caso de no ser así, podría existir alguna falla en el dibujo. La extensión *Solid Inspector*² (<https://extensions.sketchup.com/extension/aad4e5d9-7115-4cac-9b75-750ed0902732/solid-inspector>) permite verificar este tipo de fallas en SketchUp.