

**ELABORACIÓN DE MANUAL PARA EL MANEJO DEL PROGRAMA DE
ANÁLISIS NO LINEAL “3MURI”**

**XIMENA ANDREA RUIZ ROJAS
JORGE ARMANDO LOZADA AGUILAR**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2008

**ELABORACIÓN DE MANUAL PARA EL MANEJO DEL PROGRAMA DE
ANÁLISIS NO LINEAL “3MURI”**

XIMENA ANDREA RUIZ ROJAS

JORGE ARMANDO LOZADA AGUILAR

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Civil**

DIRECTOR

GUSTAVO CHIO CHO

Ingeniero Civil. PhD.

Profesor Titular Escuela de Ingeniería Civil – U.I.S

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2008

DEDICATORIA

A Dios

Por estar siempre conmigo en los
momentos difíciles, sin ti nada de esto
habría sido posible

A mis padres

Gloria y Chucho
Por su compañía, apoyo, cariño y sacrificio que me ayudaron
a cumplir mis metas, por su chochera que me enseñó
lecciones en la vida y disciplina

A mi hermana

Sandra
Por su amistad, compañía y ejemplo

A mi mejor amiga

Xime
Por su amistad incondicional, compañía
en las buenas, malas y las peores y por la
paciencia en mis momentos de estrés. xoxo

Jorge Armando Lozada Aguilar

DEDICATORIA

A Dios

**Por darme siempre esperanza,
Por ser luz en mi camino,
Por la sabiduría y la satisfacción de tener
A mi familia**

A mis padres

**Marina y Rogerio
Por su gran esfuerzo y sacrificio,
Por brindarme su apoyo incondicional y toda su confianza,
Por darme todo su amor y su cariño
Y esta oportunidad**

A mis hermanos

**Zulma y Leonel
Por su cariño, su amistad
y comprensión**

A la UIS

**Por darme la oportunidad de aprender,
Y por enseñarme que las cosas más valiosas
Son las más difíciles de conseguir**

A la familia Lozada Aguilar

**Por recibirme en su casa siempre
Como si fuera uno mas de la familia,
Por todas sus atenciones**

Ximena Andrea Ruiz Rojas

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

- El profesor Gustavo Chio Cho, por su dirección.
- A la universidad Industrial de Santander, por su formación académica y brindarnos las herramientas para salir adelante.
- A los profesores, por sus enseñanzas y colaboración.
- A migue y Rafa, por su valiosa y desinteresada ayuda y amistad incondicional.
- A la negra, por su amistad y apoyo moral en tiempos de crisis, la próxima eres tú.
- A todos nuestros compañeros que aún siguen en la lucha.
- A nuestros amigos, Lily, Joha, Yonier y todos los demás por los buenos y malos momentos que vivimos juntos.

RESUMEN

TÍTULO

ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA EL MANEJO DEL PROGRAMA DE ANÁLISIS NO LINEAL “3MURI” *

AUTORES:

RUIZ ROJAS, Ximena Andrea
LOZADA AGUILAR, Jorge Armando **

PALABRAS CLAVES:

MAMPOSTERÍA
ANÁLISIS NO LINEAL
ESPECTRO SÍSMICO
CURVA PUSH-OVER

DESCRIPCIÓN:

La escuela de ingeniería civil de la universidad industrial de Santander se ha interesado en evaluar el daño a escala global de la ciudad de Bucaramanga, para lo cual es necesario conocer el comportamiento de las edificaciones más típicas y evaluarlas con modelos no lineales, debido a que los sismos de diseño inducen en estas un comportamiento en el rango inelástico.

El daño producido por los eventos sísmicos en ciudades con una gran cantidad de edificaciones de mampostería puede llegar a ser considerable, por esta razón es necesario contar con herramientas adecuadas que permitan evaluar en forma fiable su comportamiento estructural. Uno de los software en el mercado, especializados en el análisis de estructuras en mampostería, es el programa italiano “3MURI”, este realiza un análisis no lineal y por tanto tiene en cuenta el comportamiento de las edificaciones en los rangos elástico e inelástico simultáneamente.

Sin embargo, a lo largo de este proceso de estudio, se hizo evidente la dificultad para la aplicación de dicho software en Colombia, pues el “3Muri” trabaja únicamente con normas italianas poco similares a la NSR-98, lo cual requiere un conocimiento básico de la norma OPCM 3274 para su manejo.

* Tesis de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Ingeniería Civil. Ing. GUSTAVO CHIO CHO

ABSTRACT

TITLE:

ELABORATION OF A MANUAL FOR THE HANDLING OF THE NON LINEAL ANALYSIS SOFTWARE "3MURI"

AUTHORS:

RUIZ ROJAS, Ximena Andrea
LOZADA AGUILAR, Jorge Armando **

KEYWORDS:

MASONRY
NON LINEAL ANALYSIS
SEISMIC SPECTRUM
CURVE PUSH-OVER

DESCRIPTION:

The school of civil engineering of the industrial university of Santander has been interested in evaluating the damage to global scale of the city of Bucaramanga, for that is necessary to know the behavior of the most typical constructions and to evaluate them with non lineal models, because the design earthquakes induce in these a behavior in the inelastic range.

The damage taken place by the seismic events in cities with a great quantity of masonry constructions can end up being considerable, for this reason it is necessary to have appropriate tools that allow to evaluate in reliable form its structural behavior. One of the software in the market, specialized in the analysis of structures in masonry, is the Italian program "3MURI", this carries out a non lineal analysis and therefore the constructions behaviors in the ranges elastic and inelastic simultaneously.

However, along this study process, it became evident the difficulty for the application of this software in Colombia, because the "3Muri" only works with Italian norms which are different to the NSR-98, therefore it requires a basic knowledge of the norm OPCM 3274 for their handling.

* Grade Thesis

** Physical Mechanical Engineering Faculty. Civil Engineering. Eng. GUSTAVO CHIO
CHO

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	20
OBJETIVOS.....	22
METODOLOGÍA.....	24
1. ESTRUCTURA DEL MANUAL.....	26
2. MANUAL.....	30
3. ADAPTACION DEL SOFTWARE PARA EL USO EN COLOMBIA.....	192
3.1. Paralelo entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto al espectro sísmico.....	193
3.2. Equivalencia entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto al suelo de fundación.....	195
3.3. Equivalencia entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto a la zona de amenaza sísmica.....	195
3.4. Equivalencia entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto al coeficiente de importancia de la edificación.....	196
3.5. Paralelo entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto los coeficientes de mayoración de carga de la placa de entrepiso.....	197
3.6. Modificaciones al espectro sísmico de la ciudad de Bucaramanga según la norma técnica italiana OPCM 3274.....	198

3.6.1. Espectro sísmico de la ciudad de Bucaramanga según NSR-98.....	199
3.6.2. Espectro sísmico de la ciudad de Bucaramanga según OPCM 3274	201
4. MODELACION DE CASAS TIPICAS DE LA	
5. CIUDAD DE BUCARAMANGA.....	210
5.1. CARGA DE LOS MODELOS Y COMPARACION DE RESULTADOS.....	212
5.2. MODELOS REALIZADON EN SAP2000.....	215
5.2.1. CASA 1: Zona 4.....	215
5.2.2. Casa 2: Zona 11.....	217
5.2.3. Casa 3: Zona 18.....	219
5.3. MODELACION DE LAS CASAS SELECCIONADAS	
5.4. CON EL SOFTWARE 3MURI.....	222
5.4.1. CASA 1: ZONA 4	223
5.4.1.1. Modelación.....	223
5.4.1.2. Resultados.....	234
5.4.2. CASA 2: ZONA 11 ³	237
5.4.2.1. Modelación.....	238
5.4.2.2. Resultados.....	248
5.4.3. CASA 3 : ZONA 18.....	251
5.4.3.1. Modelación.....	251
5.4.3.2. Resultados.....	260
6. COMPARACION DE RESULTADOS.....	264
6.1. COMPARACIÓN DE RIGIDECES.....	264
6.2. COMPARACIÓN DE PERIODOS.....	267
7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SOTWARE.....	269
7.1. VENTAJAS.....	269
7.2. DESVENTAJAS.....	271
8. CONCLUSIONES.....	272

BIBLIOGRAFIA..... 274

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Equivalencia entre la norma técnica OPCM 3274 y la NSR-98, para el tipo de suelo de fundación.....	195
Tabla 2. Equivalencia entre la norma técnica OPCM 3274 y la NSR-98, para zona de amenaza sísmica.....	196
Tabla 3. OPCM 3274: Coeficiente ψ_2	198
Tabla 4. OPCM 3274: Coeficiente ϕ	198
Tabla 5. Propiedades sísmicas para Bucaramanga según la NSR-98.....	199
Tabla 6. Periodos del espectro sísmico de Bucaramanga según la NSR-98.....	199
Tabla 7. Valores de periodo y aceleración espectral del espectro sísmico de Bucaramanga según la NSR-98.....	200
Tabla 8. Propiedades sísmicas para Bucaramanga según la NSR-98.....	201
Tabla 9. Propiedades sísmicas para Bucaramanga según la OPCM 3274.....	202
Tabla 10. Periodos del espectro sísmico de Bucaramanga según la OPCM 3274.....	202
Tabla 11. Valores de periodo y aceleración espectral del espectro sísmico de Bucaramanga según la OPCM 3274.....	203
Tabla 12. Calculo de factores de proporción entre norma NSR-98 y OPCM 3274, Parte 1	205
Tabla 13. Calculo de factores de proporción entre norma NSR-98 y OPCM 3274, Parte 2	206
Tabla 14. Periodos del espectro sísmico para Bucaramanga según la OPCM 3274.....	213

Tabla 15. Tabla de cálculo de la carga horizontal a aplicar en los modelos en SAP2000 de las casas de Bucaramanga seleccionadas.....	214
Tabla 16. Derivas calculadas en SAP2000 para las cargas horizontales aplicadas a los modelos	221
Tabla 17. Periodos equivalentes calculados en SAP2000 para las cargas horizontales aplicadas a los modelos.....	222
Tabla 18. Periodos equivalentes para el primer modo calculados por SAP2000 y 3muri	267

CONTENIDO DE GRAFICOS

Grafico 1. Espectro sísmico para Bucaramanga según la NSR-98.....	201
Grafico 2. Espectro sísmico para Bucaramanga según la OPCM 3274.....	204
Grafico 3. Espectros sísmicos para Bucaramanga según las 2 normas.....	204
Grafico 4. Espectros sísmicos para Bucaramanga según la NSR-98 7y la OPCM 3274 modificada.....	207
Grafico 5. Rigidez calculada para el modelo de la casa 1 por SAP2000 y 3muri.....	264
Grafico 6. Rigidez calculada para el modelo de la casa 2 por SAP2000 y 3muri.....	265
Grafico 7. Rigidez calculada para el modelo de la casa 3 por SAP2000 y 3muri.....	266

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura.1 Ventana de definición de la acción sísmica, software 3muri.....	194
Figura 2. Ventana de definición de la placa de entre piso, software 3muri....	197
Figura 3. Ventana de definición de la carga sísmica. Software 3muri.....	208
Figura 4. Ventana de definición de la carga sísmica modificada.....	209
Figura 5. Vista 3d del modelo realizado en SAP2000 para la casa 1.....	215
Figura 6. Vista en planta del modelo de SAP2000 para la casa 1.....	216
Figura 7. Periodo calculado de la estructura en SAP2000 para el primer modo de vibración de la casa 1.....	216
Figura 8. Deflexión calculada en SAP2000 para la carga horizontal aplicada a la casa 1.....	217
Figura 9. Vista 3d del modelo realizado en SAP2000 para la casa	217
Figura 10. Vista en planta del modelo de SAP2000 para la casa 2.....	218
Figura 11. Periodo calculado de la estructura en SAP2000 para el primer modo de vibración de la casa 2.....	218
Figura 12. Deflexión calculada en SAP2000 para la carga horizontal aplicada a la casa 2.....	219
Figura 13. Vista 3d del modelo realizado en SAP2000 para la casa 2.....	219
Figura 14. Vista en planta del modelo de SAP2000 para la casa 2.....	220
Figura 15. Periodo calculado de la estructura en SAP2000 para el primer modo de vibración de la casa 2.....	220
Figura 16. Deflexión calculada en SAP2000 para la carga horizontal aplicada a la casa 2.....	221
Figura 17 : Planta de entrepiso, casa zona 4.....	224
Figura 18: Planta de distribución de muros, casa zona 4.....	224
Figura 18´: Dibujo de apoyo importado desde ACAD, casa zona 4.....	225

Figura 19: Planta de paredes definidas de la casa zona 4, software 3Muri...	225
Figura 20: Tabla de propiedades de los muros, casa zona 4 software 3Muri.....	226
Figura 21: Propiedades de la mampostería.....	227
Figura 22: Propiedades del concreto.....	227
Figura 23: Propiedades del acero.....	228
Figura 24: Vista en 3D de los muros y las vigas, casa zona 4 software 3Muri.....	228
Figura 25 : Vista de ventana para la inserción de puertas y ventanas, software 3Muri.	229
Figura 26 : Sección de entepiso de la casa de la zona 4.....	229
Figura 26: Ventana de definición de placa de entepiso para la casa de la zona 4, software 3Muri.....	230
Figura 27: Ventan de propiedades de la placa de entepiso, casa zona 4 software 3Muri.....	231
Figura 28: Ventana de definición de las columnas, casa zona 4 software 3Muri.....	232
Figura 29: Vista 3D de la edificación sin mostrar placa, casa zona 4.....	232
Figura 30 : Vista 3D de la edificación con placa, casa zona 4.....	233
Figura 32: Ventana de configuración del análisis sísmico, casa zona 4 (3Muri).....	234
Figura 32 : Vista parcial de la ventana de verificación del análisis, casa zona 4 (3muri).....	234
Figura 33 : Resultados obtenidos: deformada pared 1, curva push-over de la estructura, tabla de desplazamiento nodal. Casa zona 4 (3Muri)	235
Figura 34 : Ventana de resumen de análisis para la casa de la zona 4, 3Muri	236

Figura 35 : Vista en 3D de la edificación deformada, casa zona 4 (3Muri)	237
Figura 36 : Planta de Entrepiso de la casa de la zona 11.....	238
Figura 37 : Planta de distribución de muros del primer piso, casa zona 11.....	239
Figura 38 : Dibujo de apoyo importado desde ACAD, casa zona 11.....	239
Figura 39 : Vista en planta de las paredes definidas, casa zona 11 (3Muri).	240
Figura 40 : Cuadro de propiedades de los muros, casa zona 11.....	241
Figura 41 : propiedades de la mampostería, casa 11.....	241
Figura 42 : propiedades del concreto, casa zona 11.....	242
Figura 43 : propiedades del acero, casa zona 11.....	242
Figura 44 : Vista en 3D de los muros y las vigas, casa zona 11 (3Muri)	243
Figura 45 : Sección de Entrepiso, casa zona 11.....	243
Figura 46 : Ventana de definición de la placa, casa zona 11 (3Muri)	244
Figura 47 : Ventana de propiedades de la placa de entrepiso, casa zona 11 (3Muri).....	245
Figura 48 : Ventana de definición de columnas, casa zona 11 (3Muri)	246
Figura 49 : Vista 3D con placa de la casa zona 11, 3Muri	246
Figura 50 : Vista 3D de la casa sin placa de la zona 11, 3Muri.....	247
Figura 51 : Ventana de configuración de la acción sísmica, casa zona 11 (3Muri).....	247
Figura 52 : Configuración del análisis sísmico, casa zona 11 (3Muri).....	248
Figura 53 : Vista parcial ventana de verificación de los resultados, casa zona 11.....	248
Figura 54 : Resultados obtenidos: deformada pared 5, curva push-over de la estructura, tabla de desplazamiento nodal, casa zona 11.....	249
Figura 55 : Ventana de resumen de análisis para la casa de la zona 11, 3Muri.....	250

Figura 56 : Vista en 3D de la estructura analizada, casa zona 11 (3Muri)	251
Figura 57 : Placa de Entrepiso de la casa de la zona 18.....	252
Arriba Figura 58 : Planta de distribución de muros, casa zona 18.....	252
Figura 59 : Dibujo de apoyo importado desde ACAD, casa 18.....	253
Figura 59 : Ventana de propiedades de los muros y vigas, casa zona 18 (3Muri).....	254
Figura 60 : Propiedades de la mampostería, casa 18.....	254
Figura 61 : Propiedades del concreto, casa zona 18.....	255
Figura 62 : Propiedades del acero, casa zona 18.....	255
Figura 63 : Sección de Entrepiso casa zona 18.....	256
Figura 64 : Ventana de configuración de la placa, casa zona 18 (3Muri)	257
Figura 65 : Ventana de constitución de la placa, casa zona 18 (3Muri)	258
Figura 66 : Vista 3D sin placa, casa zona 18 (3Muri)	258
Figura 67 : Vista 3D con placa, casa zona 18 (3Muri)	259
Figura 68 : Ventana de configuración de la acción sísmica, casa zona 18 (3Muri).....	259
Figura 69 : Ventana de configuración del análisis sísmico, casa zona 18 (3Muri).....	260
Figura 70 : Vista parcial ventana de verificación de análisis, casa zona 18 (3Muri).....	260
Figura 71 : Resultados obtenidos: deformada pared 5, curva push-over de la estructura, tabla de desplazamiento nodal. Casa zona 18 (3Muri)	261
Figura 72 : Ventana de resumen de análisis para la casa zona 18 (3Muri)	262
Figura 73 . Vista en 3D de la estructura deformada.....	263

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
NOTA DEL PROYECTO DE GRADO				
NOMBRE DEL ESTUDIANTE Ximena Andrea Ruiz Rojas		CODIGO 2010546		
TITULO DEL PROYECTO Elaboración de manual para el manejo del programa de análisis no lineal 3muri				
REGISTRO No.	FACULTAD Ingenierías FísicoMecánicas	CARRERA Ingeniería Civil		
CALIFICACION (letra y número) Cuatro punto cuatro (4.4)		CREDITOS 8		
DIRECTOR DEL PROYECTO				
NOMBRE N Gustavo CHIO CHO		FIRMA 		
CALIFICADORES				
F		F		FECHA
N	Alvaro REY SOTO	N	Esperanza MALDONADO RONDON	A M D
				08 02 19
Original		Oficina de Admisiones y Contabilidad Académica		
Copias		Coordinación de Carrera		

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
NOTA DEL PROYECTO DE GRADO				
NOMBRE DEL ESTUDIANTE Jorge Armando Lozada Aguilar		CODIGO 2010561		
TITULO DEL PROYECTO Elaboración de manual para el manejo del programa de análisis no lineal 3muri				
REGISTRO No.	FACULTAD Ingenierías FísicoMecánicas	CARRERA Ingeniería Civil		
CALIFICACION (letra y número) Cuatro punto cuatro (4.4)		CREDITOS 8		
DIRECTOR DEL PROYECTO				
NOMBRE N Gustavo CHIO CHO		FIRMA 		
CALIFICADORES				
F		F		FECHA
N	Alvaro REY SOTO	N	Esperanza MALDONADO RONDON	A M D
				08 02 19
Original		Oficina de Admisiones y Contabilidad Académica		
Copias		Coordinación de Carrera		

INTRODUCCIÓN

La escuela de ingeniería civil de la universidad industrial de Santander se ha interesado en evaluar el daño a escala global de la ciudad de Bucaramanga, para lo cual es necesario conocer el comportamiento de las edificaciones más típicas y evaluarlas. Debido al gran porcentaje de estructuras de mampostería en la ciudad, el cual se aproxima al 55%, se considera muy importante conocer el comportamiento sísmico de este tipo de edificaciones, ya que el daño producido por dichos eventos en ciudades con una gran cantidad de construcciones en mampostería puede llegar a ser considerable, por esta razón se requiere contar con herramientas adecuadas que permitan evaluar en forma fiable su comportamiento estructural. Es por esto que la escuela de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander, líder en el campo de la investigación en estructuras en nuestro departamento, se ha interesado en conocer las características, el manejo y la confiabilidad de los resultados obtenidos del programa de análisis no lineal de estructuras de mampostería 3muri, en miras su posible adquisición, para su uso en los cursos electivos de análisis y diseño de viviendas en muro.

El programa italiano 3muri es en la actualidad uno de los software especializados empleados para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de muros, este hace un estudio tridimensional de la estructura mediante un análisis no lineal. La escuela de Ingeniería Civil ha elaborado estudios del comportamiento de las viviendas de la ciudad con modelos más simples de análisis no lineal y con programas de análisis lineal, sin embargo, se necesita probar software nuevos con los cuales hacer una validación de los resultados obtenidos hasta ahora.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Estudiar el manejo del programa de análisis no lineal de estructuras de muros “3muri” y elaborar un manual de su uso y aplicación para la evaluación de la curva de comportamiento de edificaciones de mampostería.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aprender a manejar el programa de análisis no lineal de estructuras de muros “3muri” y conocer sus limitaciones, ventajas y desventajas.
- Elaborar un manual de procedimientos de uso del programa “3muri”, para modelar una edificación de mampostería.
- Evaluar modelos de edificaciones de mampostería de la ciudad de Bucaramanga y describir el proceso de uso del programa.
- Interpretar los resultados obtenidos en los modelos de edificaciones de mampostería de Bucaramanga con el programa “3muri”.

- Comparar los resultados obtenidos con el programa “3muri” con los de programas más simples de análisis de estructuras de muro, usados hasta el momento por la escuela de Ingeniería Civil.
- Comprobar la validez de los resultados obtenidos por programas de análisis de estructuras de muro usados hasta el momento por la escuela de Ingeniería Civil mediante la comparación de sus resultados con los del programa “3muri”.
- Estudiar las características y manejo del programa, así como la confiabilidad de sus resultados, para el estudio de su posible compra por parte de la escuela para su uso en los cursos electivos de análisis y diseño de viviendas en muro.

METODOLOGÍA

Inicialmente se realizó una revisión bibliografía sobre el programa “3muri” vía internet ya que el programa no es muy conocido y por tanto los libros sobre este son escasos. Una vez obtenidos los tutoriales se estudiaron a fondo los comandos y demás aplicaciones del programa, realizando los ejemplos encontrados en la bibliografía.

Al estudiar el programa, se observó que este solo realiza análisis contemplando 3 normas técnicas italianas, por lo cual no era posible realizar cálculos de acuerdo a la NSR-98, es por esto que se realizó entre las 3 normas italianas disponibles y la colombiana para hallar la más similar a esta última.

Una vez conocido el funcionamiento del programa, se seleccionaron edificaciones de mampostería de la ciudad para modelarlas con “3muri” y evaluar su vulnerabilidad sísmica. Las edificaciones seleccionadas fueron también analizadas por medio de el software de análisis lineal SAP2000, el cual es el que ha sido utilizado por la escuela de ingeniería civil con este fin hasta el momento; esto con el fin de que los resultados obtenidos con ambos software fueran comparados y verificar la validez de los resultados obtenidos por medio del 3muri.

Realizados los respectivos análisis, se procedió a elaborar el manual guía de manejo y aplicación del programa “3muri” para uso de la Escuela de Ingeniería Civil y de la comunidad universitaria en general con miras de su posible adquisición para ser utilizado en los cursos electivos de análisis y diseño de vivienda en muro. Una vez terminado el manual, se dio inicio a la redacción y

elaboración del libro de proyecto de grado, en cual se exponen la comparación hecha entre los resultados obtenidos por medio del programa 3muri y SAP2000, y se formularon las ventajas y desventajas del primero, con lo cual se llevo a una conclusión sobre su posible compra.

1. ESTRUCTURA DEL MANUAL

El manual de uso realizado para del software de análisis no lineal de estructuras de mampostería 3muri, fue realizado con el fin de ilustrar al usuario las herramientas con las cuales cuenta el programa, ilustrar su manejo, enseñar los resultados obtenidos con este, y mostrar el procedimiento a seguir para la modelación y posterior análisis de las estructuras, con este fin el manual se divide en 19 capítulos, así:

Capitulo 1. PROCESO DE INSTALACION DEL DEMO DEL SOFTWARE 3MURI

Cabe mencionar que la versión disponible para realizar este estudio es un demo y no la versión original del programa, se muestran los pasos a seguir para la correcta instalación del demo.

Capitulo 2. EL PROGRAMA: INTRODUCCION AL ESQUEMA GENERAL

En este capitulo se enseña la estructura del procedimiento realizado por el software para el análisis de estructuras en mampostería, este se divide en tres fases: fase de entrada, en la cual se define la geometría de la edificación a modelar y las características de los elementos estructurales; fase de análisis, donde el programa automáticamente define un telar equivalente para el posterior análisis no lineal del modelo y por ultimo, la tercera fase, que corresponde a la verificación, donde el programa muestra los parámetros de comportamiento de la estructura ante el sismo, comprobando su correcto desempeño por estado limite ultimo (SLU) y estado limite de daño (SLD), así como los parámetros tenidos en cuenta en la modelación, las características del modelo, las fuerzas internas

producidas por el sismo en la estructura (reacciones, desplazamientos y rotaciones).

Capitulo 3. CONCEPTOS BASE PARA EL USO DEL PROGRAMA

En este capitulo se hace una descripción del menú de herramientas del programa destinado a la visualización y creación del grafico de apoyo. Se presenta también la descripción del ambiente estructural, la definición de los tipos de nodos que contempla el programa y una breve descripción de la metodología de inserción de las paredes y la presentación de la herramienta para la revisión y autocorrección del modelo.

Capitulo 4. SNAP

Presentación del sistema de reconocimiento automático de puntos notables en los gráficos de apoyo.

Capitulo 5. MODALIDAD DE SELECCIÓN

En este capitulo se presentan las formas posibles en el programa para seleccionar uno o mas elementos.

Capitulo 6. COMANDOS PRINCIPALES

En este capitulo se hace una descripción de los comandos básicos ubicados en la pantalla principal, tales como zoom, gestión de niveles de la estructura, importación de gráficos de apoyo DXF, herramienta para la realización del resumen del proceso de modelación y análisis, entre otros.

Capitulo 7. COMANDOS O ICONOS PARA LA CREACIÓN Y MANIPULACIÓN DEL GRAFICO DE APOYO Y VISUALIZACIÓN DEL MODELO

Descripción detallada de las características y manejo de las herramientas para la creación del grafico de apoyo y visualización del modelo.

Capitulo 8. DEFINICION DE LA GEOMETRIA DE LA PARED

Descripción detallada de las herramientas para la inserción de paredes y el uso de dichas herramientas.

Capitulo 9. MODELACION DE LA ESTRUCTURA

Presentación de las herramientas para la inserción y definición de las características de los elementos estructurales, tales como; placas de entepiso, vigas, columnas, nodos, puertas, ventanas, muros y materiales a utilizar.

Capitulo 10. ANALISIS

Exposición de las herramientas para la definición de los parámetros sísmicos, propiedades estructurales y zona de ubicación de la edificación, a tener en cuenta en el análisis del modelo.

Capitulo 11. VISUALIZZA DETTAGLI ANALISI

Presentación de los resultados obtenidos del proceso de análisis por medio del software.

Capitulo 12. INDIVIDUALIZACIÓN DE LOS ERRORES DEL MODELO

Este capitulo habla de la herramienta de detección de errores o fallas en el comportamiento estructural del modelo, así como la ventana recopilatoria que muestra los detalles de los análisis y de las comprobaciones demandadas por la norma técnica italiana.

Capitulo 13. RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANALISIS

En este capitulo se muestra la forma de visualizar los diferentes resultados obtenidos del análisis y que pueden ser apreciados en la tabla de resultados, tales como reacciones, fuerzas internas, desplazamientos y rotaciones de los nodos de la estructura.

Capitulo 14. ADAPTACION DEL SOFTWARE PARA EL USO EN COLOMBIA

En este capitulo se expone la limitación del software en cuanto a la normas técnicas con las cuales puede realizar los análisis ya que es imposible realizar estudios aplicando la NSR-98. El capitulo propone una alternativa para obtener resultados aproximados a los lineamientos de la norma técnica colombiana.

Capitulo 15. EJEMPLO 1

Explicación paso a paso del proceso de modelación, análisis y visualización de los resultados para una estructura de mampostería de dos niveles.

2. MANUAL



INTRODUCCION

La escuela de ingeniería civil de la universidad industrial de Santander se ha interesado en evaluar el daño a escala global de la ciudad de Bucaramanga, para lo cual es necesario conocer el comportamiento de las edificaciones más típicas y evaluarlas con modelos no lineales, debido a que los sismos de diseño inducen en estas un comportamiento en el rango inelástico.

El daño producido por los eventos sísmicos en ciudades con una gran cantidad de edificaciones de mampostería puede llegar a ser considerable, por esta razón es necesario contar con herramientas adecuadas que permitan evaluar en forma fiable su comportamiento estructural.

En la actualidad uno de los software especializados empleados para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de muros es el programa "3muri", que hace un estudio tridimensional de la estructura mediante un análisis no lineal; la escuela de Ingeniería Civil ha elaborado estudios del comportamiento de las viviendas de la ciudad con modelos más simples de análisis no lineal y con programas de análisis lineal, sin embargo, se requiere hacer una validación de estos resultados mediante otros programas de análisis y otras metodologías elaboradas en otras instituciones.

A continuación se hará una explicación del manejo y aplicaciones del software italiano de análisis de estructuras de mampostería "3muri" mediante un fundamento teórico y ejemplos de modelación y análisis estructural.

OBJETIVOS

Objetivo General

Estudiar el manejo del programa de análisis no lineal de estructuras de muros "3muri" y ofrecer un manual de su uso con aplicaciones para la evaluación de la curva de comportamiento de edificaciones de mampostería.

Objetivos Específicos

Ofrecer un manual de usuario que facilite el manejo del programa de análisis no lineal de estructuras de muros "3muri".

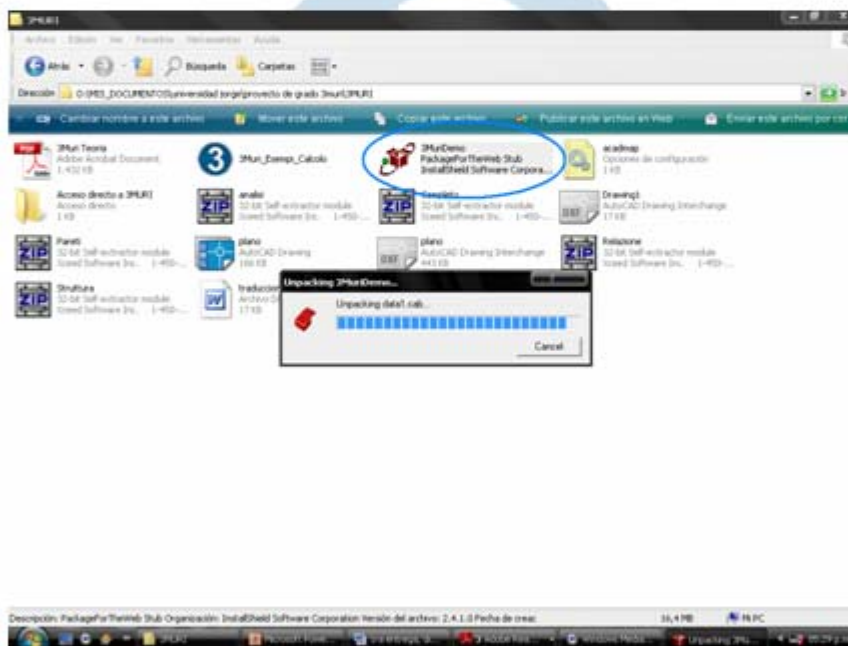
Ilustrar el proceso de modelación y análisis de edificaciones de mampostería de la ciudad de Bucaramanga mediante el uso del programa.

Interpretar los resultados obtenidos en los modelos de edificaciones de mampostería de Bucaramanga con el programa "3muri".

1. PROCESO DE INSTALACIÓN DEL DEMO DEL SOFTWARE 3MURI

Para el uso y el manejo de este programa, se darán las instrucciones para realizar la instalación del demo disponible anexo junto al manual.

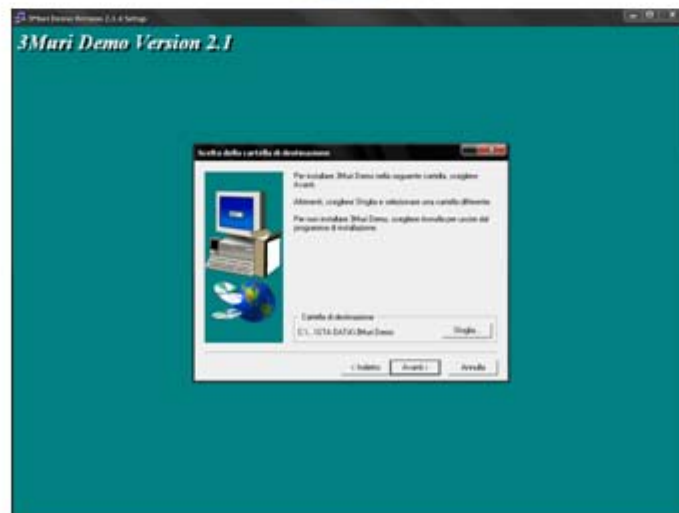
El proceso de instalación es sencillo, primero nos dirigimos al CD anexo y se hace clic en la aplicación **3MuriDemo PackageForTheWebStub InstallShield Software Corporation**, al hacer doble clic en el icono aparece la ventana que indica el proceso de descompresión de los archivos de instalación del demo:



Una vez descomprimidos los archivos de instalación del software se inicia el proceso de apertura del guía para instalación, durante este proceso se muestra una ventana con el estado de avance:

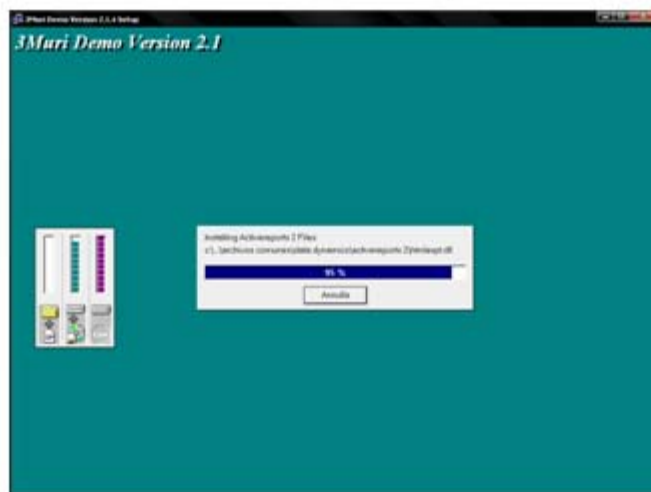


Terminata la apertura del guida di installazione, se apre la finestra del processo di installazione propriamente detto, in esta ventana lo primero que se debe establecer es la carpeta en la cual se desea instalar el programa, por defecto se ubica como sitio de instalación **C:\archivosdelprograma\STDATA\3muri**, es decir, el programa se instalará en el disco C en la carpeta archivos del programa.



Si no se desea instalar el programa en esta carpeta se hace clic en **sfoglia**, ante lo cual se abre un pequeño explorador en el cual podemos ubicar y señalar la carpeta en la cual deseamos que el programa sea instalado, una vez seleccionada la ubicación de instalación deseada, se hace clic en **Avanti>**. Si se desea instalar el 3muri en la ubicación de instalación predeterminada simplemente se hace clic en **Avanti>**.

Al hacer clic en **avanti>** se inicia el proceso de instalación. En la ventana de instalación se enseña la barra de avance del proceso:



Una vez terminado el proceso de instalación, el guía indica la finalización de la tarea



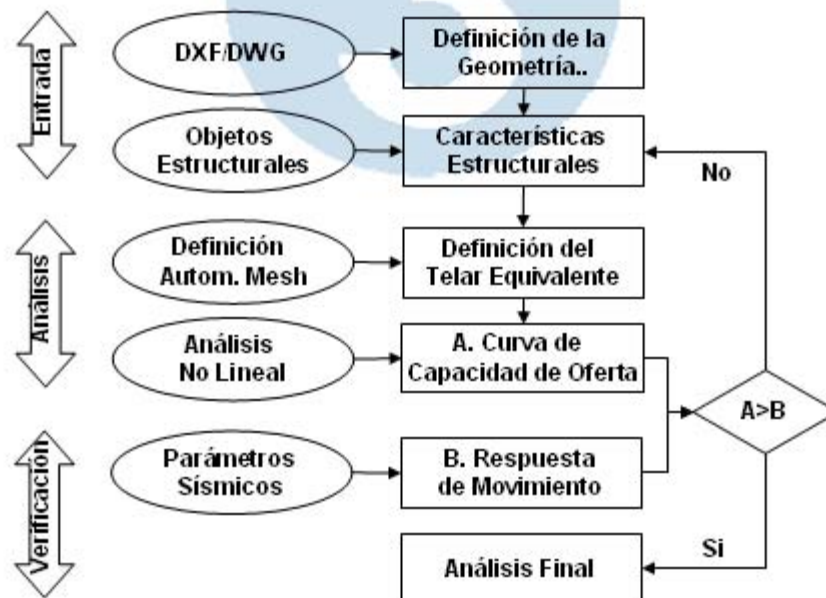
Para concluir la instalación hacemos clic en **fine**. El programa de instalación del 3muri crea accesos directos en la barra de programas de Windows pero no un acceso directo en el escritorio.



2. EL PROGRAMA: INTRODUCCIÓN AL ESQUEMA GENERAL

El programa 3Muri es un programa concebido para realizar el análisis estático no lineal de edificios en mampostería según conviene en la norma OPCM-3274/03 y 3431/05, sin embargo, es también posible realizar las comprobaciones del comportamiento de un edificio según las indicaciones del Decreto 14 de septiembre del 2005 o del Decreto 16 de enero de 1996 de enero.

El proceso realizado por este programa para el análisis y verificación de las estructuras en mampostería a examinarse se muestra en el siguiente esquema :



A continuación se explicará este esquema en cada una de sus partes.

2.1. Primera Fase: Entrada

En esta fase el usuario introduce los datos necesarios para el análisis.

2.1.1. Definición de la Geometría:

Las características geométricas de la estructura que son la disposición en la planta de las paredes y las alturas de los planos o pisos que ellos constituyen, siendo un apoyo para la inserción de "los objetos estructurales" de los cuales se tratará en la fase siguiente.

Los datos geométricos son planos estructurales denominados gráficos de apoyo que facilitan la modelación, principalmente los segmentos (distancias entre ejes y ubicación de las paredes), pueden ser directamente introducidos con las herramientas gráficas con las que cuenta el programa o importándolos por medio de un plano en formato DXF o DWG, siendo este último el método más cómodo y utilizado, sin embargo este puede ser un proceso difícil si no se realiza adecuadamente.

Reglas para una importación eficaz del plano:

- Posicionar el origen del sistema de referencia en AUTOCAD en uno de los vértices de la planta de la edificación a trabajar.
- Definir los límites del área gráfica alrededor de la planta a trabajar (comando limits del programa ACAD).
- Eliminar imágenes adjuntas de la planta, para mantener únicamente los que es necesario para la modelación, ejes de estructura y paredes, columnas, muros, vigas, aberturas para puertas y ventanas.

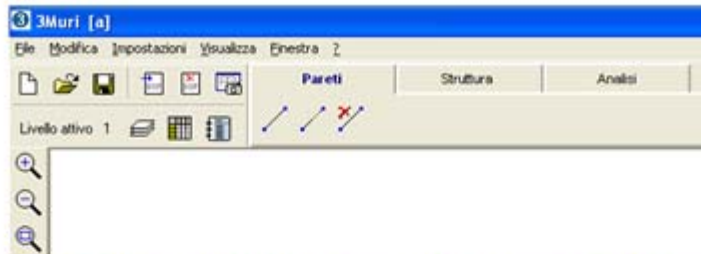
- Asegurarse que la planta de ACAD a insertar esté en la misma unidad de medida del programa (el programa 3muri trabaja en centímetros), para que la planta se importe con las unidades correctas. Si la planta está en otras unidades de medida diferente a los centímetros, asegurarse de aplicar el factor de escala apropiado para no alterar las medidas reales de la edificación en el momento de la importación.
- Seleccionar el archivo con la planta a importar, esta planta debe tener las líneas de estructura y todo lo necesario para la modelación, estos dibujos no deben estar presentados como bloques.
- Salvar el modelo en formato dxf o dwg de ACAD.

2.1.2. Características Estructurales:

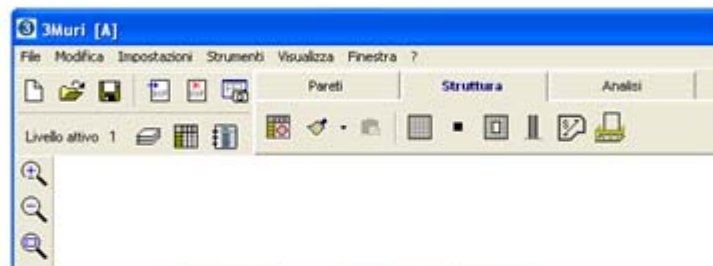
La estructura se compone de objetos estructurales que constituyen los elementos resistentes, estos son principalmente tableros verticales de mampostería con posible refuerzo (cadenas, tirantes), placas para la distribución de las cargas horizontales y los elementos lineales (vigas, columnas) en varios materiales (concreto reforzado, acero, madera). Cada objeto se caracteriza por el material y por los parámetros geométricos extensos (el espesor, las características de inercia, la propiedad resistente).

Para las estructuras en concreto reforzado, la demanda es un parámetro importante de la estructura, en cuanto que realiza el análisis no lineal también de estos elementos.

El programa cuenta con barras de herramientas para la inserción de las características tanto geométricas como del material de las paredes y demás elementos estructurales, estas se pueden apreciar a continuación, aunque sus funciones y usos se especificaran más adelante en el manual.



Área gráfica dedicada a la introducción la geometría de las paredes



Área gráfica dedicada a la introducción de los objetos estructurales

2.2. Segunda Fase: Análisis

El análisis de la estructura está dividido en dos fases: en el primero el modelo se produce automáticamente con el telar equivalente el cual sigue el análisis estático no lineal (pushover) con el cual se dibuja la curva de capacidad de la estructura (curva esfuerzo vs. movimiento del punto de control).

2.2.1. La definición de amenaza equivalente

A partir de la geometría de los objetos estructurales, los datos son usados para el análisis según el modelo 3Muri, que es el de amenaza equivalente. El resultado de este análisis es la presentación de una malla que esquematiza a las vendas, vigas, bielas y columnas. Estos elementos pueden ser modificados manualmente para tener en consideración situaciones particulares.

2.2.2. Análisis no lineal

Este análisis se realiza aumentando de manera monótona las cargas y dibujando el movimiento horizontal de la estructura. Superando un valor convencional de movimiento calculado automáticamente, la estructura es considerada colapsada y se puede construir la curva fuerza horizontal vs. desplazamiento horizontal, que representa la curva de capacidad de carga, que es la respuesta de la edificación al variar la carga horizontal.

Hay que notar que esta curva es independiente del sismo, en cuanto se trata de una característica intrínseca de la estructura, y que sólo es función de la geometría de la edificación y las características resistentes del material.



Área gráfica dedicada al análisis y presentación de los resultados

2.3. Tercera Fase: Verificación

La verificación consiste en el control entre el movimiento que presenta la estructura y aquel dado o permitido por la norma.

2.3.1. Los parámetros sísmicos

La definición del parámetro sísmico es la evaluación de los parámetros extraídos de la curva de capacidad, los cuales permiten determinar la demanda en término al movimiento generado del espectro relativo al proyecto.

La comprobación consiste por consiguiente en la comparación entre los dos movimientos (o fuerzas en el caso del D.M.1996) ofrecidos por la estructura y requerido por la norma.

Si el primero supera el segundo la estructura es verificada, por otra parte es necesario modificar la estructura, si se está en la fase de proyecto, modificando los parámetros necesarios.

3. CONCEPTOS BASE PARA EL USO DEL PROGRAMA

Para el uso correcto del software, es necesario tener bien claras las convenciones fundamentales del programa.

En el área gráfica de trabajo son visibles líneas y puntos diferentes a los de los gráficos de apoyo, paredes y estructura.

3.1. Gráficos de apoyo

Los gráficos de apoyo si no se importan de un plano de ACAD, se obtienen a través de un dibujo realizado por el usuario, utilizando todo un sistema de comandos disponibles en una barra de herramientas diseñada para tal fin, la cual constituye una especie de barra de dibujo; esta se enseña a continuación.

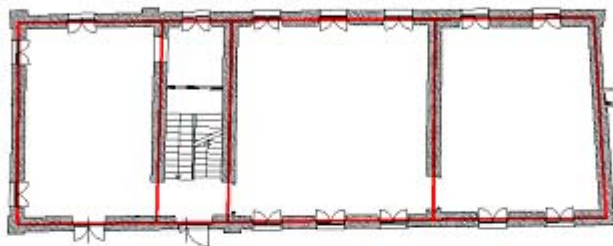


La herramienta permite crear el plano en planta de la estructura a utilizar como guía para la creación del modelo de la edificación. La tabla de gráficos de apoyo no sirve para trabajar, modificar o crear objetos estructurales, sólo para ubicar alineamientos de muros y aberturas. Su uso le permite al usuario tener las líneas disponibles para guiarse al proceder a la creación del modelo. Un boceto importado a 3muri en formato DXF o DWG es considerado como gráfico de apoyo también.

3.2. Pared

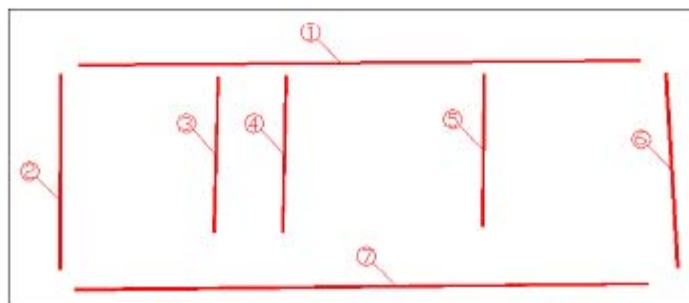
Las líneas que representan las paredes son la base para la definición de los muros, vigas, cadenas y columnas. La pared representa la síntesis, dibujada por el boceto arquitectónico de la estructura, para modelar los dos planos el horizontal y vertical.

Para la síntesis se considera necesario agrupar los aspectos resistentes principales de la estructura, simplificando, si es el caso, el esquema a ser introducido gráficamente. En la imagen siguiente, se ve cómo los segmentos de paredes pueden sintetizarse con un grupo de paredes enteras que son representadas con su eje (las líneas de color rojo representan las paredes).

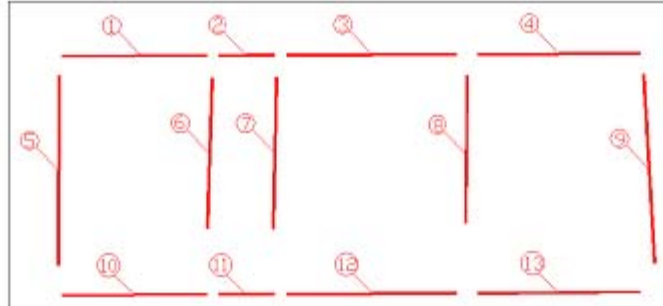


Explorando el sistema de paredes parece claro que diversos segmentos contiguos que poseen definición en el ambiente estructural, perteneciendo a la misma línea recta, deben ser modelados a través de una única pared. Si el segmento de pared que no posee definición en el ambiente estructural, en lugar de una única pared se insertan más paredes aparentemente en la misma línea recta pero no continua.

Las dos figuras a continuación aclaran la manera correcta de realizar el modelo. La pared 1 debe permanecer continua y no como 4 segmentos diferentes de pared.



Forma correcta de definir las paredes

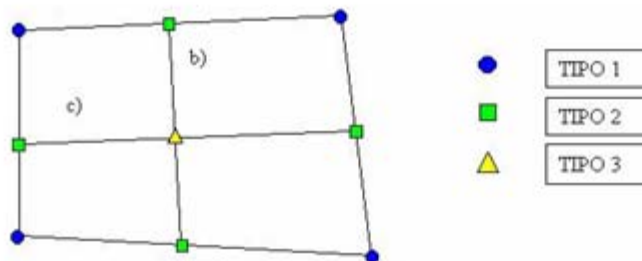


Forma incorrecta de definir las paredes

Las paredes se manejan en todos los niveles de la edificación y pueden luego de ser definidas ser eliminadas, introducir nuevas o modificar las existentes en cualquier fase de la modelación.

Cuando una pared se inserta, se activa inmediata y automáticamente el comando SNAP para los nudos existentes o al desarrollo de otra pared ya insertada. Las paredes son segmentos que van de nodo a nodo (el nodo de pared tipo 1 indicado con un punto azul, es un vértice de pared), este puede observarse en el gráfico abajo.

Las paredes cuyo punto inicial queda dentro de otra pared, produciendo un nodo que no rompe gráficamente la pared de contacto - nodo de pared tipo 2 esquematizado con un cuadrado verde, como puede verse los nodos b y c en la gráfica siguiente.

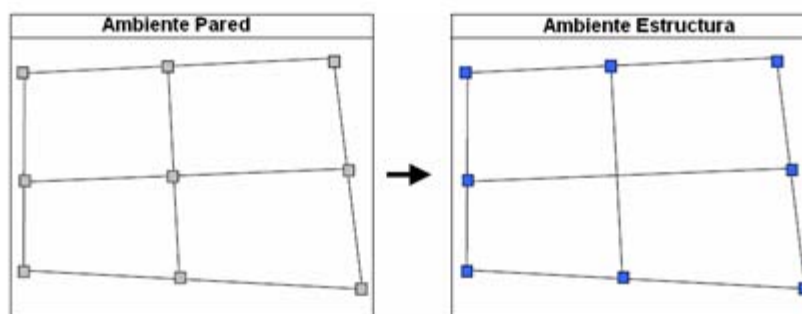


La pared es una entidad gráfica insertada exclusivamente utilizando el comando **parete** (contenido en la barra de herramientas de las Paredes) y representa una clase de "armazón" que el usuario tendrá que completar con los Objetos Estructurales.

3.3. Estructura

En el ambiente Estructural, se procede a la fase de "Vestido" de la pared con los objetos estructurales (mamposterías, columnas, vigas, tirantes, el setti). Activando el ambiente Estructural, todas las paredes se convierten en segmentos que se vuelven objeto de vestidura; cada pared puede ser subdividida en más segmentos a través de la inserción del "nodo de elemento (**nodi di elemento**)".

El Nodo de elemento es un punto de discontinuidad estructural (ejemplo: paneles de muro con espesores diversos); pueden ser insertados a lo largo del segmento de pared o sobre un nudo de pared existente (ejemplo: la intersección de dos paredes). Es conocido que automáticamente todos los extremos de pared (los nudos de pared tipo 1 y tipo 2) se convierten en nodos de elemento para el ambiente Estructural. Cosa que no pasa para los nodos de pared tipo 3, los cuales pueden ser objetos de inserción de nodos de elemento sólo en caso de necesitarse.

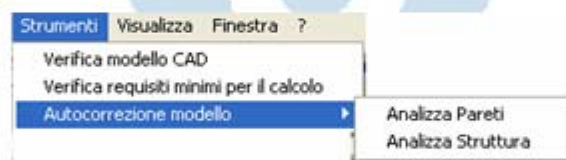


La inserción de un pilar puede realizarse sólo en presencia de un nodo de pared o elemento. En tal caso, para insertar un pilar es necesario en la intersección de dos paredes internas del edificio, insertar un nodo de elemento.

3.4. Control del modelo

Durante la fase de creación del modelo, una gráfica de apoyo poco ordenada o un simple error humano conducen al usuario a cometer errores involuntarios. Para sopesar esta falta, el programa está dotado de un procedimiento automático que controla que sean satisfechas las reglas de creación del modelo, chequeando la existencia de errores en la gráfica de apoyo y aplicando posibles soluciones.

Este procedimiento de corrección está directamente disponible en el menú **Strumenti**, que se indica en la gráfica a continuación:



Ahora se explicará la función de algunas de las opciones que ofrece este menú.

➤ **Verifica modello CAD:** Verifica que todas las referencias gráficas presentes en la base de datos estén también presentes en los gráficos.

➤ **Verifica requisiti minimi per il calcolo:** Verifica que se cumplan los requisitos mínimos para el cálculo de la estructura. Realiza el control sobre el comportamiento del edificio controlando que no hay ningún nodo que pertenezca a una única pared. Si esta comprobación no arroja resultado positivo se señala al usuario el punto en el que se encontró el problema.

➤ **Autocorrezione modello > Analizza Pareti:** Realiza en el ambiente de las paredes un control de incidencias corrigiendo los posibles errores. Él controla que los **tres tipos de nodos** ilustrados anteriormente hayan sido correctamente introducidos o insertados.

➤ **Autocorrezione modello > Analizza Struttura:** Verifica las dependencias o uniones entre los **nodos de elemento** y los nodos de pared (ejemplo: sirve para mantener bajo control la proliferación de nodos de elemento para sucesivamente insertarlos en la misma posición).

El uso de estos procedimientos de comprobación se recomienda a todos los usuarios, en la fase de realización del modelo y al final antes de proceder al cálculo.



4. SNAP

El programa está dotado de un sistema de reconocimiento automático de puntos notables en los gráficos de apoyo, sobre el DXF importado de un sistema ACAD genérico, este sistema llamado SNAP sólo está disponible durante la inserción de las paredes.

Dicho sistema no requiere la activación del consumidor, ya que se activa automáticamente estando disponible para el funcionamiento en cualquier momento, indicando con el cursor un nodo que reconoce sobre la entidad visualizada. Al identificar un nodo, el sistema SNAP identifica que tipo de punto es por medio de un dibujo que aparece al lado del cursor, al estar al lado de dicho nodo, cada dibujo representa un determinado tipo de nodo, a continuación vemos los dibujos identificativos y el tipo de nodo que representa:

	Extremo
	Medio
	Interseccion
	Perpendicular
	A la pared
	Seleccionar

Cuando el cursor se posiciona sobre el área gráfica, el programa encuentra el nodo en el modelo que está más cerca al cursor, o puntos de intersección de líneas, puntos medios de estas, puntos de corte perpendicular de proyecciones de líneas existentes, entre otras posibilidades.

El dibujo que aparece junto al cursor muestra qué tipo de entidad o nodo se ha identificado. Por ejemplo, para un punto medio:



El indicador se vuelve de color rojo y asume la forma conveniente al tipo de entidad localizada al identificar la selección. Cuando el indicador está activo en tal forma puede seleccionarse la entidad o nodo simplemente dando clic.

5. MODALIDAD DE SELECCIÓN

El programa permite diferentes modalidades de selección de elementos gráficos, como líneas representativas de paredes, estas modalidades son:

Selección puntual: Seleccionando cada elemento con un sólo clic del ratón en la entidad

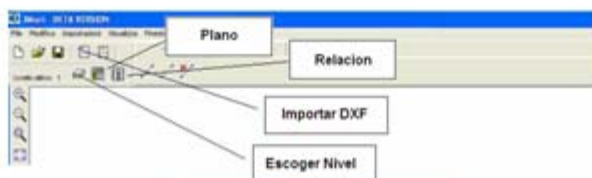
Selección múltiple: Este tipo de selección puede ocurrir mediante tres modalidades diferentes.

Se pueden seleccionar más elementos sucesivamente a través de la selección en la ventana de modalidad (estos pertenecen a la selección de elementos que son intersecados por el recuadro de la ventana y su contenido), se hace clic en un extremo de la ventana y sin soltarlo se arrastra el cursor y se suelta clic, con esto, todo el elemento que quede dentro de él, o que este toque quedan seleccionados.

6. COMANDOS PRINCIPALES

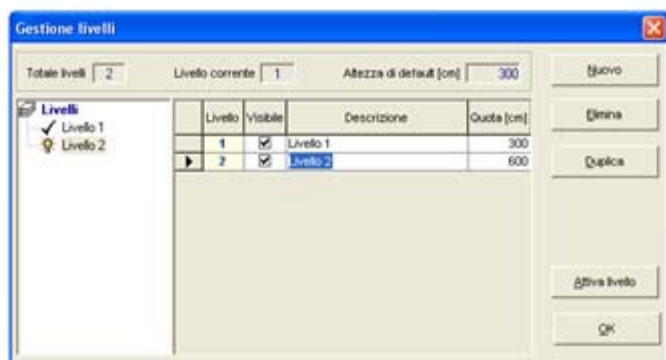
Comandos o iconos básicos de la pantalla principal

No use estos comandos para manejar la estructura, sólo como ayuda a su inserción.



6.1. Escoger Niveles (gestione livelli): A través de esta orden es posible manejar los niveles (pisos) de la estructura. Al dar click en este ícono se activa una ventana especial, en la cual es posible insertar un nivel nuevo con la opción "**Nouvo**", copiar el nivel seleccionado con el botón "**Duplica**" o eliminar alguno con la opción "**elimina**"; además es posible modificar la altura de los pisos. Para realizar los cambios a un nivel es necesario activarlo con el botón "**Attiva Livello**". La visualización de un nivel puede desactivarse finalmente.

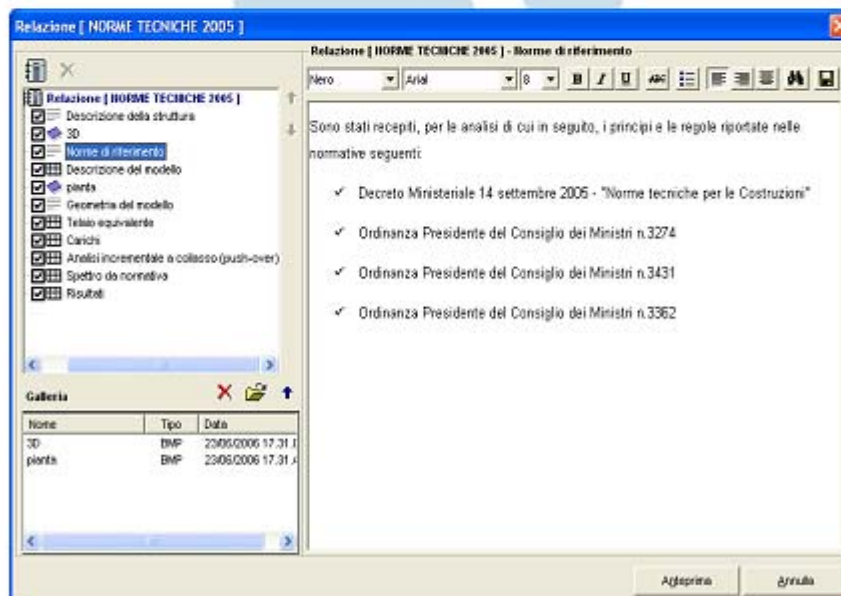
6.2. Importa DXF/DWG: Permite importar un archivo con la extensión DXF o DWG




6.3. Zoom: Este ícono permite realizar ampliaciones o reducciones al dibujo del proyecto. El Zoom también puede manejarse a través de la rueda pequeña del ratón.

6.4. Rehacer (Ridisegna): Esta orden permite regenerar el dibujo en caso de errores de visualización o deshacer modificaciones realizadas a el mismo.

6.5. Relación: La herramienta relación permite al usuario crear de modo automático un resumen de la modelación, las normas técnicas en las que se baso el análisis, los resultados obtenidos, en sí datos relevantes sobre la estructura modelada y el proceso de análisis, todo esto listo para ser impreso. Activando el botón en la barra de herramientas se abre una ventana para la creación de la relación.







En la parte izquierda encontramos una secuencia de información clave en la planificación de edificios de mampostería (descripción de la estructura, norma técnica usada en el análisis, descripción del modelo geometría del modelo, cargas, entre otros), en las cuales puede el usuario decidir si inserta el resumen o no, resaltando el cuadro a la izquierda del ítem.

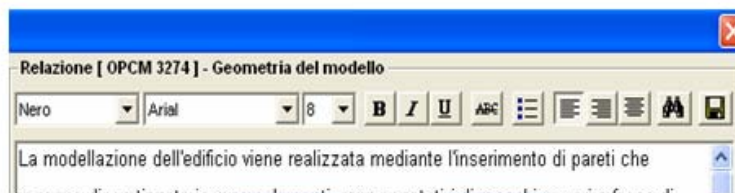
Con el comando especial , el cual se encuentra en todo momento presente en alguna de las ventana o barras de herramientas del 3muri, se permite al usuario el guardar la imagen visualizada en ese momento en la pantalla del programa, como, tablas de resultados, curvas de deformación, vistas 3D o en plano.

Teniendo en cuenta esto, en la parte baja de la ventana de **relación** está la galería de las imágenes que el usuario ha decidido guardar durante la fase de planificación y análisis de la edificación.

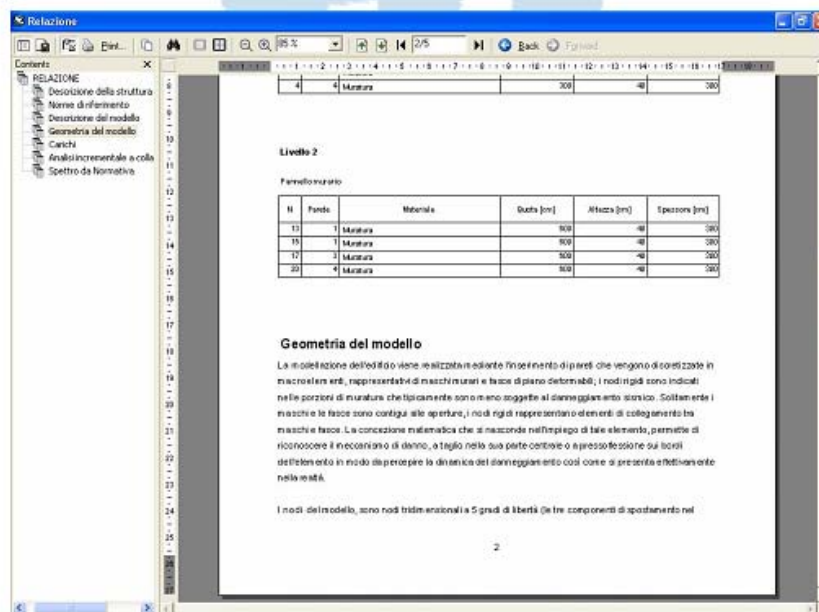
En esta área de la ventana ubicada en el margen inferior izquierdo, destinada a la galería de imágenes guardada y a la inserción de las imágenes guardadas. Esta cuenta con ciertos comandos para su fácil uso los cuales son los siguientes:

-  Permite eliminar una imagen de la galería de imágenes.
-  Permite importar una imagen externa en la galería de imágenes.
-  Una vez ubicados en la galería de imágenes, permite insertar una imagen en el esquema de relación.
-  Permite mover una imagen insertada en la relación decidiendo donde posicionarla, por ejemplo, insertando la vista en planta de la edificación en la carpeta en la opción geometría del modelo o donde se crea conveniente ubicarla.


En la parte superior derecha de la ventana tenemos a disposición un menú para la edición del texto en el resumen, edición de letra, color, tipo de letra, cursiva, introducción de viñetas, alineación y opción de búsqueda de palabras en el texto ya introducido y para guardar las modificaciones realizadas, íconos como los que podemos encontrar en programas de Windows office y con las mismas funciones:




Activando el botón "Vista preliminar (**Anteprima**)" se observa la vista preliminar de impresión del resumen que permite una primera vista del documento, la ventana con la vista preliminar es la siguiente:




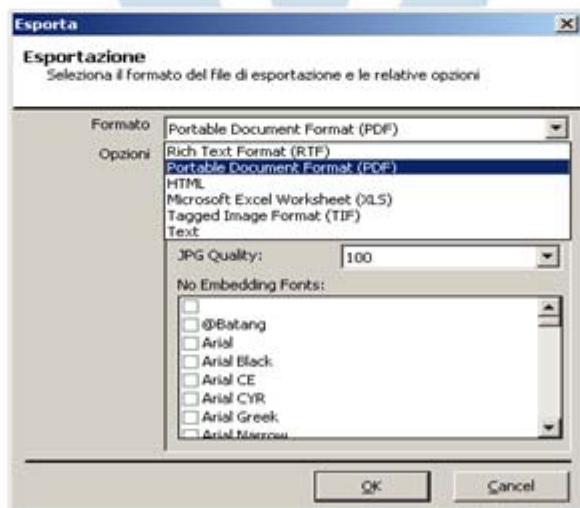
Esta ventana cuenta con un sencillo grupo de herramientas, se expone una descripción breve de las funciones principales de los comandos de la vista preliminar de impresión.


 Permite la visualización o menos del índice del documento, posicionándose en una palabra del índice, la vista preliminar lo mueve hasta la palabra elegida.


 Permite exportar el documento en varios formatos de texto normal (txt, rtf y pdf), a través de la ventana siguiente.


 Permita la modificación de sangrías o márgenes hasta la mitad de la regla.

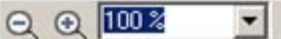
 **Print...** Imprime.





 Copia en la memoria las modificaciones realizadas en la vista previa, con la posibilidad de modificarse en el documento de texto.

 Permite buscar las palabras claves dentro del documento y por consiguiente posicionarse sobre ellas.

 Permite visualizar la vista preliminar en una sola página o en más páginas.

 Permite modificar la dimensión del archivo visualizado.

 Permite deslizar las páginas adelante y atrás respecto a la página actual.

 Permite posicionarse al inicio o al final del documento.

 Permite deshacer y rehacer la lista de operaciones realizadas.

6.6. Plano: Volviendo al plano a través del botón especial, aparece en la ventana inicial un icono que permite visualizar las características de todo lo que el usuario ha insertado a través de la interfaz en la fase de creación del modelo.

Al seleccionar la herramienta, se abre una ventana que podemos ver más adelante, la cual corresponde a las propiedades del elemento. La estructura en árbol a la izquierda facilita las operaciones de navegación dentro de los planos presentes. El árbol está organizado en cinco ramas principales:

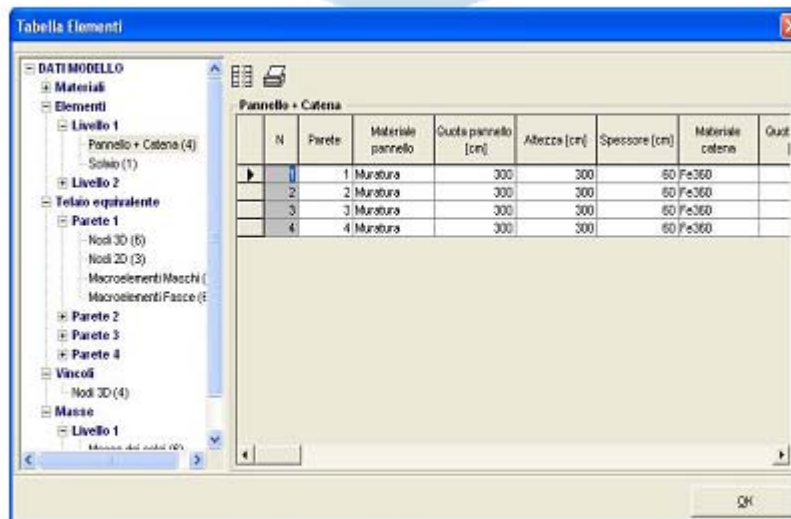
Material (Materiali): Contiene las tipologías de los materiales empleados en el proyecto con sus características mecánicas.

Elementos (Elementi): Contiene los elementos empleados separados por tipología (según lo indicado en la ventana de definición de las características descritas a continuación) y agrupados por nivel. Esta opción se encuentra en forma separada para cada uno de los niveles.

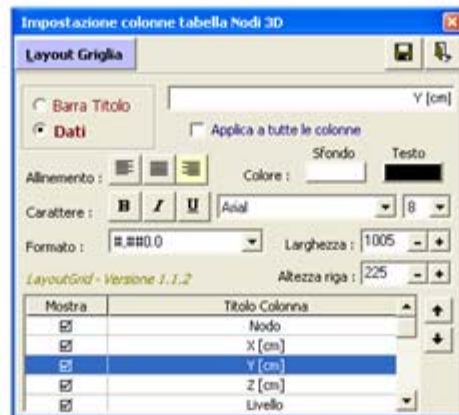
El telar equivalente (Telaio equivalente): Contiene todo aquello que concierne la definición de la malla, desde la individualización de la posición geométrica de los nudos, hasta la definición de las características de los elementos agrupados por pared.

Uniones (Vincoli): Contiene el número identificado de uniones con las rigideces relativas a los grados de libertad del nudo examinado. La presencia de la letra "V" en las celdas del plano, indica la presencia de una unión perfecta o rigidez infinita.

Las masas (Masse): Contiene las masas correspondientes a cada nodo con las excentricidades relativas. Las masas son catalogadas en función del nivel.



Usando este ícono ubicado arriba a la izquierda de esta ventana, pueden editarse la presentación de las tablas de datos visualizadas en la opción **Plano**. Activando el botón formar columnas (Formato Colonne), aparece la ventana siguiente:



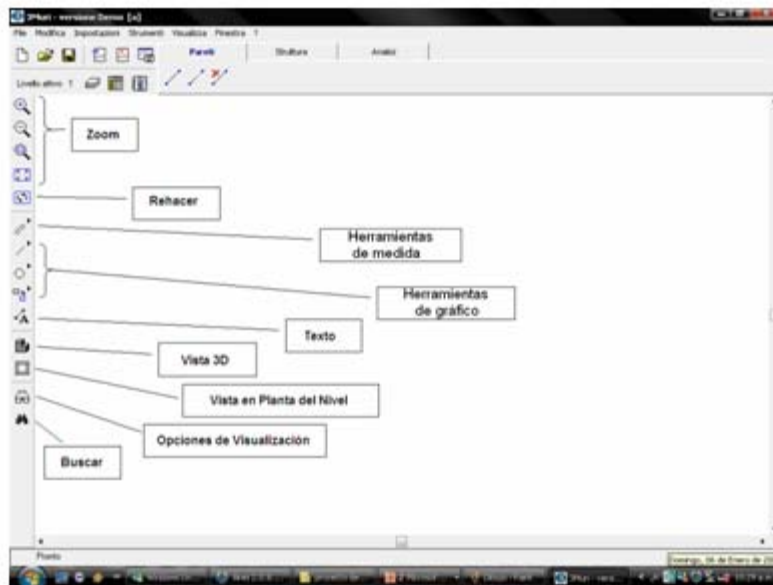
En esta ventana puede decidirse la alineación, la fuente, la dimensión de las celdas y el formato numérico que aparece en estas; es posible decidir los títulos para asignar a las columnas y además qué columnas hacer visibles en la impresión de las tablas y cuales esconder y los colores de fuente y fondo de tabla que se desee utilizar. Para mantener los cambios es necesario guardar antes de salir de la ventana. Esta opción es una herramienta de edición de dichas tablas.

Usando este botón con el ícono de imprimir, aparece la ventana que maneja la fase de impresión del plano, en ella se puede editar todas las opciones de impresión de las tablas ofrecidas en la herramienta **Plano**, tales como márgenes, área de impresión, tipo de hoja a utilizar, también ofrece la opción de insertar pies de página y encabezados en las hojas al imprimirlas entre otras opciones.

Todo esto en la ventana que se muestra a continuación:



7. COMANDOS O ÍCONOS PARA LA CREACIÓN Y MANIPULACIÓN DEL GRÁFICO DE APOYO Y VISUALIZACIÓN DEL MODELO



Esta barra de herramientas, siempre disponible en la pantalla del programa cuenta con herramientas para la creación del gráfico de apoyo (si es que este no va a ser importado en un archivo DXF) y para la visualización del modelo con comandos tales como, vistas 3D, vistas en planta y zoom, entre otros.

7.1. Zoom: Este ícono permite realizar ampliaciones o reducciones al dibujo del proyecto. El Zoom también puede manejarse a través de la rueda pequeña del ratón.

7.2. Rehacer (Ridiseña): Esta orden permite regenerar el dibujo en caso de errores de visualización o deshacer modificaciones realizadas a el mismo.

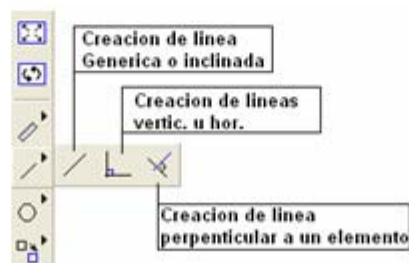
7.3. Herramientas de medida (Strumenti di misura): Estos íconos manejan la medida de los elementos del dibujo, este icono cuenta con una pestaña en la cual al dar click sobre ella se encuentran opciones para medición de cualquier línea seleccionada, medición de líneas perpendiculares a la seleccionada, líneas inclinadas indicando de punto de inicio a punto final y medición de ángulos, como vemos a continuación.




Herramientas de gráfico


Ofrece herramientas de dibujo básicas para la elaboración del gráfico de apoyo, las herramientas con las que cuenta son las siguientes:

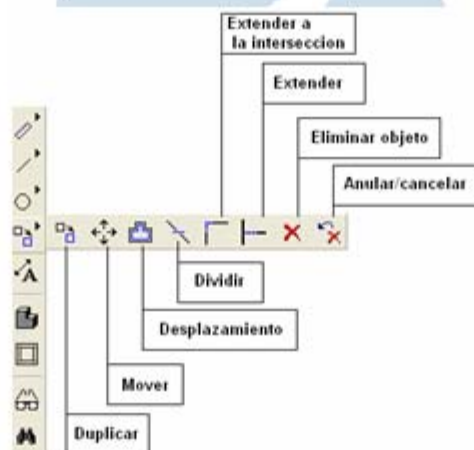
7.4. Inserción de Líneas: Este ícono es en realidad un conjunto de herramientas, pues contiene una pestaña la cual al dar clic ofrece diversos comandos que permiten realizar varias tareas como insertar líneas genéricas o inclinadas, líneas verticales u horizontales y perpendiculares a otros elementos.



7.5.  **Inserción de Círculo:** Permite insertar un círculo partiendo de tres puntos o señalando el centro e introduciendo el radio de este.



7.6.  **Modificación de Gráficos:** Esta orden permite modificar los gráficos de apoyo del dibujo de la estructura y cuenta con variadas opciones, como las que se ven a continuación:



Duplicar (Duplica): Permite copiar un elemento gráfico.

Mover (Sposta) : Permite mover algunas entidades gráficas. Las entidades por mover deben seleccionarse, estas se subrayarán en red oprimiendo el botón derecho del ratón, es necesario para que el programa aplique el vector movimiento.

Desplazamiento (Offset): Permite reproducir una línea a una cierta distancia. Después de haber seleccionado la línea se pide la distancia y las veces en que se debe realizar la duplicación.

Dividir (Dividi): Permite dividir en dos partes un objeto. Después de haber seleccionado la línea con el botón izquierdo del ratón, la división puede aplicarse en el punto deseado.

Extender a la Intersección (Tronca): Permite truncar dos líneas que se lo cortan. Las dos líneas deben seleccionarse con base en la dirección en la cual se va a realizar el corte, también sirve para extender dos líneas al punto donde se intersectan.

Extender (Estendi): Permite extender una línea hasta a otro objeto (línea, círculo, polilínea). Primero se exige seleccionar la línea para extenderse y por consiguiente el objeto a que esta debe ser extendida

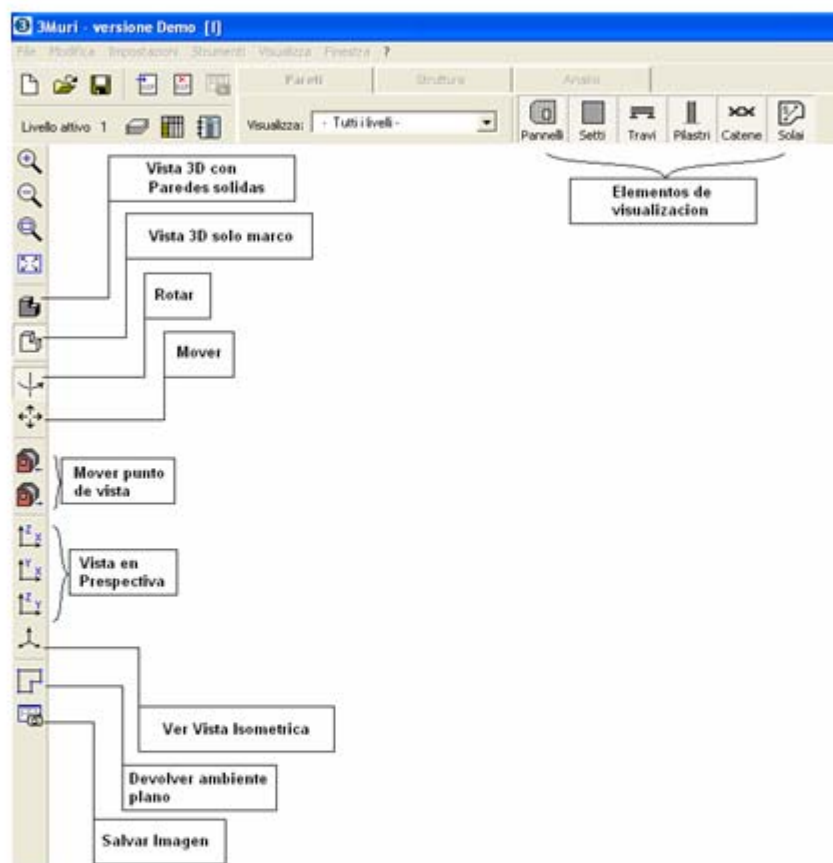
Eliminar objeto (Cancella): Permite cancelar algunas entidades gráficas. Los objetos deben seleccionarse con el botón izquierdo del ratón y subrayados en red; con el botón derecho del ratón se realiza la cancelación.

Anular cancelar (Annulla cancella): Anula el comando cancelar.

7.7. Texto (Testo) : Esta orden permite insertar en el diseño cajas de texto y las cotas de la estructura.

7.8. Vista 3D: Al dar click en esta opción, el programa ofrece al usuario una vista tridimensional del edificio modelado, al seleccionarse esta herramienta los íconos desplegados en la ventana del software cambian en gran manera, dichos íconos permiten al usuario mediante sus funciones una visualización más detallada del modelo.

A continuación se puede apreciar en el gráfico las barras desplegadas en la ventana y se indica brevemente su función, para luego explicarlas con más detalle:



Elementos de visualización: Activa y desactiva la visualización de elementos como paredes, vigas, columnas, cadenas, áticos en el modelo 3D.

Vista 3D: Permite la visualización del modelo 3D con paredes o solo el marco de la edificación modelada.

Rotar: Permite rotar la estructura con el botón derecho del ratón.

Mover: Permite mover al modelo con el botón derecho del ratón manteniendo siempre el mismo ángulo visual.

Mover punto de vista: Los dos comandos permiten alejar y acercar la vista del modelo, oprimiendo varias veces el botón izquierdo del ratón.

Vista en perspectiva: Permite visualizar el modelo definiendo el ángulo visual según los planos principales del sistema de referencia.

Ver vista isométrica: Muestra el modelo en vista isométrica.

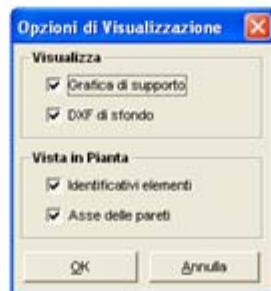
Devolver ambiente plano: Permite finalizar la vista 3d y retornar al ambiente plano del modelo.

Salvar imagen: Guarda una imagen del modelo como lo estemos visualizando en el momento, como marco o con paredes y desde el ángulo visual en que se encuentre.

En la ventana principal del programa en la barra de herramientas a la izquierda contamos con varias herramientas de visualización como:

7.9. Vista en planta del nivel: Esta orden permite visualizar de manera esquemática la planta del nivel con la representación de varios tipos de elementos estructurales definidos en el ambiente estructural y la numeración de las paredes y elementos estructurales.


7.10. Opciones de Visualización : Es una herramienta que provee al usuario la posibilidad de decidir qué visualizar, entre las opciones disponibles en la ventana que podemos ver a la izquierda.



7.11. Buscar: Individualiza los objetos a través de su número: la orden "Buscar" (trova) permite encontrar en el área gráfica una pared, un segmento de pared, un ático, una columna o un balcón una vez conocida la identificación.

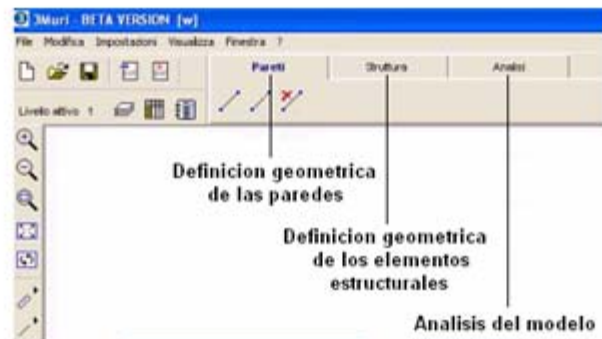


Se recuerda que los segmentos de pared son las líneas de pared asignadas por definición. En el espacio especial se debe insertar el número de identificación y no la palabra que lo precede para señalar el tipo de elemento, por ejemplo la columna (pilastro) 4.

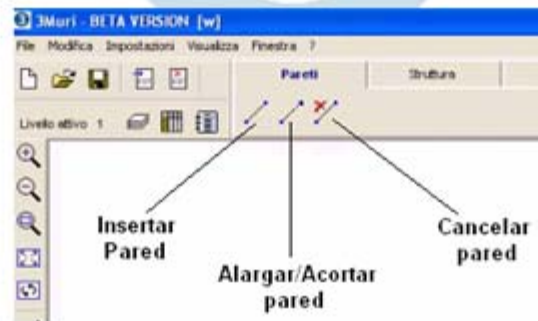
 **7.12. Crea imagen de la pantalla :** Esta orden produce un archivo de imagen (*.bmp) de la pantalla visualizada.

DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA

En la ventana principal del programa, en la parte superior podemos apreciar tres pestañas, estas sirven para definir la geometría del modelo, de paredes, elementos estructurales y el último para efectuar el análisis final de la estructura, estas pestañas se pueden apreciar en el siguiente dibujo:



8. DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA PARED



8.1. Insertar pared: Permite insertar una pared.

Se puede recordar y se especificó anteriormente, como una pared se entiende una línea continua de mampostería, las vigas, los tirantes (y otros segmentos de pared que forman con ella una sola línea).

Después de haber seleccionado el ícono, por medio del botón izquierdo del ratón insertar las paredes seleccionando nodo a nodo los extremos de la pared, es decir donde empieza y donde termina, individualizando una o más paredes; con el botón derecho del ratón o la tecla escape se sale del comando o se desactiva la actividad.

La inserción de los elementos puede hacerse de forma manual por medio del SNAP a través de la inserción de los puntos de inicio y fin por selección con el click o introduciendo las coordenadas relativas (Cartesianas o polares) de los puntos extremos de la pared.



Los nodos se definen con la letra "d", el cuadro con sus coordenadas (polares y cartesianas) aparecen activos en la caja correspondiente que se puede observar arriba, cuando se va a insertar uno de los puntos, si se desea insertar las paredes mediante las coordenadas de su punto inicial o final, debemos dar clic en la **d** de la izquierda si vamos a introducir coordenadas cartesianas y en el de la derecha si se introducirán coordenadas polares. Dando clic en alguno de estos botones (d) se activan las cajas de texto correspondientes al tipo de coordenadas seleccionada para la introducción de los valores.

Durante la fase de generación del modelo es posible ingresar directamente las coordenadas digitando con el teclado la letra **x** (para introducir la coordenada cartesiana en **x**) y luego la coordenada, lo mismo se puede hacer con **y**, **r** y **a**.

8.2. Alargar/acortar pared: Permite alargar o acortar una pared existente.

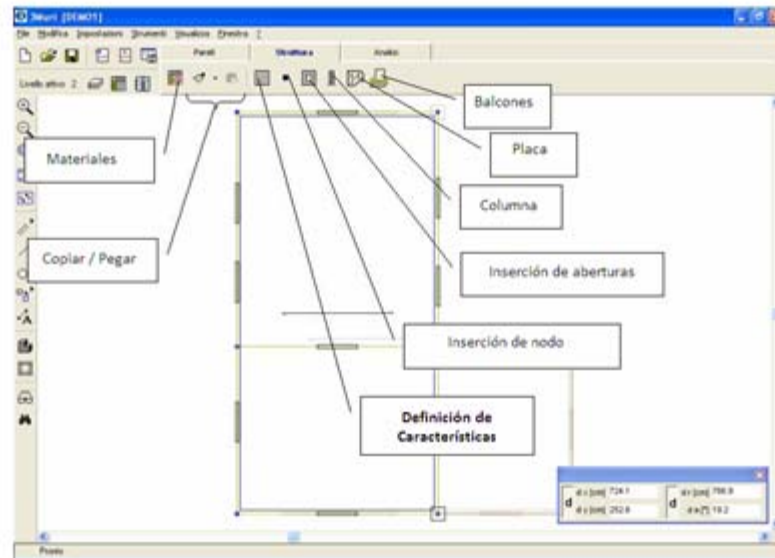
Para esto se da clic en el ícono correspondiente (el cual se indica en la gráfica anterior) y se selecciona primero la pared a extenderse o acortarse y por último la pared de referencia, o hasta la cual se quiere extender la pared o por la cual se desea recortar.

8.3. Cancelar pared: Permite cancelar una pared. Al seleccionar esta herramienta, dando clic en el ícono correspondiente, se puede eliminar o borrar una pared ya insertada simplemente dando clic sobre la línea que la representa.



9. MODELACION DE LA ESTRUCTURA

Una vez realizado o importado el gráfico de apoyo procedemos a ubicar y dar propiedades a los elementos estructurales. Esto constituye la modelación estructural, para lo cual el software ofrece varias herramientas:



En la pantalla principal del software, que se puede apreciar arriba, puede encontrarse la tabla de herramientas **Struttura**, la cual sirve para modelar y especificar los tipos de materiales de construcción a utilizar y sus propiedades; esta tabla de herramientas puede encontrarse como una pestaña en la parte superior de la ventana, configurando con la pestaña de modelación de paredes y análisis de resultados las tres funciones principales del 3muri.

Al dar clic en esta pestaña, se despliega en la pantalla del programa una barra de herramientas con una serie de íconos que tienen como fin facilitar la modelación y especificación de los materiales a usar.

A continuación tenemos las herramientas con las cuales cuenta esta opción y su función:




9.1. Materiales: Seleccionando el icono correspondiente, se accede a una ventana en la cual se encuentran las características de materiales de los cuales se componen los elementos de la estructura, entre estos materiales podemos encontrar mampostería (muratura), concreto (calcestruzzo), acero (acciaio) y madera (legno), materiales comúnmente empleados para la construcción de elementos estructurales de las edificaciones, tales como tirantes, vigas, columnas, placas y muros de mampostería, esta lista de materiales puede apreciarse en el margen izquierdo de la ventana de materiales, la cual se abre al accionar este comando:



Al dar clic en cada material, se despliega un menú con los diferentes tipos de mampostería, acero, concreto y maderas disponibles para utilizar en el modelo, por ejemplo, en la ventana que podemos ver arriba, notamos que se puede modelar con el software elementos con maderas de pino, cerezo entre otras.


Al hacer clic sobre alguno de estos materiales, se muestra al margen derecho de la ventana las propiedades del material, como su módulo de rigidez a tracción, cortante, peso específico además del color con el cual se representarán en el modelo los elementos compuestos por este material.

Es posible también modificar las características mecánicas de los materiales propuestos por el programa o crear un material nuevo ya que esta ventana cuenta con herramientas para la edición de la base de datos de materiales, herramientas que se explican a continuación:

 Crea un nuevo material dentro de la tipología seleccionada, si estamos estudiando tipos de madera y damos clic en este ícono, nos creará un nuevo tipo de madera y abrirá una ventana para que ingresemos su nombre, color representativo y propiedades mecánicas.





Parametri di Analisi	
E [N/mm2]	0
G [N/mm2]	0
w [kN/m3]	0
fwd	0

 Modifica un material ya existente. Si estamos observando las propiedades del acero Fe360 y damos clic en este ícono, nos abrirá una ventana para que editemos sus propiedades sin crear otro material nuevo.



Parametri di Analisi	
E [N/mm2]	206000
G [N/mm2]	78400
w [kNm3]	78,5
f _{yd}	235

 Elimina un material existente que estemos observando.

 Duplica un material para luego poder editarlo.

Manejando el programa es posible ver que sólo está disponible en la lista un tipo de mampostería, es por esto, que si deseamos crear más tipos en la ventana de creación tenemos disponible un ícono especial que nos enlaza con una página web en la cual encontramos diferentes tipos de ladrillo y sus propiedades según la OPCM 3274.



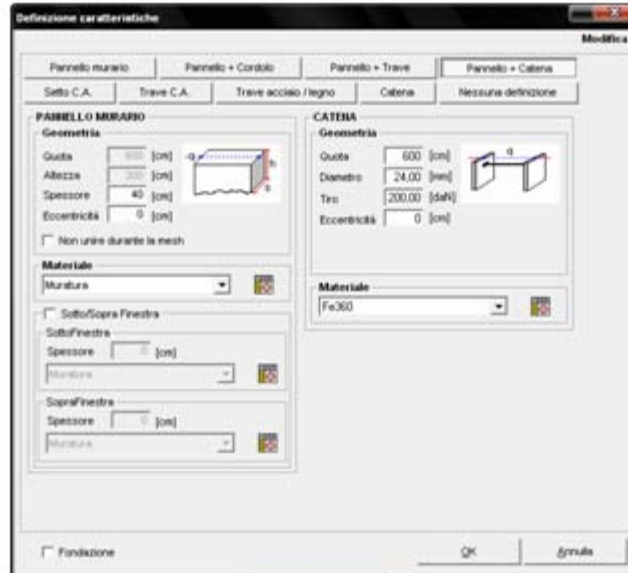
 **9.2. Definición de las Características:** sirve para definir la configuración y tipo de composición de las paredes. Activado el botón, el cursor cambia de forma, permite seleccionar uno o más objetos para definir sus características estructurales. Una vez seleccionados los elementos a modificar, con el botón derecho del ratón se accede a una ventana en la cual se pueden escoger los elementos estructurales a los cuales se desea asignar las características.

Esta ventana posee pestañas independientes, que al accionar dando clic cambian la apariencia de la ventana con el fin de insertar las propiedades y características de todos los elementos estructurales de la edificación por separado que pueden insertarse, en estas hay una sesión dedicada a la inserción de la geometría y una dedicada a la inserción del material.

La inserción del material prevé la posibilidad de renombrar los materiales involucrados en la definición del elemento estructural; por ejemplo para una viga en concreto armado será necesario insertar las características del concreto y el acero.

La sesión geometría es diferente según el tipo de elemento y su descripción en detalle se muestra a continuación.

La ventana que ofrece este comando puede apreciarse abajo, en ella como se dijo anteriormente se realiza la definición de elementos simples de la estructura, como se indica en el mismo gráfico:



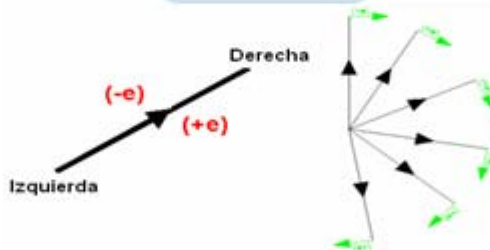
En la siguiente ampliación vemos los elementos que se pueden definir en esta ventana:



9.2.1. Elementos simples

9.2.1.1. Panel del Muro: En esta pestaña se pueden modificar los siguientes ítems.

- Cota (Quota): Cota máxima del panel de muro.
- Altura (Altezza): Altura del panel de muro, calculada partir del punto de cota máxima en dirección hacia la base.
- Espesor (Spessore): Localiza el espesor de la mampostería.
- Excentricidad (Eccentricità): Localiza la excentricidad del panel respecto a la pared (introducida en el ambiente pared). La excentricidad debe insertarse con signo de la siguiente forma: Cruzando la pared a partir de su vértice de izquierda a derecha, la excentricidad positiva está a la derecha la pared (ver las figuras siguientes).



No unir durante la MESH (Non unire durante la MESH): Cuando hay elementos estructurales con las mismas propiedades mecánicas y geométricas asociados a la misma pared, el generador de mesh procede de manera automática a unir los elementos para crear un único. Si esto no es conveniente para la MESH del edificio en estudio, para tener elementos diferentes se puede activar esta casilla asociada a tal orden.

➤ Bajo/Sobre ventana (sotto/sopra finestra): Permite asignar el material y el espesor sobre y bajo la ventana, indicando que estas porciones de muro están compuestas de un material diferente del resto de los muros de mampostería.

9.2.1.2. Viga en Concreto Armado: Los siguientes son los parámetros de los cuales la ventana dispone para definir las vigas en concreto armado dispuestas en la edificación.

➤ Cota I/Cota J : Localiza las cotas de los extremos de la viga para permitir la inserción de vigas inclinadas (introduciendo las dos cotas idénticas se define una viga horizontal). En esta versión del programa pueden introducirse solo vigas horizontales (Cuota I = Cuota J).

➤ Otras características Geométricas de la sección : Base b, altura h, área, momento de inercia J.

➤ Excentricidad (Eccentricità): Definida con la misma lógica empleada para el panel del edificio, el cual se explicó anteriormente.

➤ Refuerzo longitudinal (Barre longitudinali): Se pueden insertar el área de la totalidad de las barras de refuerzo longitudinal tanto arriba como abajo y el número de barras de refuerzo, se señalan con base en la posición (superior o inferior de la sección), en la opción *copriferro* se puede insertar el espacio de recubrimiento que se pretende dejar a los aceros. En la misma área destinada al refuerzo longitudinal se pueden apreciar tres opciones, con las cuales simplemente dando clic en ellas, se puede modelar la adherencia entre las barras de acero y el concreto como adherencia mejorada (aderenza migliorata) o lisa (lisce) e indicar el anclaje de las barras como poco satisfactorio (ancoraggio insodisfacente)

- Estribos (Staffe): Se indican las características del refuerzo transversal de la viga, tales como el paso o distancia entre los estribos en la parte central de la viga (passo medio) o en sus extremos (passo estremita), diámetro de las varillas de acero de los mismos (diámetro) y el número de estribos con que cuenta la viga (N. braccia).
- Detalles de tipo antisísmico (dettagli di tipo antisismico) : Identifica el empleo de técnicas constructivas calificadas para garantizar el buen funcionamiento del elemento desde el punto de vista antisísmico (selección de buenas disposiciones del acero longitudinal y de los estribos).

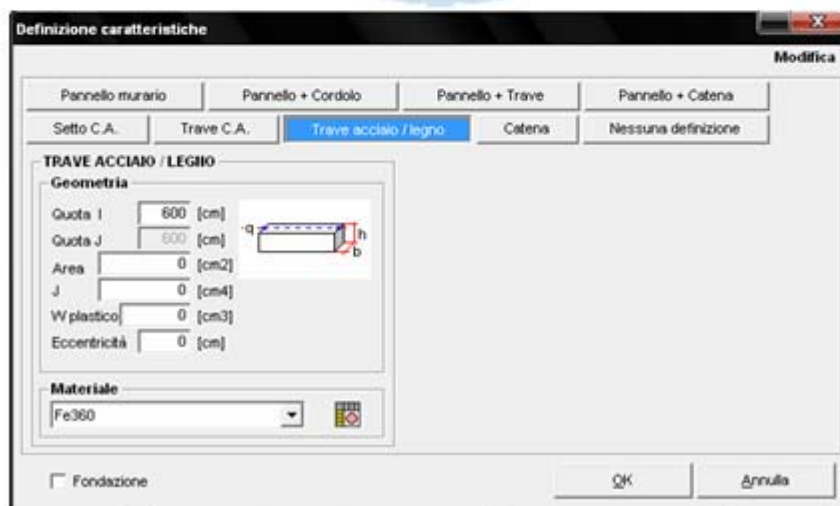


Se encuentra también disponible el ícono de materiales, esto con el fin de indicar el material del que se compone el elemento (tipo de concreto y acero) y sus características, con la posibilidad de insertar un tipo de material completamente nuevo o editar los propuestos. El funcionamiento detallado de esta opción se explicó previamente.

9.2.1.3. Viga en Acero/Madera :

- Cota I/ Cota J: Individualiza las cotas de los dos extremos de la viga para permitir la inserción de vigas inclinadas. En esta versión del programa pueden insertarse solo vigas horizontales (Cota I = Cota J).
- Otras características geométricas de la sección: Es posible insertar el área transversal de la viga, Momento de Inercia J y Módulo de resistencia plástica W.
- Excentricidad: Definido con la misma lógica empleada para el panel del edificio.

Se encuentra también disponible el ícono de materiales, esto con el fin de indicar el material del que se compone el elemento (tipo de madera o acero) y sus características, con la posibilidad de insertar un tipo de material completamente nuevo o editar los propuestos. El funcionamiento detallado de esta opción se explicó previamente.



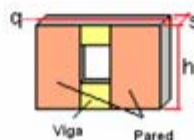
9.2.1.4. Sector del muro en Concreto Armado:

Este tipo de muro corresponde a un muro totalmente en concreto armado. Una primera parte de la inserción de los **setto en concreto armado** involucra la definición de datos generales:


- Cota (cuota): La cota máxima del setto
- Altura (Altezza): La altura del setto, calculada a partir del punto de cota máxima hasta la base.
- Espesor: Dispone el espesor del setto.
- Excentricidad: La excentricidad del eje del setto respecto al eje de la pared, localiza con la misma lógica descrita para el panel del edificio.

Esta sección tiene también opciones para especificar la adherencia entre las barras de acero de refuerzo y el concreto, disponiendo de opciones para definir la adherencia como mejorada (aderenza migliorata) o lisa (lisce). Se dispone también de la opción para establecer detalles de tipo antisísmico (dettagli di tipo antisismico), con la cual se implementan técnicas constructivas calificadas para garantizar el buen funcionamiento del elemento desde el punto de vista antisísmico. Se puede definir también el anclaje como poco satisfactorio solo dando clic en la opción ancoraggio insoddisfacente.

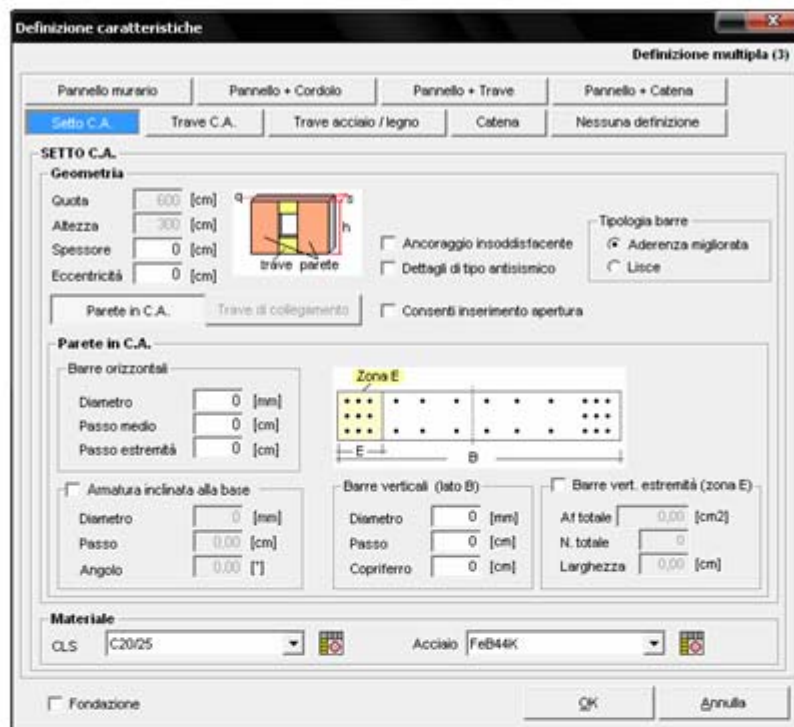
Hay que tener en cuenta que los settis se insertan a través de dos diferentes tipos de elementos:



Es por esto que en esta ventana hay un espacio disponible para la definición de las características de la armadura de la pared en concreto armado (parete in C.A.) y otra para la viga de contención (trave di collegamento), a continuación definiremos las características de la pared en concreto armado, por lo cual damos clic en el icono **parete in C.A** para habilitar las opciones de definición, estas son:

- Definición del refuerzo horizontal (Barre orizzontali): en este espacio se define el diámetros de las barras y el espaciamiento entre ellas en la zona central (passo medio) de la pared y en sus extremos (passo estremita).
- Barre vert. Estremità (Zona E): La ventana ofrece también la posibilidad de definir una diferente armadura vertical en las líneas extremas de la pared, lo cual el software denomina Zona E.
- Armadura Inclinata alla Base: se ofrece la posibilidad de definir una armadura vertical inclinada, para esto hay que habilitar esta opción y se debe definir el diámetro de la barra de acero a utilizar, la distancia entre ellas y su ángulo de inclinación respecto a la base.
- Barre Verticali (lato B): En esta zona se define la armadura de acero vertical a ubicar en toda la pared (a menos que se defina una armadura distinta para la zona E), para esto se debe definir una vez más el diámetro de la barra a utilizar, la distancia entre ella y el recubrimiento que se desea dejar.
-  Por último y abajo en la ventana vemos los íconos de definición de los materiales a utilizar y sus propiedades. Con él podemos determinar el tipo de concreto y acero a utilizar en la pared y modificar sus propiedades si se requiere.

Todo esto se puede apreciar en la imagen siguiente.



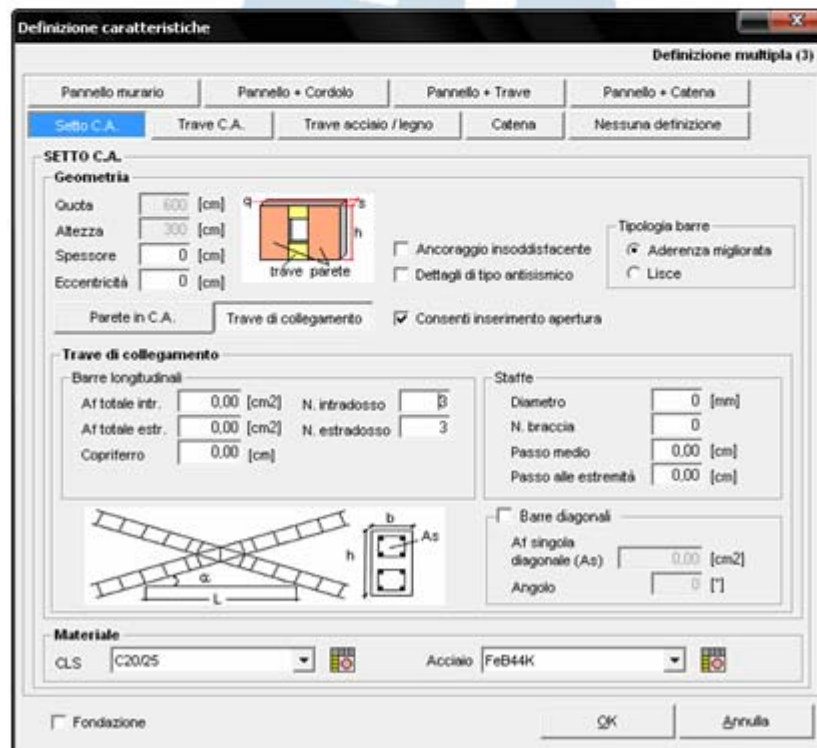
Ahora se procede a definir las vigas de contención dando clic en **trave di collegamento**, para que se pueda visualizar el menú, en este se puede definir las siguientes características:

Área de la barra de acero a usar en la zona a compresión o arriba, área de la barra de acero a usar en la zona a tensión o abajo y el recubrimiento a tener en cuenta (Copriferro)

Se permite de igual forma definir una armadura de refuerzo inclinado, para lo cual se debe definir el área de las barras a utilizar y el ángulo de inclinación de la armadura respecto a la base.

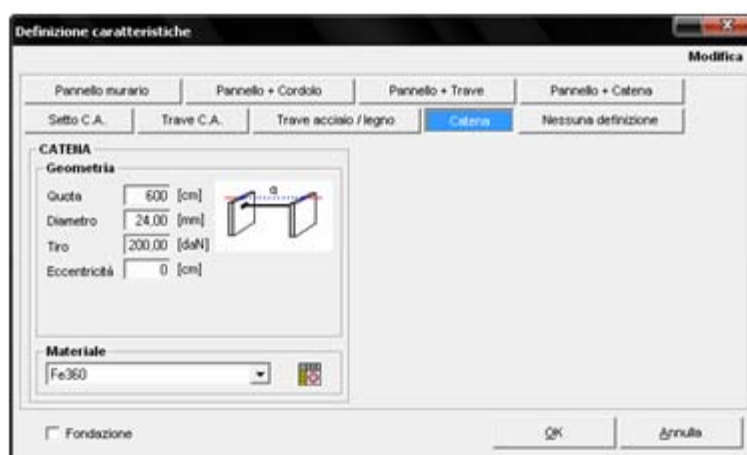
En la sección denominada Staffe debe definirse las características del refuerzo transversal de la viga o estribos. Para esto se pide que se defina el diámetro de barra a utilizar para la elaboración de estos y el número de ramas del que consta (N. Braccia), así como la distancia entre ellos en la sección media de la viga y en los extremos (Passo medio y passo alla estremità respectivamente).

Una vez más en la parte inferior de la ventana podemos apreciar los iconos de definición de los materiales, con ellos podemos escoger el tipo de acero y concreto a utilizar así como crear nuevos tipos o editar los existentes de ser necesario.



9.2.1.5. Cadena:

La inserción de una cadena no conectada con el panel del edificio, sólo es funcional si se inserta en una parte de una pared (dividida mediante la inserción de nodos) a manera de poseer otros elementos estructurales en el mismo alineamiento en capacidad de absorber las acciones proporcionadas por la cadena.



Para definir la cadena hay que indicar en la ventana de **definición de características** de la estructura en la pestaña **catena**, las siguientes propiedades:

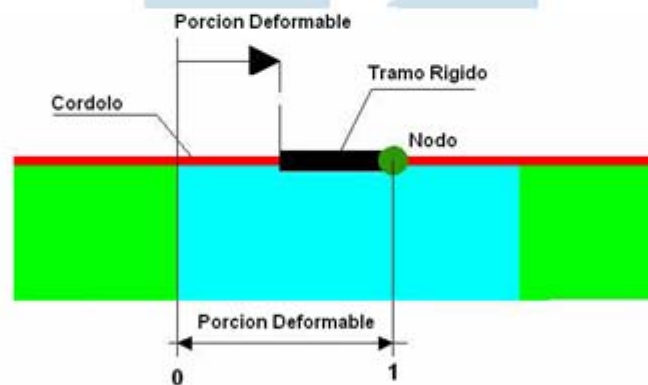
- *Cota*: Cota en que se ubica la cadena (el tirante) medida desde la base de la edificación.
- *Diámetro*: Diámetro de la barra de acero que constituye la cadena.
- *Tiro*: Textura de la cadena.
- *Excentricidad*: Definida con la misma lógica empleada para el panel del edificio.

9.2.2. Elementos compuestos

9.2.2.1. Panel+cordolo:

Resulta de la unión de un panel del edificio (muro) con una viga en concreto, asociados a la misma pared (panel y viga pertenecen al mismo plano vertical). La definición del panel y de la viga es la misma que la utilizada para los elementos simples correspondientes (panelo murario y trave C.A, ver en elementos simples).

Se requiere la inserción de la parte deformable de la viga para valores entre 0 y 1, y que representa la longitud de la línea deformable de la viga.



Para esto en la sección de definición de la viga, en comparación con la pestaña de definición singular de la misma, existe para el elemento compuesto una pestaña adicional donde se debe seleccionar el valor de proporción de la parte deformable, este puede apreciarse en la imagen siguiente:

Definizione caratteristiche Modifica

Pannello murario
 Pannello + Cordolo
 Pannello + Trave
 Pannello + Catena

Setto C.A.
 Trave C.A.
 Trave acciaio / legno
 Catena
 Nessuna definizione

PANNELLO MURARIO

Geometria

Quota [cm]

Altezza [cm]

Spessore [cm]

Eccentricità [cm]

Non unire durante la mesh

Materiale

Muratura

Sotto/Sopra Finestra

Sotto Finestra

Spessore [cm]

Muratura

Sopra Finestra

Spessore [cm]

Muratura

Fondazione

TRAVE C.A.

Geometria

Quota I [cm]

Quota J [cm]

b [cm]

h [cm]

Area [cm²]

J [cm⁴]

Eccentricità [cm]

Porzione deformabile

Barre longitudinali

Af totale intr. [cm²] N. intradosso

Af totale estr. [cm²] N. estradosso

Copriferro [cm] Aderenza migliorata

Ancoraggio insoddisfacente Lisce

Stefie

Diametro [mm] Passo medio [cm]

N. braccia Passo estremità [cm]

Dettagli di tipo antisismico

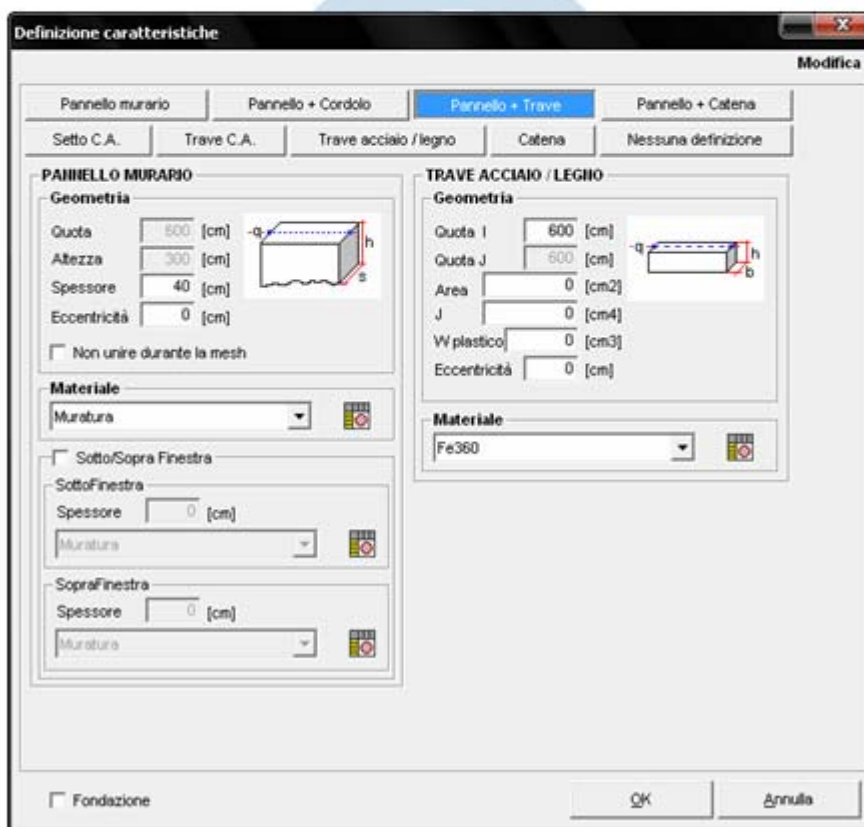
Materiale

CLS

Acciaio

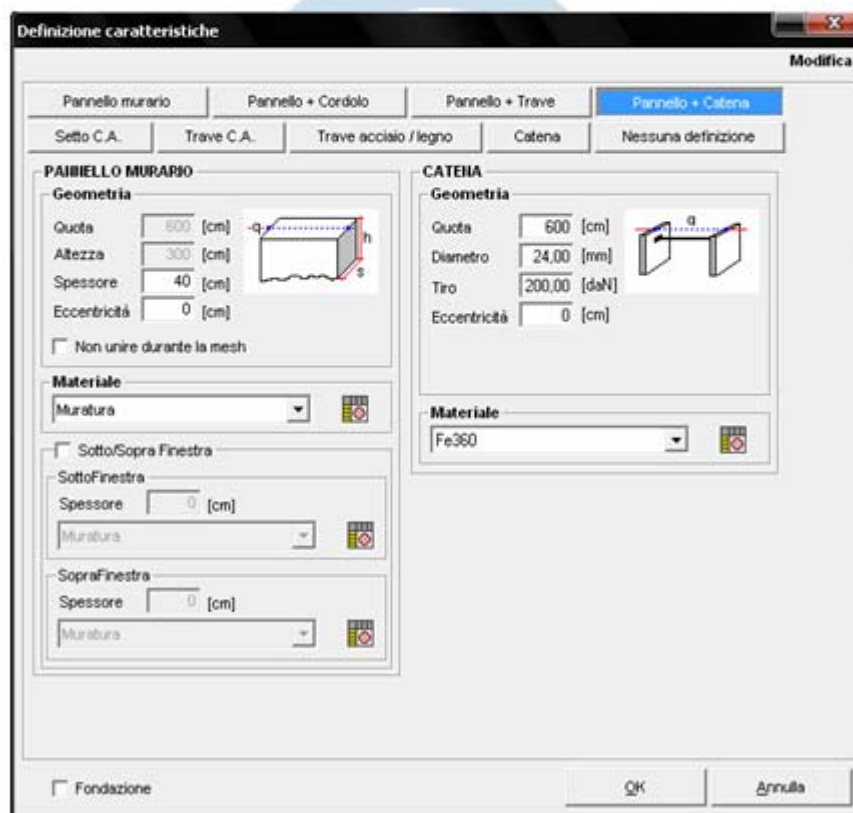
9.2.2.2. Panel y Viga :

Resulta de la unión de un panel del edificio con una viga en acero o madera. Los parámetros necesarios para la inserción de cada uno de éstos, son los mismos que los elementos simples correspondientes (Panello murario y Trave acciaio/legno), para comprender bien los parámetros a definir se puede remitir a la definición de cada uno de estos dos elementos simples, lo cuales fueron explicados anteriormente. En la página siguiente podemos apreciar la ventana de definición de características que ofrece la pestaña de este elemento compuesto:



9.2.2.3. Panel y Cadena:

Resulta de la unión de un panel del edificio con una cadena. Los parámetros necesarios para la inserción de cada uno de éstos, son los mismos que para los elementos simples correspondientes (Panello murario y Caneta). Para comprender bien los parámetros a definir se puede remitir a la definición de cada uno de estos dos elementos simples, lo cuales fueron explicados posteriormente. En la siguiente pagina podemos apreciar la ventana que se ofrece para la definición de las características de este tipo de elemento compuesto:




58

Los elementos compuestos, resultan muy útiles para fortalecer el panel del edificio con elementos como cordoli o vigas de concreto armado, vigas en acero o madera y cadenas (tirantes).

Si se desea emplear un elemento estructural compuesto en vez de uno simple, la ventana de definición será dividida en dos partes, para permitir la inserción de las características mecánicas de ambos objetos estructurales por separado como si fuesen simples. Escogida el tipo de elemento estructural a utilizar, es posible editar las características geométricas del elemento y acceder a la biblioteca de materiales.

En el extremo inferior izquierdo de la ventana de definición de las características, existe la posibilidad de activar una casilla identificada con el nombre de "**Fondazione**" para que el usuario pueda en la fase de inserción, decidir si cada panel en su parte baja va directamente a la fundación y así definir la unión. Este elemento aparece activo y no es evitable cuando el primer nivel se inserta desde los nudos de la base, son seguramente de fundación; en los niveles siguientes aparece desactivado pero evitable. La opción que un panel vaya directamente a la fundación, significa unir todos los grados de libertad del nodo a la base (tanto los de traslación como los de rotación). Condiciones de unión diferentes pueden ser insertadas sólo durante la fase de edición de la *Mesh* en el ambiente Análisis, mientras se visualiza el prospecto de una pared con la *Mesh*.

De vuelta a la definición de las herramientas en la barra **struttura**, tenemos:

 **9.3. Inserción del nodo:** Permite insertar un nodo en un elemento a través del botón izquierdo del ratón.

Esta función puede servir para asignar materiales diferentes a una única pared o para insertar un nodo a la intersección de varias paredes.

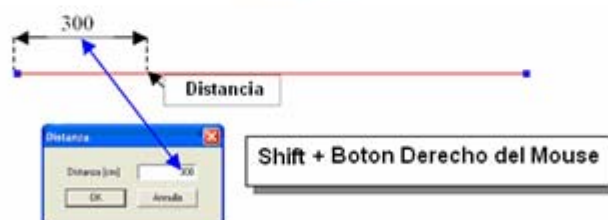
Por ejemplo, si se desea definir una pared única con diferentes tipos de mampostería o con mampostería de diferente espesor, es necesario definir algunos nodos en los puntos en que varía el espesor o el material.

Todos los nodos de Tipo 2 (puede verse la clasificación de los nodos posteriormente en este manual) siempre son nodos de elemento, pueden ser por tanto siempre usados como vértices para definir un ático (solaio).

Los nodos Tipo 3 no son nodos de elemento en el ambiente estructural, por tanto no podrán ser usados para la inserción de un ático (solaio) a menos que se inserte el nodo de elemento con el comando especial (para mayores detalles en los nodos, en el ambiente pared/estructura se ve la descripción de los ambientes).

La inserción de un nodo puede ocurrir mediante el uso del snap o a través de la inserción de la distancia del nodo a los nodos de los extremos.

Para insertar un nodo de elemento a "distancia", es necesario posicionar el ratón en una pared (resaltándola en rojo) y decidir de qué nodo calcular la distancia que se va a insertar, posicionándose lo más cerca al nodo en cuestión (manteniendo presionado el botón derecho se arrastra el ratón, aparece el comando distancia que permite insertar la distancia al nodo de referencia).

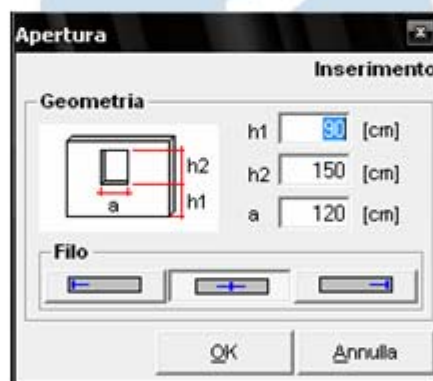


Para insertar un nodo de elemento a "distancia", es necesario posicionar el ratón en una pared (resaltándola en rojo) y decidir de qué nodo calcular la distancia que se va a insertar, posicionándose lo más cerca al nodo en cuestión (manteniendo presionado el botón derecho se arrastra el ratón, aparece el comando distancia que permite insertar la distancia al nodo de referencia).




9.4. Inserción de Abertura: Permite insertar una abertura en un panel o muro.

Al dar clic en este icono, sobre la barra de herramientas de estructura, aparece una ventana en la cual es posible modificarse las características geométricas del orificio, tales como el ancho (a) y alto del orificio (h2), bien sea ventana o puerta, y la altura a la cual inicia desde el nivel mas bajo del muro (h1) (si lo que deseamos crear es una puerta hay que entender que entonces h1 es 0); una vez definidas las dimensiones y altura de la ventana o puerta, se da clic en la opción OK y se procede a la inserción de las aberturas en la posición deseada simplemente dando clic con el botón izquierdo del mouse en el sitio sobre la pared en que se desea la abertura, al terminar de insertarlas, el botón derecho del ratón permite salir.

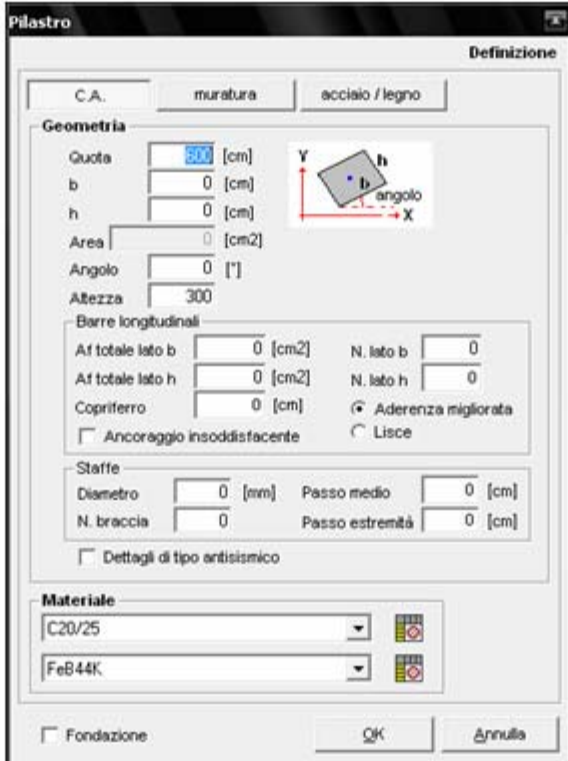


Durante la fase de inserción de las aberturas, la ventana permanece activa permitiendo cambiar las dimensiones de la abertura sin necesidad de cerrar el comando de inserción.

La inserción de una abertura puede ocurrir a través del uso de los snap o con la inserción de la distancia con la misma modalidad empleada para el nodo de elemento.

 **9.5. Columna:** Permite insertar una columna en correspondencia de uno o más nodos.

Luego de dar clic en esta herramienta, lo primero que se requiere es seleccionar el nodo o los nodos en que se desea posicionar las columnas, luego con el botón derecho del ratón se accede a una ventana en la cual se pueden definir las características geométricas y los materiales del elemento.



Las columnas insertadas puede ser de tres tipos diferentes: Concreto Armado, Mampostería o Acero/Madera, por lo cual vemos en extremo superior de la ventana tres pestañas: Muratura, C.A. y Acciaio/Legno.

Según el tipo de columna seleccionado es necesario insertar las características mecánicas necesarias para realizar el cálculo no lineal del elemento. En las **columnas en concreto armado** se debe definir:

Geometría

Quota: Cota a la cual llega la columna.

- b: Base de la sección de la columna.
- h: Altura de la sección de la columna.
- Área: Sección transversal del elemento, es calculado automáticamente por el programa.
- Angulo: Ángulo de inclinación de la sección respecto al eje x en grados.
- Altezza: Altura de la columna.

Refuerzo Longitudinal

Af totale lato b: Área de las barras de acero a ubicar en la base de la sección.

- Af totale lato h: Área de las barras de acero a ubicar en la altura de la sección.
- N. lato b: Número de barras en la base de la sección.
- N. lato h: Número de barras en la altura de la sección.
- Copriferro: Recubrimiento que se desea estipular para las barras de acero.
- Ancoraggio insoddisfacente: Activando esta opción, se analizará el elemento teniendo en cuenta que el anclaje de las barras de acero que lo conforman no es satisfactoria.
- Aderenza migliorata. Haciendo clic para activar esta opción se asume que se usaron aditivos o algún mecanismo para mejorar la adherencia en la interfase acero/concreto.
- Lisce: Activando esta opción se indica el uso de barras de acero de refuerzo lisas para que el programa tenga en cuenta en la fase de análisis los efectos en la adherencia y el anclaje del refuerzo.

Estribos (Staffe)

Diámetro: Diámetro de las barras de acero a utilizar para elaborar los estribos.

- Paso medio: Distancia entre estribos en la sección media de la columna.
- Paso estremita: Distancia entre los estribos en los extremos o zona confinada de las columnas.
- N. braccia: Número de ramas que conforman el estribo.

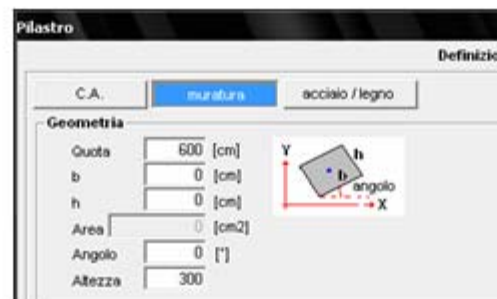
Finalmente vemos la opción Dettagli di tipo antisismico, dando clic a esta opción indicamos al programa que este elemento debe ser diseñado para soportar cargas de sismo.

Para **columnas en mampostería**, debemos definir:

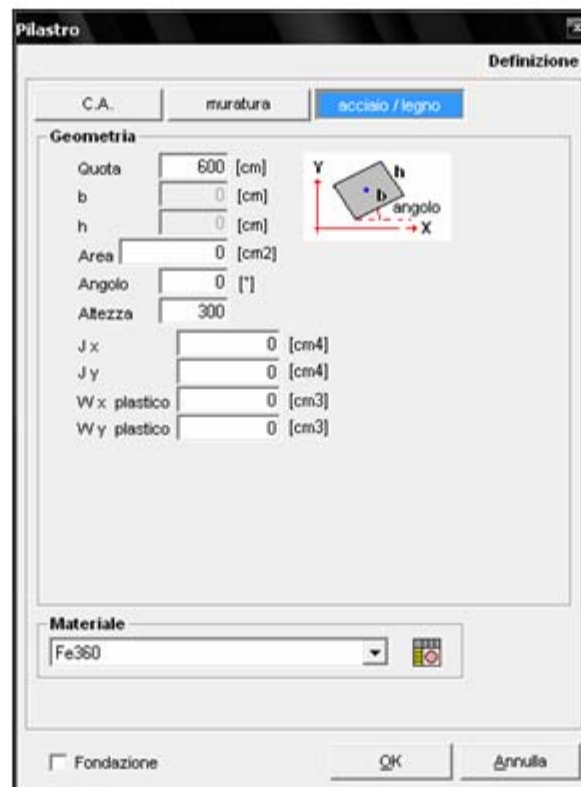
Geometría

- Quota: Cota a la cual llega la columna.
- b: Base de la sección de la columna.
- h: Altura de la sección de la columna.
- Área: Sección transversal del elemento, es calculado automáticamente por el programa.
- Angolo: Ángulo de inclinación de la sección respecto al eje x en grados.
- Altezza: Altura de la columna.

La ventana en la cual se deben definir estas propiedades del elemento puede ser apreciada a continuación:



Y por último para columnas elaboradas en acero o madera, el programa al dar clic en la pestaña nos presenta la siguiente ventana en la cual debemos definir ciertas características del elemento:



En esta ventana debemos definir propiedades tales como:

Geometria

- Quota: Cota a la cual llega la columna.
- b: Base de la sección de la columna.
- h: Altura de la sección de la columna.
- Área: Sección transversal del elemento, es calculado automáticamente por el programa.

- Angulo: Ángulo de inclinación de la sección respecto al eje x en grados.
- Alteza: Altura de la columna.
- Jx: Momento de inercia de la sección respecto al eje x.
- Jy: Momento de inercia de la sección respecto al eje y.
- Wx plástico: Inercia de la sección respecto al eje x.
- Wy plástico: Inercia de la sección respecto al eje y.

Además de las propiedades previamente explicadas que deben definirse para las columnas a insertar, en el extremo inferior de la ventana para cualquier tipo de columna, podemos apreciar el ícono de materiales, con el cual como se dijo previamente, sirve para definir el tipo de madera, acero, mampostería o concreto (según sea la columna) a utilizar y modificar sus propiedades o insertar un tipo de material nuevo si es necesario.

También abajo podemos ver la opción **Foundation**, que como se dijo antes impone la unión de fundación a la base de la columna.

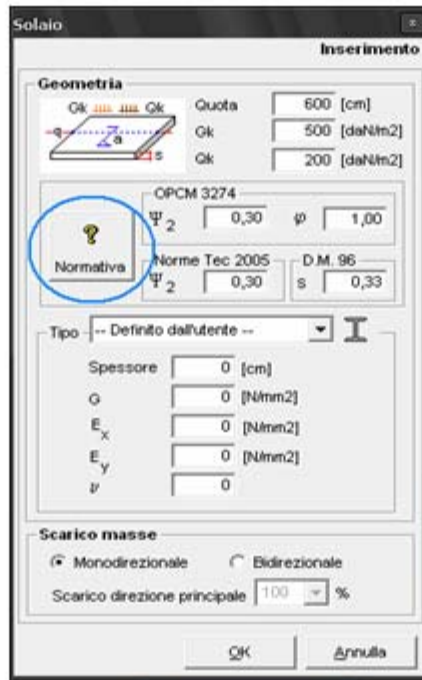


9.6. Placa (solaio): Permite insertar una placa y editar sus características:

Aparece una ventana en la cual es posible modificar las características mecánicas y geométricas de los materiales (el módulo de elasticidad puede ser insertado con valores diferentes en las dos direcciones para asumir en estudio el comportamiento isótropo).

Las acciones de carga de la placa (solaio), son insertadas como constantes (**Gk**) y variables (**Qk**), combinables según los coeficientes prescritos por la norma; si el usuario desea, es posible utilizar el botón "Normativa" para tener mayores indicaciones relativas a la opción de tales coeficientes de combinación.

A continuación se ve más detalladamente los factores a definir:



Geometría:

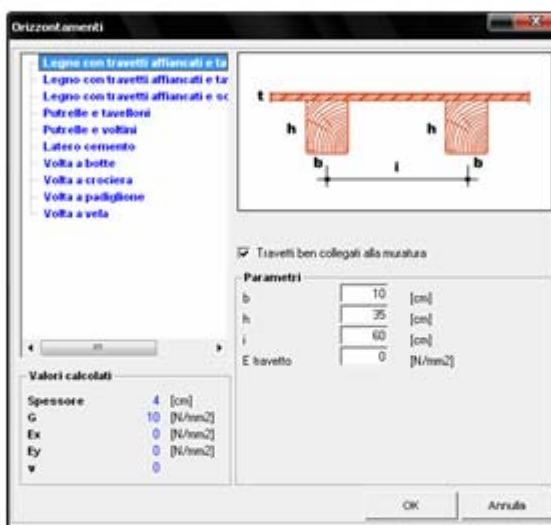
Quota: Cota a la cual se encuentra la placa, teniendo en cuenta que la base del muro del primer piso tiende a tomarse como cota 0,00m.

Gk: Acción de carga de la placa (solaio) constante.

Qk: Acción de carga de la placa (solaio) variable.

ψ_2 , ϕ y s : Coeficientes de combinación, función del uso de la edificación, si no se conoce el valor de cada uno, en la ventana se cuenta con el ícono "normativa", dando clic en el software nos remite a los artículos de la norma que explican qué valor tomar para cada uno, según el uso de destinado de la estructura, este ícono se puede ver encerrado en un círculo en la imagen de la ventana expuesta arriba.

•Tipo: El software ofrece una lista de viguetas de diversas dimensiones y materiales, seleccionando uno de estos el programa establece automáticamente las propiedades de esta. Para seleccionar una vigueta predeterminada se debe dar clic en la flecha y se despliega la lista, entre las cuales se encuentran viguetas de concreto, acero y madera. Dando clic en cualquiera de ellos aparece otra ventana:



Permite definir las características mecánicas de varios tipos de placas entre las más comunes; el programa toma en estudio lo siguiente:

9.6.1. Madera con vigas a lado y lado y entablado simple (Legno con travetti affiancati e travolato semplice).

Para este tipo de placa hay que definir los siguientes parámetros:

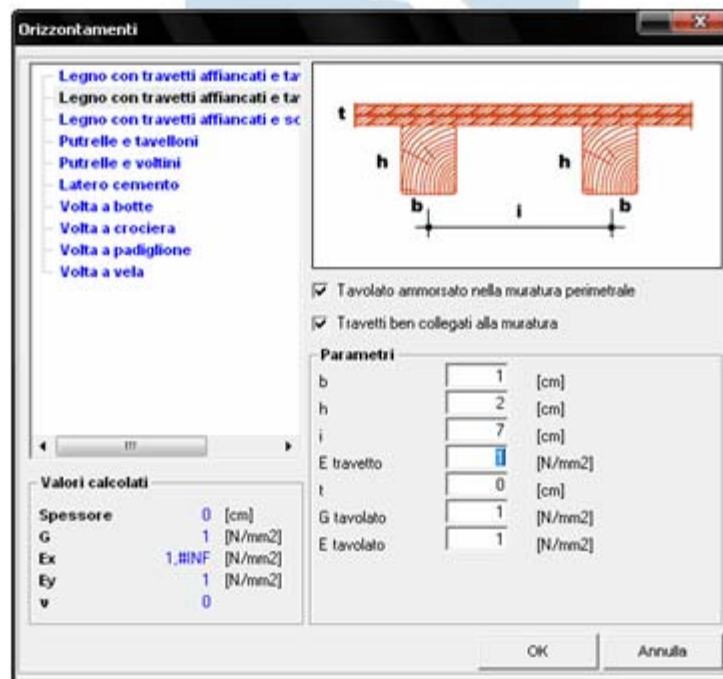
- b: Ancho del alma de la vigueta
- i: Distancia entre ejes de viguetas
- h: Altura del alma de la vigueta
- Etravetto: Módulo de elasticidad del alma

Valori Calcolate: en el margen inferior izquierdo, se aprecia un recuadro con esta leyenda, en este espacio se encuentra los siguientes parámetros:

- Spessore (t): ancho de la placa superior
- G: Módulo de cizalla, elasticidad perpendicular a la fibra o cortante de la madera
- Ex y Ey: módulo de elasticidad de la madera
- V: Módulo de poisson de la madera

Estos valores son calculados por el software automáticamente o son predeterminados por el mismo, por lo cual no hay que insertarlos.

9.6.2. Madera con vigas a lado y lado y entablado doble (Legno con travetti affiancati e travolato doppio).



Este tipo de placa es muy similar al tipo anterior, sólo que esta cuenta con doble placa superior en madera, abajo del esquema que presenta la ventana se pueden apreciar dos opciones:

Placa ensamblada en la mampostería perimetral
(Tavolato ammorsato nella muratura perimetrale)

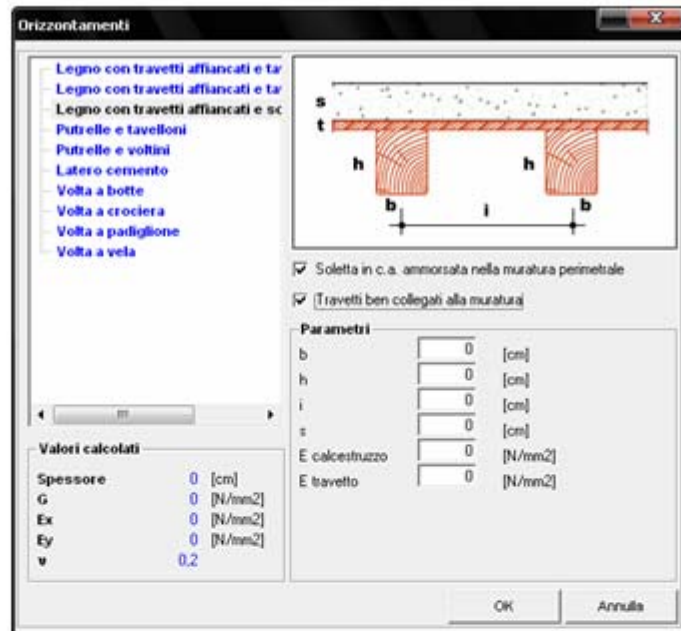
Vigas bien ensambladas a la mampostería
(Travetti ben collegati alla muratura)

Para cada uno de los tipos de placa (solaio) enlistado, el usuario puede decidir sobre cuáles de los componentes estructurales resultan ensamblados en la mampostería, garantizar el ensamble equivale a garantizar una mayor contribución a la resistencia del sistema global. Sin embargo al aceptar cada una de estas condiciones hay la necesidad de definir mas parámetros, estos son:

- b: Ancho del alma de la vigueta.
- h: Altura del alma de la vigueta.
- i: Distancia entre ejes de viguetas.
- E travetto: Módulo de estabilidad de la vigueta.
- t: Espesor de la placa superior.
- G tavolo: Módulo de cizalla, elasticidad perpendicular a la fibra o cortante de la madera de la placa superior.
- E tavolo: Módulo de elasticidad de la madera de la placa superior.

9.6.3. Madera con vigas afianzado en placa de concreto armado (Legno con travetti affiancati e tavolo doppio).

Placa en madera, compuesta de viguetas en madera y placa superior mixta en madera y placa de concreto armado. En la siguiente página podemos ver una imagen de la ventana presentada para la definición de este tipo de placa.



En esta ventana, abajo del esquema que presenta la ventana se pueden apreciar dos opciones:

Placa superior en concreto armado ensamblada en la mampostería
perimetral
(soletta in c.a. nella muratura perimetrale)

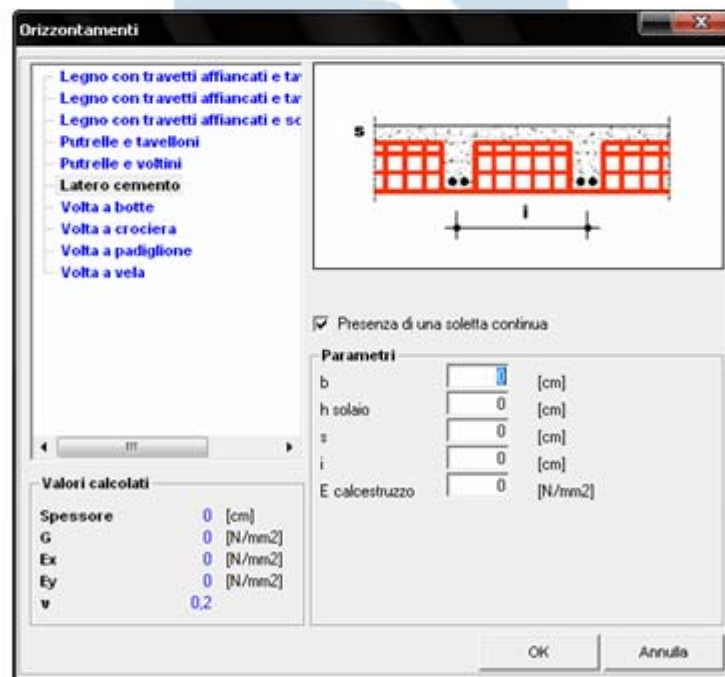
Vigas bien ensambladas a la mampostería
(Travetti ben collegati alla muratura)

El usuario, por medio de estas opciones, puede decidir sobre cuáles de los componentes estructurales resultan ensamblados en la mampostería. Garantizar el ensamble equivale a garantizar una mayor contribución a la resistencia del sistema global. Sin embargo al aceptar cada una de estas condiciones hay la necesidad de definir mas parámetros, estos son:

- b: Ancho del alma de la vigueta.
- h: Altura del alma de la vigueta.
- i: Distancia entre ejes de viguetas.
- s: Espesor de la placa superior de concreto.
- E calcestruzzo: Módulo de estabilidad del concreto.
- E travetto: Módulo de elasticidad de la vigueta de madera.

9.6.4. Tablero de concreto (latero cemento).

Placa común de concreto, compuesta de viguetas y placa superior todo reforzado con acero, lo cual la configura como una placa aligerada. Es el tipo de placa más comúnmente usado. En la sección superior derecha de la ventana, vemos la opción "presenza di una soletta continua", se hace clic en esta opción si se desea trabajar con una placa superior de espesor continuo, como generalmente este es el caso, se selecciona.



Para definir este tipo de placa, se debe especificar ciertas propiedades de la sección y los materiales a utilizar, tales como:

- b: Ancho del alma de la vigueta.
- h solaio: Altura de la placa aligerada.
- s: Espesor de la placa superior.
- i: Distancia entre ejes de viguetas.
- E calcestruzzo: Módulo de elasticidad del concreto a utilizar en la placa.

9.6.5. Viga en acero y travesaños (Putrelle e tavelloni).

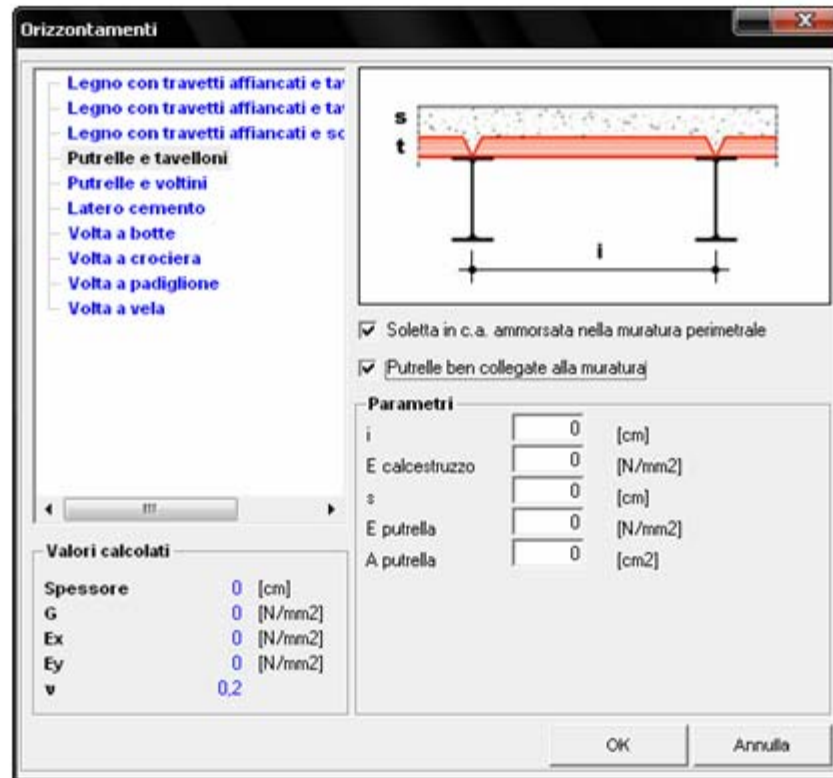
Este tipo de placa consiste en una placa superior de concreto apoyado en vigas de acero de sección en I. En la sección superior derecha de la ventana podemos apreciar dos opciones de definición de la placa:

Placa superior en concreto armado ensamblada en la mampostería
perimetral
(soletta in c.a. ammorsata nella muratura perimetrale)

Vigas bien ensambladas a la mampostería
(Putrelle ben collegati alla muratura)

Si se decide activar las dos opciones dando clic en cada una, se debe definir 5 parámetros o propiedades de la sección y de los materiales:

- i: Distancia entre ejes de las vigas de acero.
- Ecalcestruzzo: Módulo de elasticidad del concreto de la placa.
- s: Espesor de la placa superior de concreto armado.
- Eputrella: Módulo de elasticidad del acero de las vigas.
- Aputrella: Área de la sección transversal de la viga de acero.



El software ofrece otro tipo de placa de entrepiso:

9.6.6. Putrelle en acero con voltini (latero cemento).

El cual no es de mayor uso y otros 5 que se encuentran aun en desarrollo y en esta versión del programa no pueden ser aun utilizados.

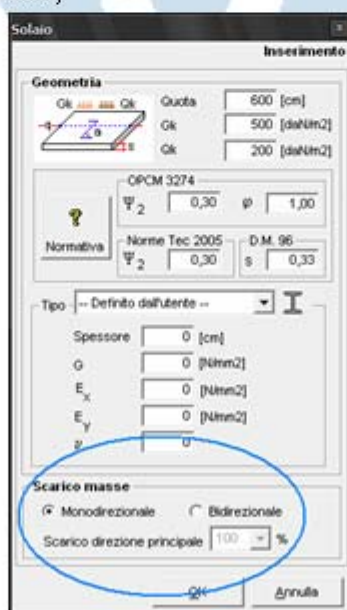
Para cada uno de los tipos de placa (solaio) explicados, el usuario puede decidir sobre cuáles de los componentes estructurales resultan ensamblados (ammorsate y collegati) en la mampostería y garantizar el ensamble, lo cual equivale a garantizar una mayor contribución a la resistencia del sistema global.

Una vez se haya seleccionado el tipo de sección de placa que se desea y definir sus parámetros característicos, se hace clic en el icono **ok**, situado en el margen inferior derecho de la ventana "Orizzontamenti".

Una vez de vuelta en la ventana "solaio" o definición de la placa, se puede seguir definiendo este elemento.

9.6.7. Dirección de distribución de la carga (Scarico masse)

En esta sección de la ventana de definición de la placa es posible decidir que la placa (solaio) descargue las masas en una única dirección o a lo largo de las dos direcciones del plano (monodirezionale o bidirezionale). Si se decide descargar las masas sobre la placa de manera bidireccional, se pide al usuario escoger el porcentaje de carga vertical que corresponde a la dirección principal de carga de la placa (la carga en el otro sentido es calculada automáticamente).



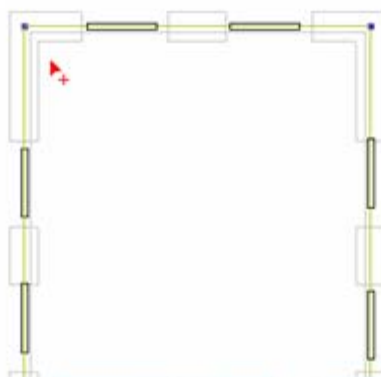
Sin embargo esta opción no está habilitada para tipos de placa predeterminados, es decir, si se decide emplear un tipo de placa predefinido en la ventana de elementos horizontales "orizzontamenti" los tipos de descarga serán definidos automáticamente por el software, por tanto no será posible cambiarlo o definirlo en la sección **Scarico masse** de la ventana solaio.

Una vez se ha definido en su totalidad las características de la placa, se da clic en OK, y se debe dar clic en todos los nodos en los que se apoyara la sección de placa que se desea definir, como se puede apreciar en el siguiente gráfico:

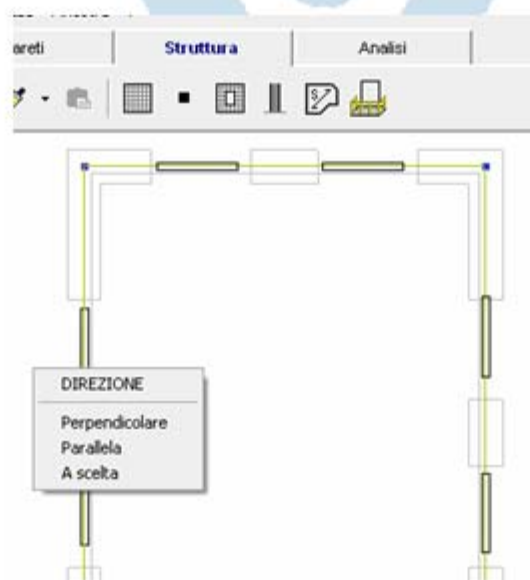


Como vemos, la selección de nodos termina siempre en el primer nodo seleccionado y luego de este se da clic derecho en cualquier parte para finalizar la selección.

Una vez seleccionados los nodos que definen el área de ubicación de la placa, se aprecia que el ícono cambia a color rojo que indica una fase de definición:



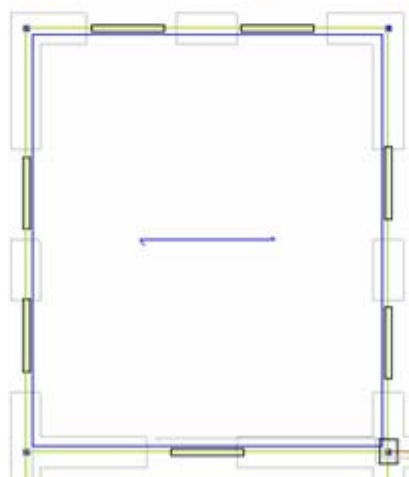
Una vez esto sucede se da clic izquierdo en cualquier lado de la placa definida, con lo cual aparece una ventana de definición de la dirección de la placa:



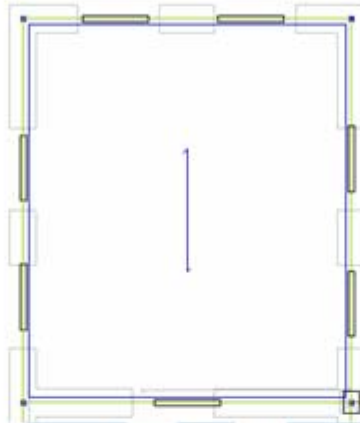
En esta ventana se debe decidir si la placa esta orientada en sentido, perpendicular o paralelo a la arista sobre la cual se dio clic. Si se desea definir un sentido distinto, se da clic en la opción **A scelta**, o a elección, con lo cual se requiere hacer clic en dos puntos sobre el área de la placa definida que indique la el sentido de orientación.



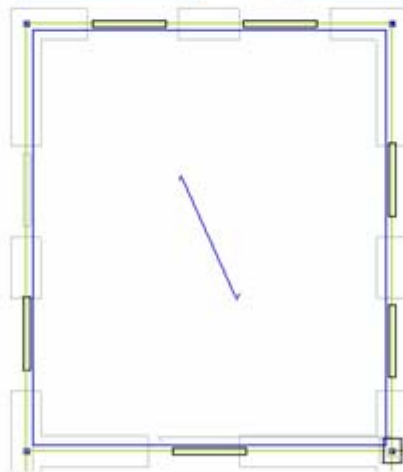
Orientación perpendicular a la arista:



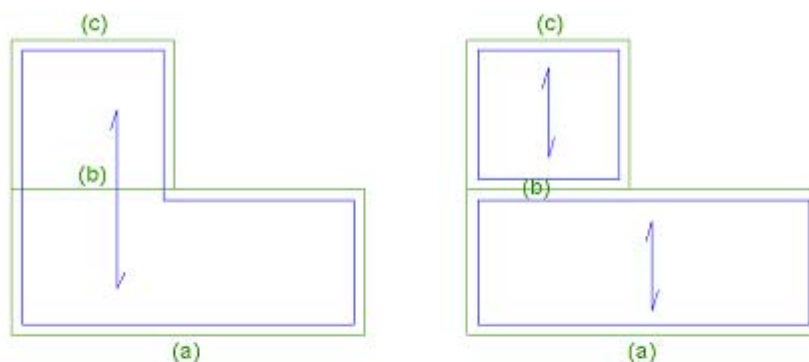
Orientación paralela:



Sentido de orientación "a scelta" o a elección:



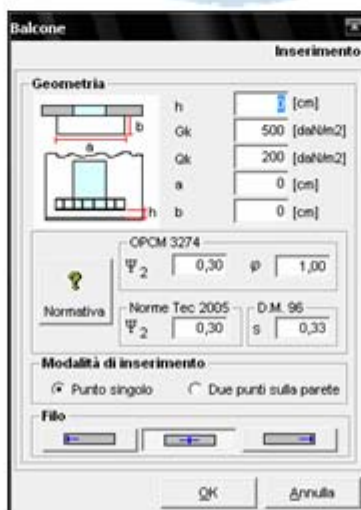
En la inserción de la placa es suficiente resaltar el perímetro externo del edificio, el programa reconoce de manera automática todos los elementos estructurales portantes sobre los que descarga la placa sin que sea necesario dividir el área de la placa en unas más pequeñas. Por ejemplo, en la siguiente grafica vemos dos formas de definir la placa:



Aunque las dos formas son correctas, en ambas se entiende que la pared (b) está cargada por la placa independientemente de la forma de inserción adoptada, pero la forma más adecuada de definición es la que se observa a la izquierda.



9.7. Balcones (balcone): Esta es una nueva herramienta con la que cuenta el software, la opción de modelar balcones en las edificaciones. Al dar clic en este ícono, aparece la siguiente ventana:



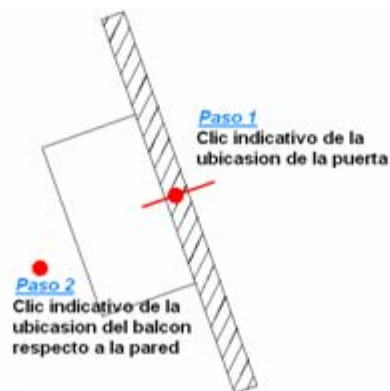
Para la inserción de este tipo de elementos, la ventana de definición del balcón exige la definición de unos parámetros:

Geometría:

- h : Altura a la cual se encuentra el balcón respecto a la placa de entrepiso. Un h de 50 indica que hay que subir un escalos de medio metro para acceder al balcón.
- a y b : Geometría en planta del balcón, indican ancho y profundidad del elemento respectivamente.
- G_k : Acción de carga constante del balcón.
- Q_k : Acción de carga variable del balcón.
- ψ_2 , ϕ y s : Coeficientes de combinación, función del uso de la edificación, si no se conoce el valor de cada uno, en la ventana se cuenta con el ícono "normativa", dando clic en el software nos remite a los artículos de la norma que explican que valor tomar para cada uno según el uso de destinado de la estructura.

9.7.1. Modalidad de inserción (modalità di inserimento):

- Único punto (Punto singolo): Con esta modalidad de inserción, sólo basta con indicar un punto sobre la pared. Para insertar por este método, damos clic en ok y seguido de esto se hace clic en la parte de la pared donde se quiere ubicar la puerta y luego clic hacia el lado de la pared donde se desea el balcón.



- Dos puntos sobre la pared (Due punti sulla parete): En esta modalidad de inserción del balcón, no hay necesidad de definir el ancho del balcón, ya que el balcón se indica en dos puntos sobre la pared y el software estima que el ancho del mismo corresponde a la distancia entre los dos puntos indicados.



9.8. Copiar atributo (Copia attributi): Este comando permite copiar los parámetros establecidos de elementos ya creados, tales como balcones, columnas, placas, etc, con el fin de insertar otros de las mismas características sin tener que definirlos de nuevo. Al dar clic sobre el se despliega el siguiente menú:



Aquí vemos los elementos que puede copiar el comando:

Paredes (segmento di parete) - Ventanas y puertas (apertura)
Columnas (pilastro) - Placa (solaio) - Balcones (balcone)

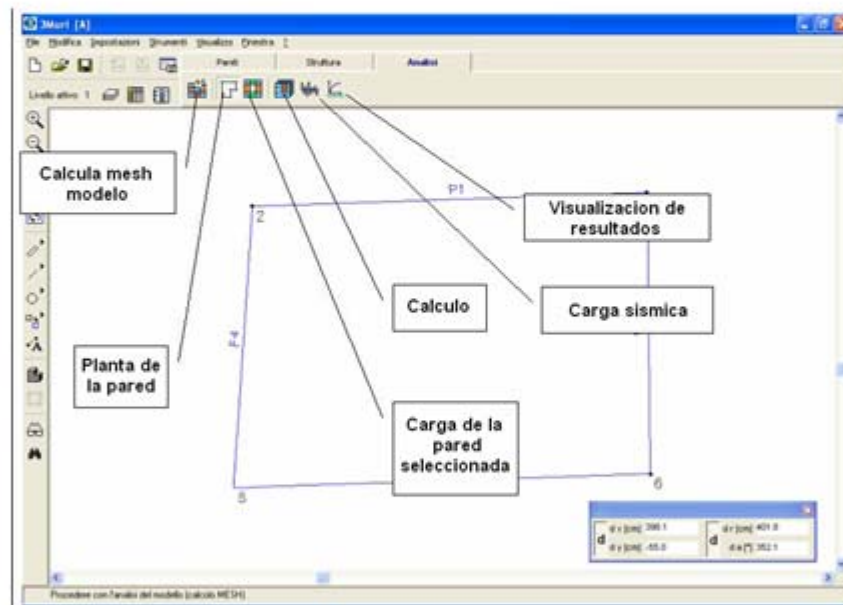
Para copiar los parámetros de algún elemento, se hace clic en el tipo de elemento que se desea copiar y luego se hace clic en el elemento a copiar.




9.9. Pegar Atributo (Incolla attributi): Este comando pega las propiedades de los elementos seleccionados por medio del comando copiar atributo.

10. ANÁLISIS

En la pestaña **análisis**, al dar clic vemos que aparece una barra de herramientas con una serie de herramientas útiles para el cálculo e interpretación de los resultados. Podemos ver esta barra de herramientas en la parte inferior y a continuación tenemos una explicación de la función y uso de cada uno de estos comandos:



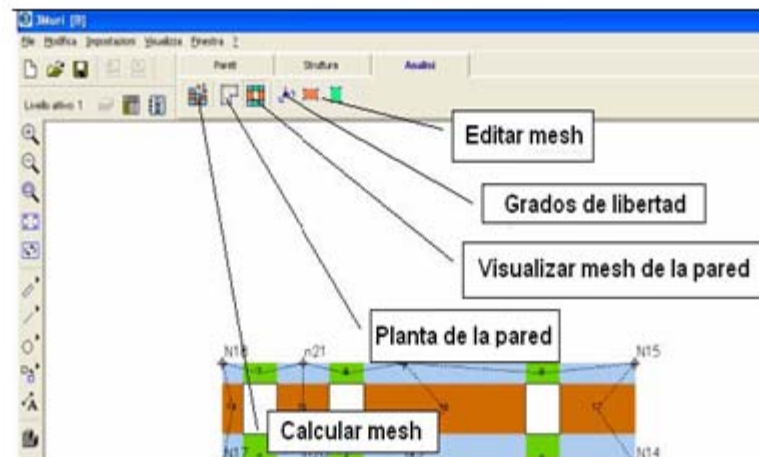
 **10.1. Planta de paredes:** Permite visualizar la disposición en planta de las paredes y nodos al igual que su número identificativo. Para usarlo hay que volver primero a la vista en planta luego de haber visualizado las cargas en las paredes (Carga la pared seleccionada).

Herramientas para la definición de la MESH

El primer ícono antes mencionado no es más que una herramienta para la visualización de la planta, lo cual es útil para mediante otras herramientas de análisis, seleccionar los elementos y/o paredes y visualizar los resultados de su comportamiento arrojados por el análisis; a continuación introducimos otras de las herramienta disponibles en la pestaña **análisis** que tienen como fin ayudar en la definición de la mesh.



10.2. Visualizar mesh de la pared: Una vez activado este comando o ícono se debe indicar por medio de un clic la pared a la cual se desea ver en una vista alzada de la malla del macroelemento. Cuando se da clic en este comando, cambia la barra de herramienta de análisis, aparecen íconos nuevos, cuando se procede a la carga de la malla, en el espacio gráfico se visualiza la malla de la pared seleccionada en planta y se puede observar como la barra de análisis y los botones que se visualizan en ella cambian, tal como se ilustra en la figura siguiente:



La visualización nombra los nodos con la letra "n" seguida por el número que lo identifica y los macroelementos (paredes) delimitando las aperturas correspondientes a las ventanas.

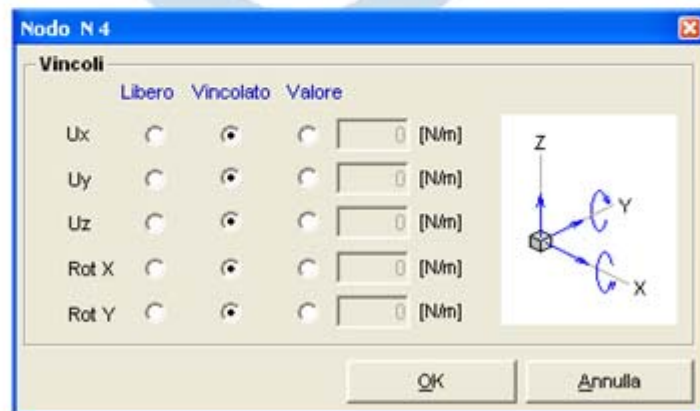


10.2.1. Calcular mesh: Permite calcular o analizar la malla del modelo (si es que no se ha realizado ya esto al inicio del proceso de análisis) o recalcularla en caso haberse realizado cambios luego de realizarse.



10.2.2. Grados de libertad: entre los cuales se encuentra el correspondiente a la definición de grados de libertad el cual se enseña arriba este permite al usuario definir manualmente las restricciones de movimiento de cada uno de los nodos.

Activando tal ícono se pide seleccionar un nodo; hecho esto se abre la ventana para editar las restricciones de los mismos la cual podemos apreciar a continuación:



En la ventana para cada uno de los grados de libertad del nodo se tiene que decidir entre liberarlo, restringirlo (vincolato) o asignarle un valor de rigidez elástica de restricción.

Si se desea restringir totalmente los grados de libertad se debe dar clic en *vincolato* para todos los desplazamientos y rotaciones, si se desean liberar todos damos clic en *libero* para todos los movimientos y rotaciones, teniendo en cuenta que *U* indica los desplazamiento y *rot* rotaciones, por último si lo que se quiere es restringir sólo algunos grados de libertad marcamos *vincoli* o *libero* a conveniencia.

Luego de haber seleccionado la restricción deseada para cada grado de libertad del nodo, y haber confirmado dando clic en el ícono OK en la ventana de restricción (*vincoli*), en el área grafica puede verse como los nodos libres y los que están restringidos parcialmente se han vuelto de color amarillos y de color naranja los nodos con todos sus grados de libertad restringidos.



10.2.3. Edición de la mesh: Por medio de esta opción es posible modificar las dimensiones del elemento seleccionado y las propiedades de sus materiales, abajo apreciamos las ventanas de edición que se abren para esta tarea:



En esta ventana hay disponible un espacio para el movimiento del baricentro de los paneles de muro (Spostamento baricentro in x, Spostamento baricentro in z)

Movimiento del baricentro: Permite trasladar el macroelemento seleccionado a través de la inserción de las componentes de un vector de movimiento (en el sistema x, z en el cual se localiza la pared).

También se encuentra la sección incidenze, en la cual se permite a el usuario indicar los nodos superiores e inferiores, o derecho e izquierdo según sea la orientación del panel de muro seleccionado.

Para salir de la barra de herramientas que abre el ícono **visualizar mesh de la pared** simplemente hay que dar clic en el ícono **planta de pared**.



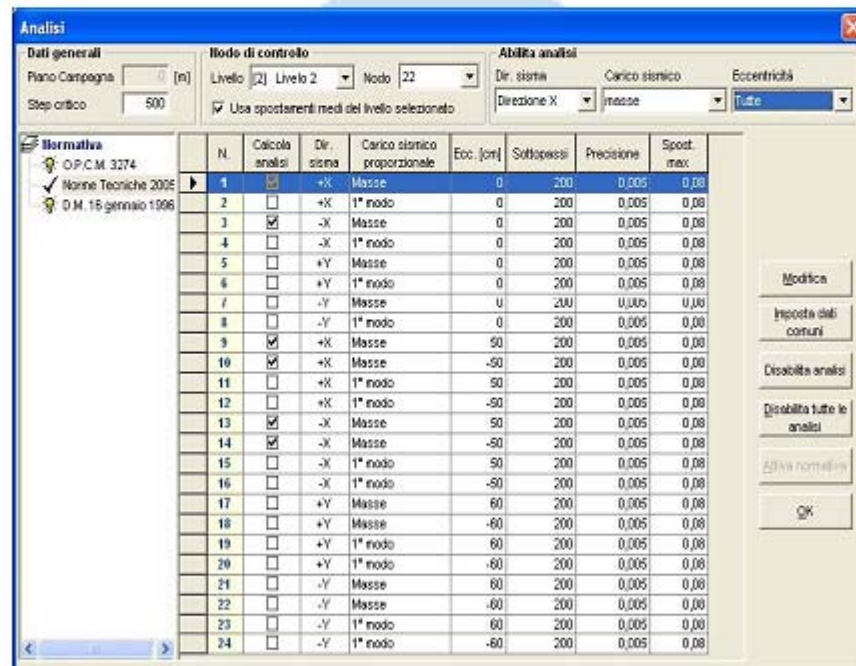
10.3.Cálculo: Permite realizar el cálculo de la estructura. En esta fase se pide al usuario seleccionar la norma técnica de referencia para el cálculo de la edificación (O.P.C.M.3274; D.M.1996; D.M.2005), en la parte izquierda de la ventana que se muestraa continuación y para activar el análisis con los lineamientos de tal norma hay que confirmar la selección dando clic en el ícono **attiva normativa**, el cual se encuentra en la parte inferior derecha de la misma ventana.

Muchos de los parámetros de cálculo se definen en la ventana que muestra esta herramienta, otros que no son mostrados en esta ventana son calculados automáticamente por el programa teniendo en cuenta la geometría del modelo de la edificación.

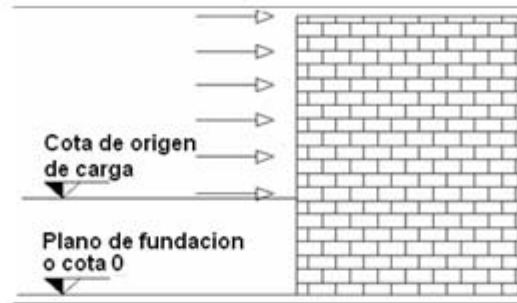
La dirección del sismo se toma por examinación al igual que la selección del nodo de control, es decir, depende del criterio tenido en cuenta las indicaciones traídas de la norma técnica.

En el caso de comprobación según la O.P.C.M. 3274/D.M.2005 depende del modelador la selección de la distribución de fuerzas sísmicas (proporcionar las masas o el primer modo de vibración).

La curva capacidad de carga puede trazarse monitoreando como se mueve el nodo de control en el plano activando la casilla correspondiente.



En esta ventana podemos ver varias secciones cada una a definir ciertas características del análisis y la estructura como tal, la primera, de datos general, en ella se ingresa información tal como:



10.3.1. **Piano campagna:** Esta casilla permite insertar la altura a la cual empezará a actuar la carga sísmica sobre la estructura o cota de origen de carga (a tener en cuenta que el programa asigna como cota 0 el punto mas bajo de la estructura). El valor de tal cota tiene que estar entre la cota de fundación (o la cota 0) y la cota máxima, es decir la del nodo mas alto.

10.3.2. **STEP crítico (paso crítico):** Se inserta el número máximo de pasos de análisis que el programa tendrá que realizar antes de detener el cálculo si no se encuentra convergencia en el análisis.

10.3.3. **Nodo de control:** La definición de un nodo de control es obligatoria para poder efectuar el cálculo; es aconsejable escoger un nodo correspondiente al ultimo nivel de la estructura.

10.3.4. **Habilitar análisis:** Permite seleccionar la dirección en la cual se desea realizar el análisis y las cargas a tener en cuenta.

Abilita analisi		
Dir. sisma	Carico sismico	Eccentricità
Tutte le direzion ▼	masse ▼	Tutte ▼


10.3.5. **Dirección:** señala la dirección según la cual actúa el sismo, se puede seleccionar paralelo a que eje se quiere que se simule el sismo y en qué sentido.

10.3.6. **Carga sísmica:** Proporcional a las masas o al primer modo de vibración.

10.3.7. **Excentricidad:** Se define si se desea introducir una excentricidad accidental del centro de masa respecto con el centro de rigidez calculado de la manera automática según las prescripciones de la norma técnica.

Usando un espacio especial, se pueden realizar análisis múltiples activándolo a través de los filtros de selección.

Como se dijo anteriormente, tenemos entonces en la parte izquierda de la ventana la posibilidad de seleccionar la norma técnica a usar. En el lado derecho de la misma ventana íconos que permiten formular los parámetros para el análisis, estos son:

 10.3.8. Define los parámetros de cálculo de cada uno de los análisis, al seleccionar este ícono se abre la siguiente ventana:



10.3.8.1. *Sottopassi*: Representa el número de los incrementos de movimiento realizados en el análisis para la distribución de las acciones sísmicas.

10.3.8.2. *Precisione*: Representa el grado de precisión alcanzado por el cálculo no lineal.

10.3.8.3. *Spostamento max*: Representa el movimiento máximo que puede sufrir el nodo de control de la estructura durante el proceso de análisis.

Imposta dati comuni

10.3.9. Define los parámetros de cálculo comunes a todos los análisis, al dar clic en el se abre una pestaña en la cual podemos seleccionar el parámetro común, bien sea la excentricidad, movimiento máximo del nodo de control, el desplazamiento o la precisión del cálculo.

Abilita analisi

10.3.10. Habilita el cálculo de un análisis actualmente desactivado

Disabilita analisi

10.3.11. Desactiva el cálculo de un análisis actualmente habilitado

Disabilita tutte le analisi

10.3.12. Desactiva el cálculo de todos los análisis

Attiva normativa

10.3.13. Habilita el cálculo según la norma seleccionada

Elección de las condiciones sísmicas



10.4. Carga sísmica: Permite seleccionar la zona sísmica y la clase de la suelo según las indicaciones de la norma (O.P.C.M.3274; D.M.2005; D.M.96). Al accionar este ícono aparece la siguiente ventana:

Se observa que la ventana se divide en tres secciones, una correspondiente a cada una de las normas técnicas con las cuales trabaja el software, en cada una de esta secciones debemos seleccionar la zona sísmica y la clase de suelo en la que se modelara la estructura, además de otros parámetros que cada norma técnica utilice para caracterizar la carga sísmica, tales como el coeficiente de importancia de la edificación y el tipo de estructura, al hacer esto no hay que ingresar las características del suelo ni la zona sísmica ya que el programa ya cuenta con esta información.

La selección de la zona sísmica, es independiente del proceso de cálculo de la estructura ya que la capacidad de carga no depende de la intensidad del sismo.



10.5. Visualización de resultados: Esta ventana permite visualizar los resultados del cálculo sísmico desarrollado según el modelo o norma técnica que se haya indicado (O.P.C.M. 3274, Decreto Ministerial y 2005 Decreto Ministerial 1996).

Solicitar la visualización de los resultados se pone a disposición del usuario la siguiente ventana:

Normativa	N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Ec.	Disacc. SLU (cm)	Dis. SLU (cm)	q ² SLU	Disacc. SLD (cm)	Dis. SLD (cm)	Aff. u.	Aff. e
O.P.C.M. 3274 Norme Tecniche 2005 D.M. 18 gennaio 1996	1	<input type="checkbox"/>	-X	Massa	0	0,95	1,75	1,04	0,05	0,50	1,84	4,104
	2	<input type="checkbox"/>	+X	1° modo	0	0,492	1,213	2,038	0,074	1,248	1,478	4,893
	3	<input type="checkbox"/>	-X	Massa	0	0,334	2,013	1,398	0,068	0,623	2,148	4,129
	4	<input type="checkbox"/>	-X	1° modo	0	0,333	2,067	1,808	0,205	1,144	1,858	2,851
	5	<input type="checkbox"/>	+Y	Massa	0	1,520	2,134	3,017	0,357	1,575	0,894	2,573
	6	<input type="checkbox"/>	+Y	1° modo	0	1,367	2,134	3,652	0,388	1,187	0,779	2,101
	7	<input type="checkbox"/>	-Y	Massa	0	0,828	1,334	2,204	0,097	1,254	1,214	4,345
	8	<input type="checkbox"/>	-Y	1° modo	0	0,758	2,193	2,788	0,147	1,196	1,076	3,438

Verificato
 Non verificato
 Non converge a p.p.

Esta ventana resume los parámetros de comprobación según el modelo correspondiente a cada norma mostrando cuales resultados son satisfactorios y cuales no, indicando esto con colores que son asignados a las celdas, rojo si la comprobación estructural no cumple, verdes si la comprobación cumple y naranja para los resultados no convergentes.

En el gráfico anterior debemos tener en cuenta dos pares de columnas, que son claves para comprobar el comportamiento de la edificación ante el sismo.

El primer par de columnas son la columna Dmax SLD y Dd SLD.

Dmax SLD: Cortante máximo aplicado por el sismo en la base del edificio.

Dd SLD: Deflexión máxima que soporta la estructura sin dañarse.

Comprobación para Estado Limite de Daño: Es satisfactoria si:

Dd SLD > Dmax SLD; Lo cual indica que el movimiento generado por el sismo es menor al máximo que soporta el edificio sin presentar daños serios.

El segundo par de columnas son Dmax SLU y Du SLU.

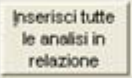
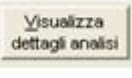

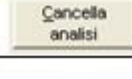
Dmax SLU: Deflexión máxima provocada por el sismo.

Du SLU: Deflexión admisible de la edificación.

Comprobación para Estado Limite Ultimo: Es satisfactoria si:

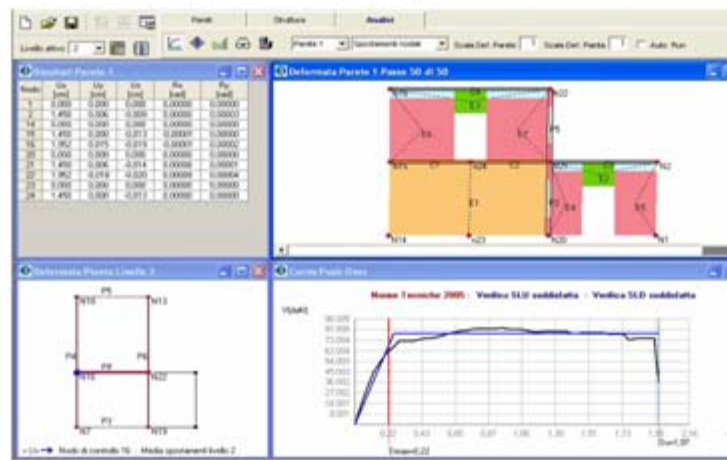
Dmax SLU < Du SLU; este indica que la deflexión generada por el sismo en la estructura no la llevó a la fluencia.

En el lado derecho de la ventana aparecen algunos comandos (iconos) los cuales tienen las siguientes funciones:

10.5.1.		Se decide mostrar los parámetros de todos los análisis relacionados.
10.5.2.		Entra en la ventana que permite mostrar los detalles de la verificación. Esta es una herramienta de importancia por lo cual se hablará de ella mas adelante.
10.5.3.		Habilita la vista de los resultados según la norma seleccionada.
10.5.4.		Cancela los resultados de un análisis.

11. VISUALIZZA DETTAGLI ANALISI Visualización Detallada del Análisis

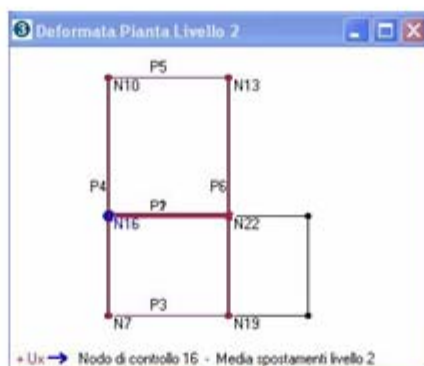
Como dijimos anteriormente, este ícono dentro de la ventana de visualización de resultados permite ver más detalladamente los resultados de los análisis. Al accionar este ícono se abre en la pantalla principal del software una serie de ventanas, como podemos ver más adelante:



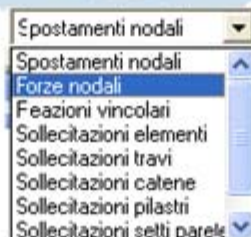
En la pantalla principal del software se abre exactamente cuatro ventanas, en una de estas viene representada la curva push-over y la esquematización de forma bilateral del sistema equivalente:



En otra ventana los movimientos se visualizan, las características de sollicitación y deformación de los nodos para varias paredes que componen la estructura para cada paso del análisis:



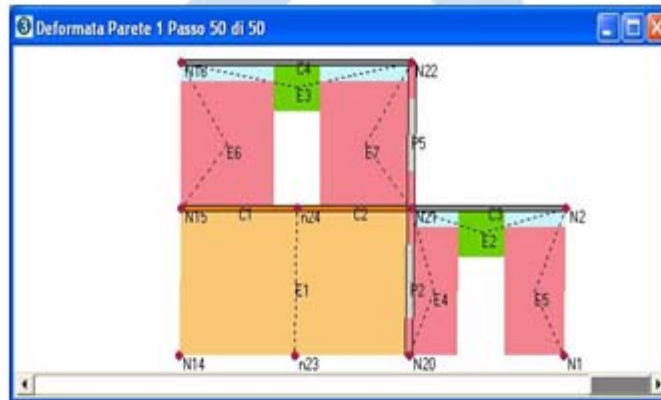
En otra ventana se aprecia una tabla con todos los resultados y parámetros utilizados en el análisis, cada valor se puede seleccionar, para hacerlo, en la parte superior de la ventana del programa se puede apreciar una pestaña con los parámetros y resultados que se muestran en la tabla de resultados:



Desplazamiento de nodos, fuerza en los nodos, sollicitación en vigas, paredes y columnas son algunas de las posibilidades de selección así que simplemente se da clic en el tipo de dato se desean seleccionar, hecho esto se marcan automáticamente en la tabla. Al dar clic en estas celdas y aparece la opción **copia dati**, o copiar dato y así se pueden pasar a cualquier programa en que requiramos trabajarlos, bien sea excell, word u otro.

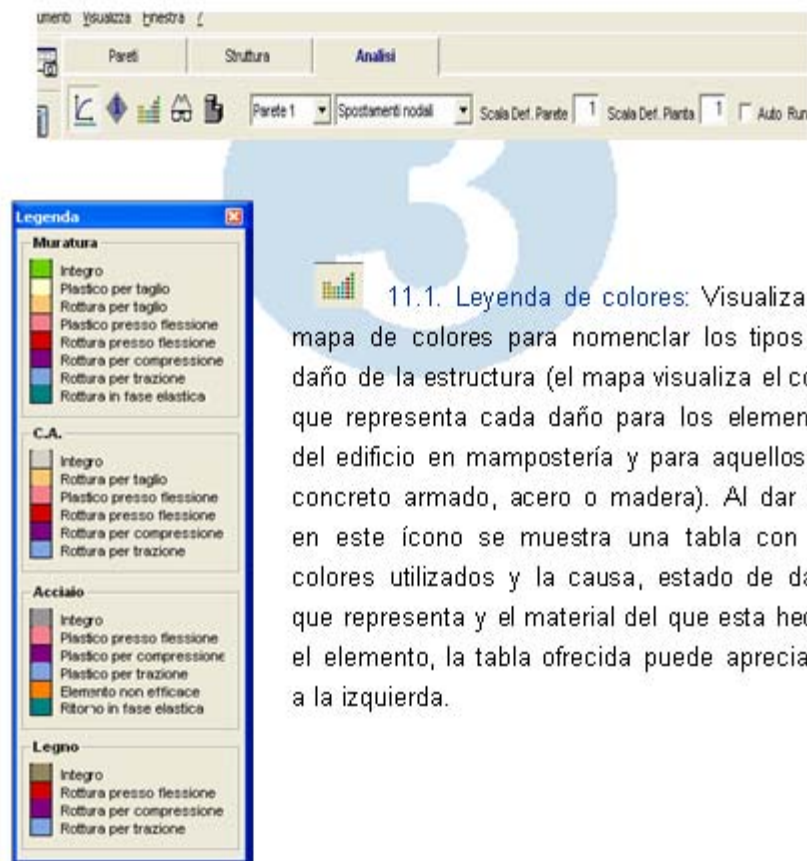
Risultati Parete 3					
Nodo	Ux [cm]	Uy [cm]	Uz [cm]	Rx [rad]	Ry [rad]
3	0,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000
4	0,172	-0,026	-0,015	0,00005	0,00013
5	0,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000
6	0,174	0,018	-0,016	-0,00007	0,00010
7	1,358	0,044	-0,010	-0,00010	0,00010
17	0,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000
18	0,172	-0,013	-0,008	-0,00078	0,00028
19	1,354	-0,041	-0,013	-0,00064	0,00052
25	0,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000
26	0,174	0,000	-0,005	0,00000	-0,00002
27	1,354	0,000	0,000	0,00000	0,00009

Además se visualiza en otra de las ventanas el curso de la deformada de la pared, los colores en lo que se pueden apreciar permiten ver el avance del daño en dichos macroelementos.





Observando las tonalidades de colores presentes en el mapa de la pared deformada, el usuario puede conocer fácilmente qué macroelementos presentan daño y la causa del mismo (cortante, presoflexión). Para todos los elementos no dañados también es posible conocer su tendencia al daño, mientras se distingue si ellos han entrado en la fase plástica por corte o preso-flexión. Este tipo de visualización no sólo involucra los elementos del edificio en mampostería sino todos aquellos en concreto armado, acero o madera.

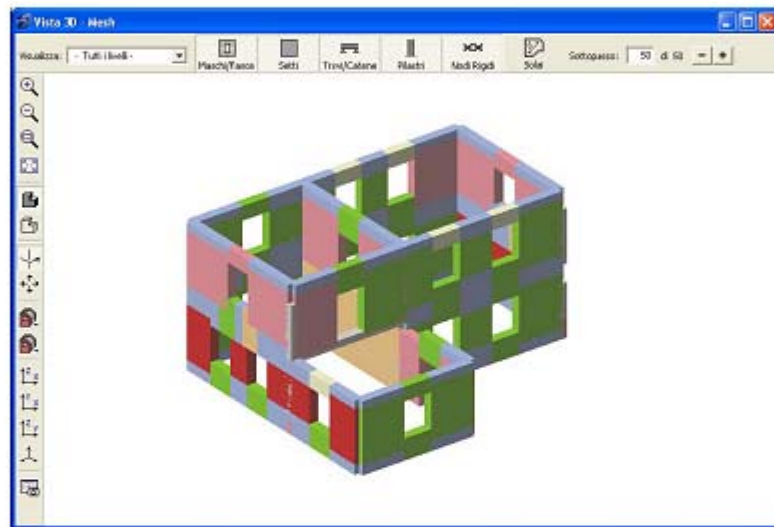
Tal herramienta presenta una gran potencialidad para la gestión de posibles intervenciones de reparación si al existir uno, en cuánto que muestra muy eficazmente las zonas en que se necesita intervenir, sin embargo, debe conocerse el significado de cada uno de estos colores y se requiere también herramientas que faciliten la visualización de las cuatro ventanas de representación detallada de resultados. Es por esto que al dar clic a la opción visualización de resultados la barra de herramientas de análisis cambia, ofreciendo una serie de herramientas que hacen más fácil trabajar, estudiar y editar los resultados ofrecidos:



11.1. Leyenda de colores: Visualiza un mapa de colores para nombrar los tipos de daño de la estructura (el mapa visualiza el color que representa cada daño para los elementos del edificio en mampostería y para aquellos en concreto armado, acero o madera). Al dar clic en este ícono se muestra una tabla con los colores utilizados y la causa, estado de daño que representa y el material del que esta hecho el elemento, la tabla ofrecida puede apreciarse a la izquierda.


 11.2. Autorun: Seleccionando el comando Autorun es posible ver la animación de la deformación con las fases de avance del daño.

 11.3. Visualización 3D de la mesh: Permite ver en 3D la mesh con los colores que describen el estado y proceso de avance del daño en la edificación.

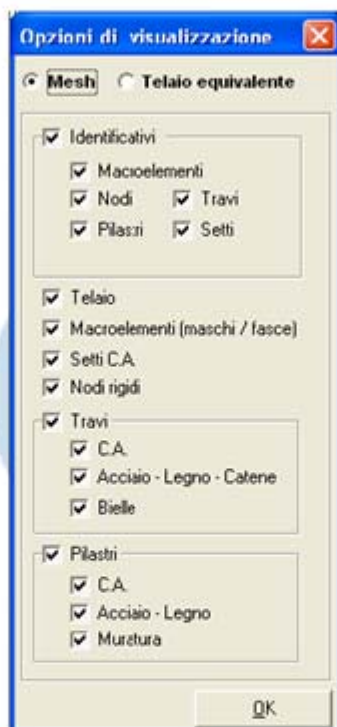


11.4. Definición de escalas: Esta herramienta, presente en la barra de análisis, permite decidir la escalera para visualizar las deformaciones, bien sea en la vista de pared o la vista en planta del edificio.

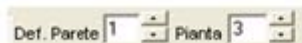


 11.5. Filtro de visualización: Permite al usuario decidir las cosas que desea visualizar en la vista deformada tanto de la pared como de la planta de la edificación.

Se ofrece una ventana al dar clic en este ícono, con el fin que en ella se marquen aquellos elementos o características de la estructura que se desean ver y cancelar los que no. Dicha ventana se enseña a continuación:



Para seleccionar los elementos que se desea visualizar basta con marcar el cuadro correspondiente a cada característica ubicado a su izquierda.




Este comando, presentado en la barra de análisis en la ventana principal del software, permite decidir la escala de visualización de las deformaciones en la vista de la pared y en la de planta.

12. INDIVIDUALIZACIÓN DE LOS ERRORES DEL MODELO

El programa de análisis de estructura de mampostería cuenta con una herramienta de detección de errores o fallas en el comportamiento estructural bastante útil. Esta en algunos casos puede faltar convergencia en el peso propio (P.P.) de la estructura. Frecuentemente este aviso es inducido por un error de modelación o un bajo dimensionamiento de algún o algunos de los elementos estructurales (por ejemplo, poca armadura en las vigas).

El bajo dimensionamiento causa la imposibilidad del elemento de resistir cargas en el campo estático de la curva de resistencia, lo cual es inaceptable, en el tal caso una falla de convergencia del análisis no lineal. El mejor procedimiento para individualizar los puntos de debilidad estructural que han sido producidos por el problema descrito, es utilizando la herramienta de visualización de la deformada de las paredes con los estados respectivos estados de daño. Si se verifica una falta de convergencia, el usuario puede igualmente ver los resultados observando sólo la deformada (ambiente de control).

 **12.1. Detalles de Comprobación:** Presenta una ventana recopilatoria que muestra los detalles de los análisis y de las comprobaciones demandadas. Esta opción puede apreciarse en la ventana al hacerse clic en el ícono **Visualizza dettagli analisi** en la ventana de visualización de resultados.

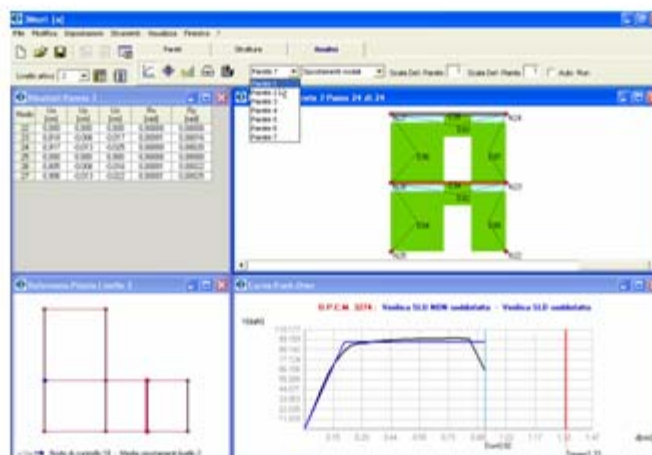
Esta ventana trae un resumen de los parámetros de comprobación requerido por cada norma técnica. Esta sesión incluye las comprobaciones según O.P.C.M.3274 (y sus modificaciones), las comprobaciones según O.P.C.M.3362 (para los edificios públicos) que requieren el cálculo de las aceleraciones de daño severo y de daño limitado con los coeficientes de seguridad respectivos, su contenido se explicará en el capítulo siguiente.


13. RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS

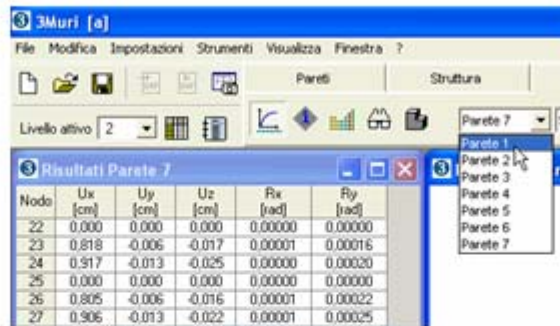
Como se dijo en capítulos anteriores, al dar clic en el ícono de **visualización de análisis** aparece la ventana siguiente:



En esta ventana se pueden apreciar las comprobaciones del comportamiento de la estructura ante el sismo. Haciendo clic en el ícono **visualizza dettagli analisi** se pueden ver todos los resultados del análisis:

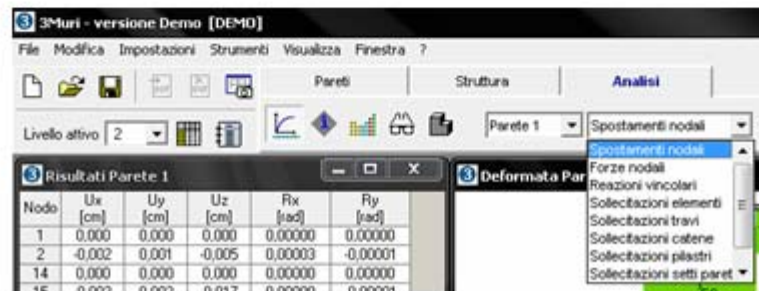


Como se dijo en el capítulo 12.1 por medio de este ícono  pueden apreciarse los detalles de comprobación. En la pestaña ubicada en la parte superior de la ventana podemos seleccionar la pared a analizar resultados:



Al seleccionar la pared deseada en las cuatro ventanas de detalle, se aprecian sus respectivos análisis. La ubicación de la pared en la planta de la edificación (ventana inferior izquierda), su curva push-over (ventana inferior derecha), la vista en planta de la pared con el mapa a colores de su estado de daño (ventana superior derecha) y por último la tabla de resultados (ventana superior izquierda); esta tablas (la cual podemos apreciar en la imagen anterior) cumple varias funciones, ya que se pueden ver tablas de resultados, tablas de reacciones, de fuerzas internas del muro, de desplazamientos y rotaciones, entre otras.

Para seleccionar el tipo de resultados que se desea apreciar, el usuario debe dirigirse a una pestaña ubicada en la parte superior de la ventana, junto a a la pestaña seleccionadora de las paredes:

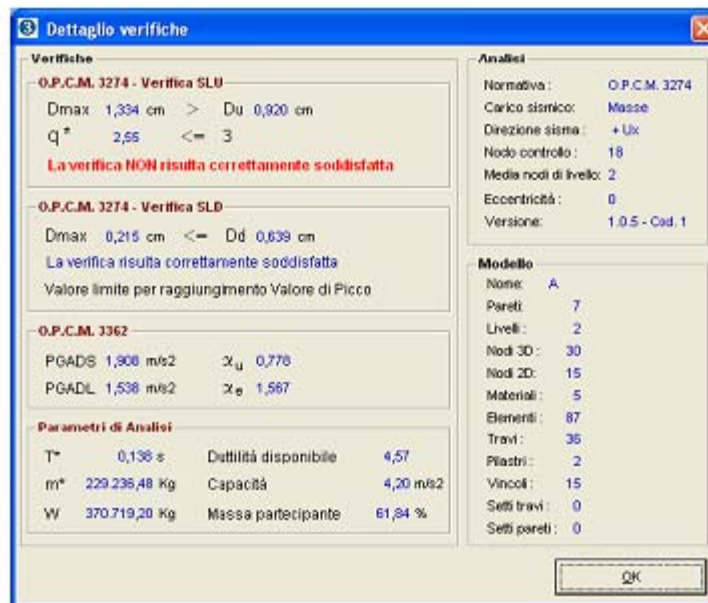


En esta pestaña tenemos la opción de seleccionar los resultados del análisis de la pared que deseamos ver en la ventana superior izquierda, estas opciones brindadas por el software en esta pestaña son:

OPCION	OFRECE	VENTANA VISUALIZADA																																																																		
Spostamenti nodali	Desplazamiento y rotación de los nodos que conforman la pared	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nodo</th> <th>Ux [cm]</th> <th>Uy [cm]</th> <th>Uz [cm]</th> <th>Rx [rad]</th> <th>Ry [rad]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.00000</td><td>0.00000</td></tr> <tr><td>2</td><td>-0.002</td><td>0.001</td><td>-0.005</td><td>0.00003</td><td>-0.00001</td></tr> <tr><td>14</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.00000</td><td>0.00000</td></tr> <tr><td>15</td><td>-0.002</td><td>0.002</td><td>-0.017</td><td>0.00000</td><td>-0.00001</td></tr> <tr><td>16</td><td>-0.006</td><td>0.004</td><td>-0.024</td><td>0.00000</td><td>-0.00002</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.00000</td><td>0.00000</td></tr> <tr><td>21</td><td>-0.002</td><td>0.002</td><td>-0.011</td><td>0.00002</td><td>-0.00001</td></tr> <tr><td>22</td><td>-0.006</td><td>0.005</td><td>-0.016</td><td>-0.00002</td><td>-0.00001</td></tr> <tr><td>23</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.00000</td><td>0.00000</td></tr> <tr><td>24</td><td>-0.002</td><td>0.000</td><td>-0.014</td><td>0.00000</td><td>0.00001</td></tr> </tbody> </table>	Nodo	Ux [cm]	Uy [cm]	Uz [cm]	Rx [rad]	Ry [rad]	1	0.000	0.000	0.000	0.00000	0.00000	2	-0.002	0.001	-0.005	0.00003	-0.00001	14	0.000	0.000	0.000	0.00000	0.00000	15	-0.002	0.002	-0.017	0.00000	-0.00001	16	-0.006	0.004	-0.024	0.00000	-0.00002	20	0.000	0.000	0.000	0.00000	0.00000	21	-0.002	0.002	-0.011	0.00002	-0.00001	22	-0.006	0.005	-0.016	-0.00002	-0.00001	23	0.000	0.000	0.000	0.00000	0.00000	24	-0.002	0.000	-0.014	0.00000	0.00001
Nodo	Ux [cm]	Uy [cm]	Uz [cm]	Rx [rad]	Ry [rad]																																																															
1	0.000	0.000	0.000	0.00000	0.00000																																																															
2	-0.002	0.001	-0.005	0.00003	-0.00001																																																															
14	0.000	0.000	0.000	0.00000	0.00000																																																															
15	-0.002	0.002	-0.017	0.00000	-0.00001																																																															
16	-0.006	0.004	-0.024	0.00000	-0.00002																																																															
20	0.000	0.000	0.000	0.00000	0.00000																																																															
21	-0.002	0.002	-0.011	0.00002	-0.00001																																																															
22	-0.006	0.005	-0.016	-0.00002	-0.00001																																																															
23	0.000	0.000	0.000	0.00000	0.00000																																																															
24	-0.002	0.000	-0.014	0.00000	0.00001																																																															
Forze nodali	Fuerzas en los ejes x, y, z y momentos en los ejes x, y que soporta cada nodo por efecto del sismo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nodo</th> <th>Fx [daN]</th> <th>Fy [daN]</th> <th>Fz [daN]</th> <th>Mx [daNcm]</th> <th>My [daNcm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>-7.245</td><td>569.937</td><td>-214.059</td></tr> <tr><td>15</td><td>0</td><td>0</td><td>-16.699</td><td>240.578</td><td>264.446</td></tr> <tr><td>16</td><td>0</td><td>0</td><td>-13.559</td><td>170.157</td><td>447.524</td></tr> <tr><td>21</td><td>0</td><td>0</td><td>-20.636</td><td>249.458</td><td>-121.109</td></tr> <tr><td>22</td><td>0</td><td>0</td><td>-15.034</td><td>439.124</td><td>-447.524</td></tr> <tr><td>24</td><td>0</td><td>0</td><td>-6.357</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Nodo	Fx [daN]	Fy [daN]	Fz [daN]	Mx [daNcm]	My [daNcm]	2	0	0	-7.245	569.937	-214.059	15	0	0	-16.699	240.578	264.446	16	0	0	-13.559	170.157	447.524	21	0	0	-20.636	249.458	-121.109	22	0	0	-15.034	439.124	-447.524	24	0	0	-6.357	0	0																								
Nodo	Fx [daN]	Fy [daN]	Fz [daN]	Mx [daNcm]	My [daNcm]																																																															
2	0	0	-7.245	569.937	-214.059																																																															
15	0	0	-16.699	240.578	264.446																																																															
16	0	0	-13.559	170.157	447.524																																																															
21	0	0	-20.636	249.458	-121.109																																																															
22	0	0	-15.034	439.124	-447.524																																																															
24	0	0	-6.357	0	0																																																															
Reazioni vincolari	Reacciones de los nodos de apoyo inferior del muro. Fuerzas axiales soportadas en los ejes x, y, z y momentos en los ejes x, y.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nodo</th> <th>Fx [daN]</th> <th>Fy [daN]</th> <th>Fz [daN]</th> <th>Mx [daNcm]</th> <th>My [daNcm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>-23</td><td>-388</td><td>7.333</td><td>-442.284</td><td>215.013</td></tr> <tr><td>14</td><td>0</td><td>-234</td><td>24.801</td><td>-340.021</td><td>0</td></tr> <tr><td>20</td><td>4</td><td>-295</td><td>23.724</td><td>252.513</td><td>-204.604</td></tr> <tr><td>23</td><td>28</td><td>0</td><td>19.970</td><td>0</td><td>473.392</td></tr> </tbody> </table>	Nodo	Fx [daN]	Fy [daN]	Fz [daN]	Mx [daNcm]	My [daNcm]	1	-23	-388	7.333	-442.284	215.013	14	0	-234	24.801	-340.021	0	20	4	-295	23.724	252.513	-204.604	23	28	0	19.970	0	473.392																																				
Nodo	Fx [daN]	Fy [daN]	Fz [daN]	Mx [daNcm]	My [daNcm]																																																															
1	-23	-388	7.333	-442.284	215.013																																																															
14	0	-234	24.801	-340.021	0																																																															
20	4	-295	23.724	252.513	-204.604																																																															
23	28	0	19.970	0	473.392																																																															
Sollecitazioni elementi	Fuerza axial y momento soportado por cada elemento en sus extremos. Se indica también en la tabla de qué a qué nodo va dicho elemento.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elem</th> <th>Nodo I</th> <th>Nodo J</th> <th>N [daN]</th> <th>Ti [daN]</th> <th>Tj [daN]</th> <th>Mi [daNcm]</th> <th>Mj [daNcm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>E1</td><td>24</td><td>23</td><td>19.970</td><td>26</td><td>-26</td><td>-473.392</td><td>465.097</td></tr> <tr><td>E2</td><td>21</td><td>2</td><td>41</td><td>95</td><td>-95</td><td>-5.103</td><td>-1.465</td></tr> <tr><td>E3</td><td>16</td><td>22</td><td>-54</td><td>-59</td><td>59</td><td>7.332</td><td>-295</td></tr> <tr><td>E4</td><td>20</td><td>21</td><td>-3.441</td><td>-1</td><td>1</td><td>-4.466</td><td>4.702</td></tr> <tr><td>E5</td><td>1</td><td>2</td><td>-2.620</td><td>-23</td><td>23</td><td>-9.643</td><td>15.731</td></tr> <tr><td>E6</td><td>15</td><td>16</td><td>-4.125</td><td>-6</td><td>6</td><td>-21.582</td><td>23.078</td></tr> <tr><td>E7</td><td>21</td><td>22</td><td>-3.759</td><td>84</td><td>-84</td><td>-12.318</td><td>-9.487</td></tr> </tbody> </table>	Elem	Nodo I	Nodo J	N [daN]	Ti [daN]	Tj [daN]	Mi [daNcm]	Mj [daNcm]	E1	24	23	19.970	26	-26	-473.392	465.097	E2	21	2	41	95	-95	-5.103	-1.465	E3	16	22	-54	-59	59	7.332	-295	E4	20	21	-3.441	-1	1	-4.466	4.702	E5	1	2	-2.620	-23	23	-9.643	15.731	E6	15	16	-4.125	-6	6	-21.582	23.078	E7	21	22	-3.759	84	-84	-12.318	-9.487		
Elem	Nodo I	Nodo J	N [daN]	Ti [daN]	Tj [daN]	Mi [daNcm]	Mj [daNcm]																																																													
E1	24	23	19.970	26	-26	-473.392	465.097																																																													
E2	21	2	41	95	-95	-5.103	-1.465																																																													
E3	16	22	-54	-59	59	7.332	-295																																																													
E4	20	21	-3.441	-1	1	-4.466	4.702																																																													
E5	1	2	-2.620	-23	23	-9.643	15.731																																																													
E6	15	16	-4.125	-6	6	-21.582	23.078																																																													
E7	21	22	-3.759	84	-84	-12.318	-9.487																																																													
Sollecitazioni travi	Fuerza axial y momento soportado por cada elemento el los extremos de las vigas presentes en el muro.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Trave</th> <th>Nodo I</th> <th>Nodo J</th> <th>N [daN]</th> <th>Ti [daN]</th> <th>Tj [daN]</th> <th>Mi [daNcm]</th> <th>Mj [daNcm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="8" style="text-align: center;">No hay vigas en esta pared</td> </tr> </tbody> </table>	Trave	Nodo I	Nodo J	N [daN]	Ti [daN]	Tj [daN]	Mi [daNcm]	Mj [daNcm]	No hay vigas en esta pared																																																									
Trave	Nodo I	Nodo J	N [daN]	Ti [daN]	Tj [daN]	Mi [daNcm]	Mj [daNcm]																																																													
No hay vigas en esta pared																																																																				
Sollecitazioni catene	Fuerza axial y momento soportado por cada elemento el los extremos de las vigas presentes en el muro.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cat</th> <th>Nodo I</th> <th>Nodo J</th> <th>N [daN]</th> <th>Ti [daN]</th> <th>Tj [daN]</th> <th>Mi [daNcm]</th> <th>Mj [daNcm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>C1</td><td>15</td><td>23</td><td>1.76</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>C2</td><td>23</td><td>21</td><td>1.73</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>C3</td><td>21</td><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>C4</td><td>16</td><td>22</td><td>1.801</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Cat	Nodo I	Nodo J	N [daN]	Ti [daN]	Tj [daN]	Mi [daNcm]	Mj [daNcm]	C1	15	23	1.76	0	0	0	0	C2	23	21	1.73	0	0	0	0	C3	21	2	0	0	0	0	0	C4	16	22	1.801	0	0	0	0																										
Cat	Nodo I	Nodo J	N [daN]	Ti [daN]	Tj [daN]	Mi [daNcm]	Mj [daNcm]																																																													
C1	15	23	1.76	0	0	0	0																																																													
C2	23	21	1.73	0	0	0	0																																																													
C3	21	2	0	0	0	0	0																																																													
C4	16	22	1.801	0	0	0	0																																																													
Sollecitazioni pilastri	Fuerza axial y momento soportado por cada elemento el los extremos de las columnas presentes en el muro.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pil</th> <th>Nodo I</th> <th>Nodo J</th> <th>N [daN]</th> <th>Txi [daN]</th> <th>Txj [daN]</th> <th>Tyi [daN]</th> <th>Tyj [daN]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>P1</td><td>20</td><td>21</td><td>-16.612</td><td>5</td><td>-5</td><td>-12.563</td><td>12.563</td></tr> <tr><td>P4</td><td>17</td><td>18</td><td>-7.333</td><td>-32</td><td>32</td><td>135.845</td><td>-135.845</td></tr> </tbody> </table>	Pil	Nodo I	Nodo J	N [daN]	Txi [daN]	Txj [daN]	Tyi [daN]	Tyj [daN]	P1	20	21	-16.612	5	-5	-12.563	12.563	P4	17	18	-7.333	-32	32	135.845	-135.845																																										
Pil	Nodo I	Nodo J	N [daN]	Txi [daN]	Txj [daN]	Tyi [daN]	Tyj [daN]																																																													
P1	20	21	-16.612	5	-5	-12.563	12.563																																																													
P4	17	18	-7.333	-32	32	135.845	-135.845																																																													

Así que simplemente en la pestaña seleccionamos el tipo de información que requerimos.

Otros resultados importantes del análisis pueden apreciarse en la ventana ofrecida por el ícono **Visualizza dettagli analisi**, al hacer clic en este ícono podemos apreciar la siguiente información:



En la sección superior izquierda de esta ventana, bajo el título **verifiche**, podemos apreciar los detalles de comprobación del comportamiento estructural según la OPCM 3274; por Estado Límite Último (SLU) arriba y bajo este la comprobación por Estado Límite de Daño (SLD). A la izquierda, bajo el título **analisi**, tenemos un resumen de los aspectos más importantes que se tuvieron en cuenta para el análisis, tales como; norma técnica usada para el análisis, carga tenida en cuenta para el cálculo de la carga sísmica, dirección del sismo aplicado, nodo de control, nivel en que se encuentra el nodo de control, excentricidad en la aplicación del sismo y la versión utilizada del programa.

En el extremo inferior derecho de la ventana, bajo el título **modello**, podemos apreciar un resumen de las características de la estructura, tal como el nombre bajo el cual se guardo el archivo, la cantidad de paredes y niveles que tiene, su número de nodos, la cantidad de materiales que se usaron, cantidad de elementos, cantidad de vigas, columnas, etc.

En el área denominada **Parámetri di Análisi**, aparecen las propiedades sísmicas de la edificación, tales como:

T*: Período del sistema equivalente

m*: masa del sistema equivalente

W: Masa total de la estructura

Ductilidad disponible: Relación entre el movimiento último y movimiento límite elástico

Capacidad (carga): Relación entre la fuerza resistente límite y masa del sistema equivalente

Masa participante: m^*/W

14. ADAPTACION DEL SOFTWARE PARA EL USO EN COLOMBIA

El software de análisis no lineal de estructuras de mampostería es un programa italiano, por esta razón el programa modela y analiza las edificaciones a través de los lineamientos marcados por las tres normas técnicas para la construcción de estructuras sismo resistentes vigentes actualmente en dicho país, las cuales son:

O.P.C.M. 3274 de 2003
Norme Tecniche del 2008
D.M.16 gennaio de 1996

El software 3muri, a diferencia de otros programas de análisis de estructuras más conocidos, tales como el SAP2000, no requiere que el usuario inserte el espectro sísmico a utilizar, ni que indique coeficientes de carga para que el modelamiento se realice conforme a la norma técnica que se desee. El 3muri ya tiene en cuenta los coeficientes, fórmulas y espectros sísmicos de las tres normas italianas anteriormente mencionadas, por lo cual lo único que el usuario debe hacer es indicar datos de la edificación, tales como:

Tipo de suelo en el que se va a construir
Zona sísmica
Coefficientes de importancia de la estructura
Coefficientes de mayoración de carga

Con estos datos el programa se remite automáticamente a las formulas propias de cada una de las tres normas técnicas que usa y realiza el análisis de la edificación conforme a estas. Teniendo en cuenta que algunos de los objetivos del manual es:

"Ilustrar el proceso de modelación y análisis de edificaciones de mampostería de la ciudad de Bucaramanga mediante el uso del programa" e "Interpretar los resultados obtenidos en los modelos de edificaciones de mampostería de Bucaramanga con el programa "3muri"

Se concluye que es de gran importancia encontrar la forma de adaptar el software para su uso en Colombia, lo que quiere decir que requiere que el software cumpla las normas técnicas para la construcción sismorresistente en nuestro país.

Como el 3muri fue programado para trabajar de antemano con tres normas técnicas italianas, pretender realizar análisis y modelamientos en el software 3muri que cumpla con la norma NSR-98 dejó de ser una posibilidad, por lo cual se paso a ver cuál de las tres normas que contempla el programa es más cercana a la colombiana.

Luego de un análisis de las tres normas y hacer un paralelo entre cada una de ellas y la NSR-98, llegamos a la conclusión que la más similar a esta es la O.P.C.M. 3274 de 2003.

En el proceso de estudio del software, se observó que este se remite a la norma técnica OPCM 3274 en 2 partes específicas de la modelación en el programa.

14.1. Paralelo entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto al espectro sísmico

En el comando *Cárico*, se indica cierta información de la edificación para definir el espectro a utilizar en el análisis, información tal como el tipo de suelo en el que se levanta la edificación y la zona sísmica del país (Italia) en la que se encuentra la estructura para definir la carga sísmica a aplicar en el modelo:



Encontramos gran similitud entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la NSR-98 de Colombia, pues las dos requieren la misma información para definir el espectro a utilizar en el modelo, la diferencia radica en las fórmulas que definen cada segmento de los espectros, que si bien son distintas llegan a resultados numéricamente similares. Como la información requerida por la OPCM 3274 y la NSR-98 es básicamente la misma, se requiere hacer una equivalencia entre las dos normas para insertar en el programa 3muri.

14.2. Equivalencia entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto al suelo de fundación

Se inicio esta comparación con los tipos de suelo de fundación. Los tipos de suelos clasificados cuentan con casi las mismas propiedades, por esto es posible realizar equivalencia entre las categorías de suelo señaladas por las dos normas:

Tipo de suelo de fundación para el análisis sísmico

NSR-98: A.2.4. Efectos sísmicos locales	Equivalencia	OPCM 3274: Artículo 3.1. Categorie di suolo di fondazione
Suelo S1		Suolo tipo A
Suelo S2		Suolo tipo B
Suelo S3		Suolo tipo C
Suelo S4		Suolo tipo D

14.3. Equivalencia entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto a la zona de amenaza sísmica

Para el cálculo del espectro tanto la OPCM 3274 como la NSR-98 se tiene en cuenta la zona sísmica del país en el que se encuentra ubicada la estructura. La OPCM 3274, divide el país en 4 zonas sísmicas, mientras que la NSR-98 la divide en 3, cada zona se caracteriza con un coeficiente, en la norma italiana llamado A_g y en la colombiana A_a , estos dos coeficientes indican una proporción o porcentaje de la aceleración de la gravedad:

$$A_g = A_a$$

A continuación la tabla de equivalencia de las zonas sísmicas:

NSR-98: A.2.3. Zonas de amenaza sísmica		EQUIVALE A	OPCM 3274: 3.2.1. Zone sismiche		
Zona de amenaza sísmica	A_a		Zona de amenaza sísmica	A_g	
Alta	Entre 0.45 y 0.25			1	0.35
Intermedia	Entre 0.2 y 0.15			2	0.25
Baja	Entre 0.1 y 0.05			3	0.15
			4	0.05	

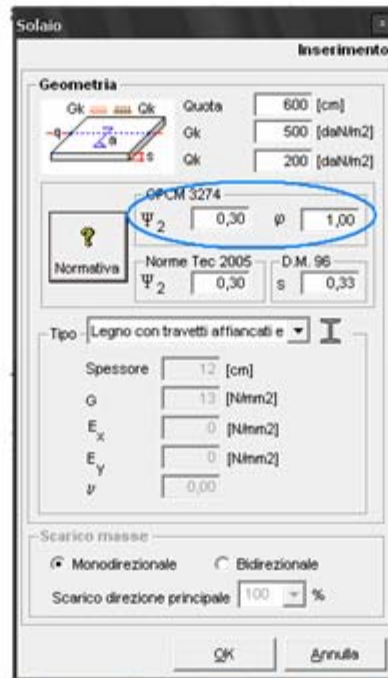
Vemos a qué zona sísmica pertenece la ciudad donde se encuentra la edificación a modelar y el coeficiente A_a que le asigna la NSR-98, hecho esto vemos en esta tabla a qué zona de amenaza sísmica pertenece según la OPCM 3274 y qué Coeficiente A_g le pertenece. En la ventana de definición de **azione sísmica** sólo indicamos la zona sísmica (equivalente en la norma OPCM 3274). Por ejemplo la ciudad de Bucaramanga se encuentra según la NSR-98 en una zona de amenaza sísmica alta y cuenta con un coeficiente A_a de 0.25, lo cual en la norma técnica italiana corresponde a una zona de amenaza sísmica 2, que cuenta con un coeficiente A_g igual a 0.25, exactamente igual.

14.4. Equivalencia entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto al coeficiente de importancia de la edificación

El coeficiente de importancia de la estructura se define de la misma forma que se hace en la NRS-98 en el artículo A.2.5. para edificaciones destinadas a vivienda, como los ejemplos modelados para la interpretación de resultados, el coeficiente de importancia corresponde a 1.

14.5. Paralelo entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto los coeficientes de mayoración de carga de la placa de entepiso

En el proceso de modelación de la estructura es importante indicar en la inserción de las placas de entepiso la carga muerta y viva que soporta este elemento, tal como indica la norma técnica colombiana; la italiana solicita que estas cargas sean mayoradas, para lo cual requiere que se seleccionen coeficientes de mayoración:



Estos coeficientes dependen del uso de la placa, según la norma técnica italiana, estos coeficientes se determinan de acuerdo con las siguientes tablas:

Tabla 3.4 OPCM 3274
Coefficiente ψ_2

Uso destinado del edificio	ψ_2
Habitacional u Oficinas	0,30
Edificio de oficinas públicas, establecimiento educativo de negocios	0,60
Placa que soporta tejas o cargas de nivel	0,20
Edificio de revista, presa o para archivo de documentos	0,80
Placa que soporta cargas de viento considerables o altas variaciones térmicas	0,00

Tabla 3.5 OPCM 3274
Coefficiente ϕ

Destinacion de la placa	ϕ
Cobertura	1,0
Archivo o bodega	1,0
Carga correlacionada	0,8
Carga independiente	0,5

Determinamos el uso de la edificación y de la placa y se insertan los coeficientes en la ventana de definición de las placas (Solaio), en las casillas que se indican arriba en la ventana de definición de la placa.

14.6. Modificaciones al espectro sísmico de la ciudad de Bucaramanga según la norma técnica italiana OPCM 3274

Con el propósito de minimizar los errores producto de la diferencia entre las normas técnicas, graficaremos el espectro para la ciudad de Bucaramanga según la NSR-98, y según la OPCM 3274 (utilizando las equivalencias anteriormente mencionadas).

14.6.1. Espectro sísmico de la ciudad de Bucaramanga según NSR-98

Según la norma técnica colombiana, la ciudad de Bucaramanga cuenta con las siguientes propiedades sísmicas:

Aa	0,25
S (suelo de fundación S2)	1,2
I (edificación destinada a vivienda)	1

Calculamos los periodos del espectro:

To: 0,3 seg
 Tc: 0,48 S: 0,48.1,2: 0,576 seg
 Tl: 2,4 S : 2,40.1,2: 2,880 seg

Así tenemos que los periodos del espectro son:

To (seg)	0,3
Tc (seg)	0,576
Tl (seg)	2,88

Hallamos las ecuaciones del espectro para cada intervalo de periodos:

$$0 < T < T_0:$$

$$S_a = 2,5 \cdot A_a \cdot I = 2,5 \cdot 0,25 \cdot 1 = 0,625$$

$$T_0 < T < T_c:$$

$$S_a = 2,5 \cdot A_a \cdot I = 2,5 \cdot 0,25 \cdot 1 = 0,625$$

$$T_c < T < \Pi:$$

$$S_a = \frac{1,2 \cdot A_a \cdot I \cdot S}{T} = \frac{1,2 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,2}{T} = \frac{0,36}{T}$$

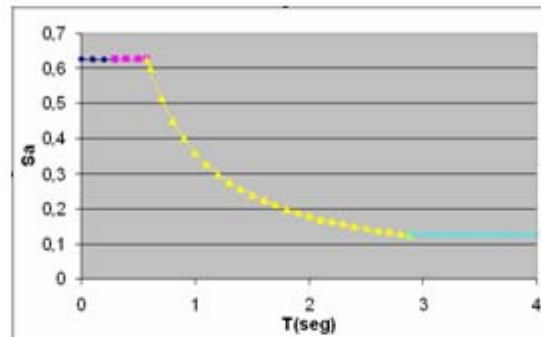
$$\Pi < T:$$

$$S_a = \frac{A_a \cdot I}{2} = \frac{0,25 \cdot 1}{2} = 0,125$$

Con estas ecuaciones hallamos el valor de S_a para valores de T desde 0 seg hasta 4 seg, incrementando el periodo cada 0,1 seg:

T < T ₀		T ₀ < T < T _c		T _c < T < Π		Π < T	
T (seg)	S _a	T (seg)	S _a	T (seg)	S _a	T (seg)	S _a
0	0,625	0,576	0,625	1,7	0,212	2,88	0,125
0,1	0,625	0,6	0,600	1,8	0,200	2,9	0,125
0,2	0,625	0,7	0,514	1,9	0,189	3	0,125
0,3	0,625	0,8	0,460	2	0,180	3,1	0,125
T ₀ < T < T _c		0,9	0,400	2,1	0,171	3,2	0,125
T (seg)	S _a	1	0,360	2,2	0,164	3,3	0,125
0,3	0,625	1,1	0,327	2,3	0,157	3,4	0,125
0,4	0,625	1,2	0,300	2,4	0,150	3,5	0,125
0,5	0,625	1,3	0,277	2,5	0,144	3,6	0,125
0,576	0,625	1,4	0,257	2,6	0,138	3,7	0,125
		1,5	0,240	2,7	0,133	3,8	0,125
		1,6	0,225	2,8	0,129	3,9	0,125
				2,88	0,125	4	0,125

Graficamos este espectro:



14.6.2. Espectro sísmico de la ciudad de Bucaramanga según OPCM 3274

Según la norma técnica NSR-98, la ciudad de Bucaramanga cuenta con las siguientes propiedades sísmicas:

Aa	0,25
S (suelo de fundación S2)	1,2
I (edificación destinada a vivienda)	1

Realizando un equivalente con la norma italiana, tenemos que la ciudad de Bucaramanga cuenta con las siguientes propiedades, suelo de fundación tipo B y zona sísmica 2, para esto tenemos:

Ag	0,25
S	1,25
II (para amortiguamientos de 5%)	0,853

Para edificaciones en suelos de fundación tipo B tenemos el espectro definido por los siguientes periodos:

Tb=	0,15
Tc=	0,5
Td=	2

Hallamos las ecuaciones del espectro italiano para cada intervalo de periodos:

$$0 < T < T_b \quad Se = Ag.S \left(1 + \frac{T}{T_b} (\eta 2,5 - 1) \right) = 0,25 \cdot 1,25 \cdot \left(1 + \frac{T}{0,15} (1,25 - 1) \right) = 0,3125 (1 + 10 T)$$

$$T_b < T < T_c$$

$$Se = Ag.S.\eta 2,5 = 0,25 \cdot 1,25 \cdot 1,25 = 0,78125$$

$$T_c < T < T_d$$

$$Se = Ag.S.\eta 2,5 \left(\frac{T_c}{T} \right) = \frac{0,25 \cdot 1,25 \cdot 1,25 \cdot 0,5}{T} = \frac{0,390625}{T}$$

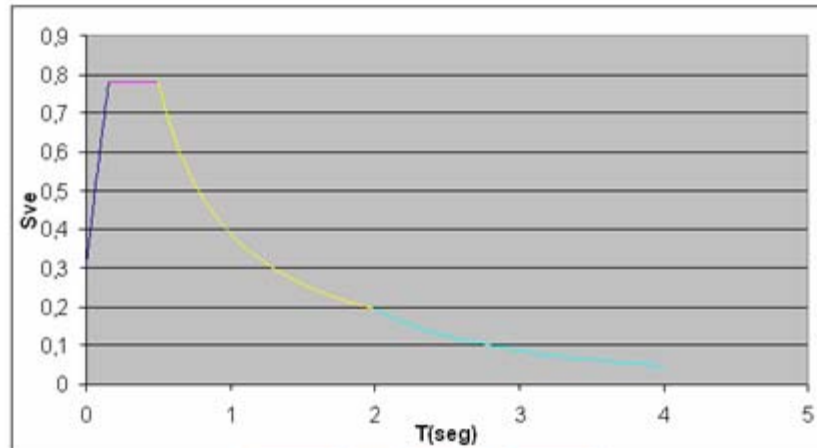
$$T_d < T$$

$$Se = Ag.S.\eta 2,5 \left(\frac{T_c T_d}{T^2} \right) = 0,25 \cdot 1,25 \cdot 1,25 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 2}{T^2} \right) = \frac{0,390625}{T^2}$$

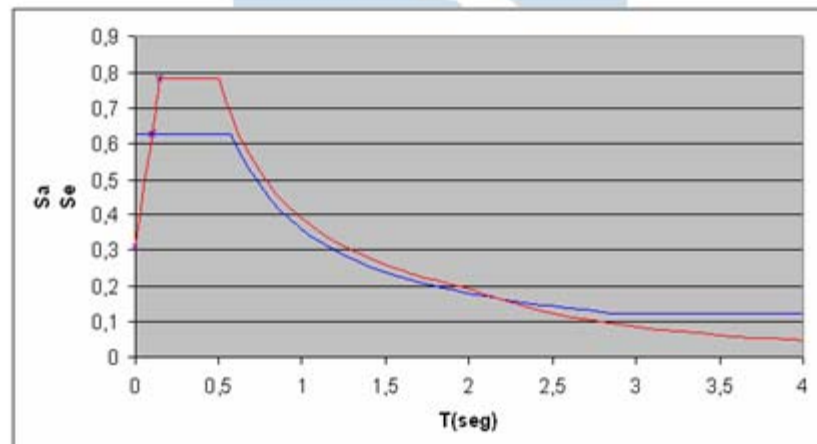
Con estas ecuaciones hallamos el valor de Sa para valores de T desde 0 seg hasta 4 seg, incrementando el periodo cada 0,1 seg:

0 < T < T _b		T _c < T < T _d		T _d < T		T > T _d	
T (seg)	Se	T (seg)	Se	T (seg)	Se	T (seg)	Se
0	0,3125	0,6	0,6510	2	0,1953	3,4	0,0676
0,1	0,625	0,7	0,5580	2,1	0,1772	3,5	0,0638
0,15	0,78125	0,8	0,4883	2,2	0,1614	3,6	0,0603
T_b < T < T_c		0,9	0,4340	2,3	0,1477	3,7	0,0571
T (seg)	Se	1	0,3906	2,4	0,1356	3,8	0,0541
0,15	0,78125	1,1	0,3551	2,5	0,1250	3,9	0,0514
0,2	0,78125	1,2	0,3255	2,6	0,1156	4	0,0488
0,3	0,78125	1,3	0,3005	2,7	0,1072		
0,4	0,78125	1,4	0,2790	2,8	0,0996		
0,5	0,7813	1,5	0,2604	2,9	0,0929		
		1,6	0,2441	3	0,0868		
		1,7	0,2298	3,1	0,0813		
		1,8	0,2170	3,2	0,0763		
		1,9	0,2056	3,3	0,0717		

Graficamos este espectro:



Graficamos los dos espectros juntos para apreciar diferencias y similitudes:



En rojo podemos ver el espectro calculado por la norma OPCM 3274 y en azul el espectro calculado por la NSR-98. Apreciamos que la norma italiana presenta en su mayoría valores de aceleración espectral mayores a las de la norma colombiana, exceptuando para periodos menores de 0.1 seg y mayores a 2 seg.

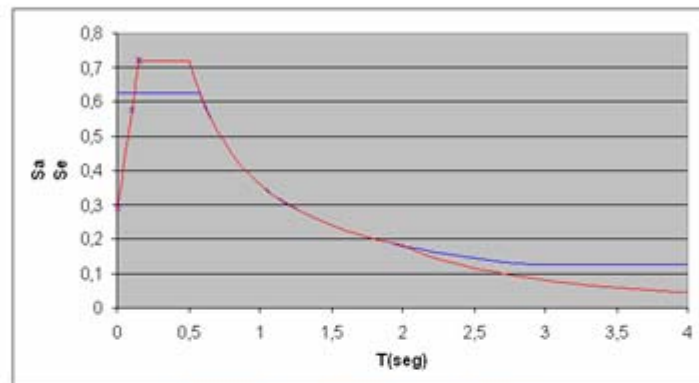
Con el objetivo de calcular un valor de proporción entre los dos espectros, calculamos los cocientes entre las aceleraciones espectrales de la NSR-98 y la OPCM 3274:

ESPECTRO SISMICO NSR-98		ESPECTRO SISMICO OPCM 3274		PROPORCION
T (seg)	Sa	T (seg)	Se	:Se/Sa
0<T<T ₀		0<T<T _b		
0	0,625	0	0,313	0,500
0,1	0,625	0,1	0,625	1,000
0,2	0,625	0,2	0,781	1,250
0,3	0,625	0,3	0,781	1,250
0,4	0,625	0,4	0,781	1,250
0,5	0,625	0,5	0,781	1,250
0,600	0,600	0,6	0,651	1,085
0,700	0,514	0,7	0,558	1,085
0,800	0,450	0,8	0,488	1,085
0,900	0,400	0,9	0,434	1,085
1,000	0,360	1	0,391	1,085
1,100	0,327	1,1	0,355	1,085
1,200	0,300	1,2	0,326	1,085
1,300	0,277	1,3	0,300	1,085
1,400	0,257	1,4	0,279	1,085
1,500	0,240	1,5	0,260	1,085
1,600	0,225	1,6	0,244	1,085
1,700	0,212	1,7	0,230	1,085
1,800	0,200	1,8	0,217	1,085
1,900	0,189	1,9	0,206	1,085
2,000	0,180	2	0,195	1,085
2,100	0,171	2,1	0,177	1,033
2,200	0,164	2,2	0,161	0,986
2,300	0,157	2,3	0,148	0,944
2,400	0,150	2,4	0,136	0,904
2,500	0,144	2,5	0,125	0,868
2,600	0,138	2,6	0,116	0,835
2,700	0,133	2,7	0,107	0,804
2,800	0,129	2,8	0,100	0,775
2,9	0,125	2,9	0,093	0,743
3	0,125	3	0,087	0,694
3,1	0,125	3,1	0,081	0,650
3,2	0,125	3,2	0,076	0,610
3,3	0,125	3,3	0,072	0,574
3,4	0,125	3,4	0,068	0,541
3,5	0,125	3,5	0,064	0,510
3,6	0,125	3,6	0,060	0,482
3,7	0,125	3,7	0,057	0,457
3,8	0,125	3,8	0,054	0,433
3,9	0,125	3,9	0,051	0,411
4	0,125	4	0,049	0,391

Vemos que la proporción predominante es 1.085069444, es decir, la aceleración espectral de la norma colombiana es igual a:

$$Sa(NSR-98) = \frac{Sa(OPCM - 3274)}{1.085069444}$$

Es decir, si dividimos el espectro italiano por 1.085069444, ocurre lo siguiente:



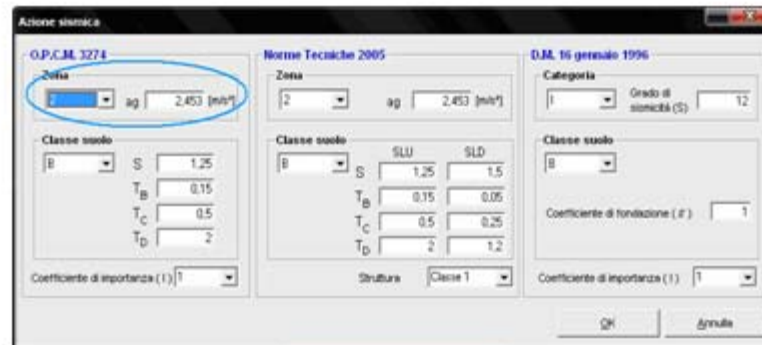
Así tenemos que para:

•**0.5s < T < 2s:** Vemos como la diferencia de los espectros para periodos entre 0.5 seg y 2 seg es casi nula, es decir, la norma italiana fue modificada y gracias a esto presenta valores casi idénticos a los de la NSR-98 para este intervalo.

•**0s < T < 0.5s:** Para periodos entre 0 seg y 0,5 seg, si bien no se pudo ajustar tan exitosamente el espectro italiano al colombiano como en el intervalo anterior, sí se logró aproximarlos, logrando que la aceleración espectral de la norma italiana sea tan sólo un 13.1944% mayor que la colombiana.

•**2s < T:** Para periodos mayores a 2 seg no es recomendable aplicar a la norma italiana el factor de proporción de 1.0850, debido a que en este intervalo la aceleración espectral aplicada por la norma italiana sería menor que la aplicada por la colombiana, lo cual podría generar problemas por subestimación de los efectos sísmicos.

Para aplicar esta modificación en la modelación y análisis del software 3muri nos dirigimos a la ventana **AZIONE SISMICA**:



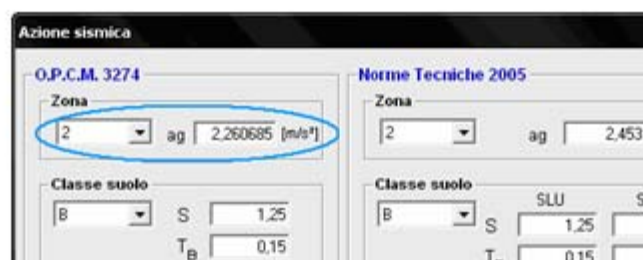
Vemos que están establecidos el tipo de suelo de cimentación (tipo B, suelo equivalente al S2) y zona sísmica 2 (equivalente a la zona sísmica en la que se encuentra ubicada Bucaramanga). Vemos que para una zona sísmica 2 se obtiene una aceleración espectral de 2.453 m/s²:

$$Ag \cdot g = 0,25 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 2,453 \frac{m}{s^2}$$

En las ecuaciones para la aceleración espectral de la norma OPCM 3274, vemos que Ag se encuentra multiplicando en todas ellas, por lo cual para aplicar el factor lo que debemos hacer es modificar este valor:

$$\text{modifica} \Rightarrow Ag \cdot g = 2,453 \frac{m}{s^2} \Rightarrow \text{por} \Rightarrow Ag \cdot g = \frac{2,453 \frac{m}{s^2}}{1,085069444} = 2,260685 \frac{m}{s^2}$$

En la siguiente gráfica apodemos ver la modificación:



15. EJEMPLO : MODELACIÓN Y ANÁLISIS DE EDIFICACIÓN DE DOS PISOS COMPLETAMENTE EN MAMPOSTERÍA

En la primera parte del manual de usuario del software 3muri, se explicaron las funciones y comandos que ofrece el programa para la modelación y análisis de estructuras de mampostería.

Con el fin de ilustrar el proceso completo de modelación y análisis, así como enseñar el orden en el cual se deben ir utilizando las diferentes herramientas para definir toda la estructura, se presenta el siguiente ejemplo.

La edificación que se desea modelar y posterior mente analizar es la siguiente:



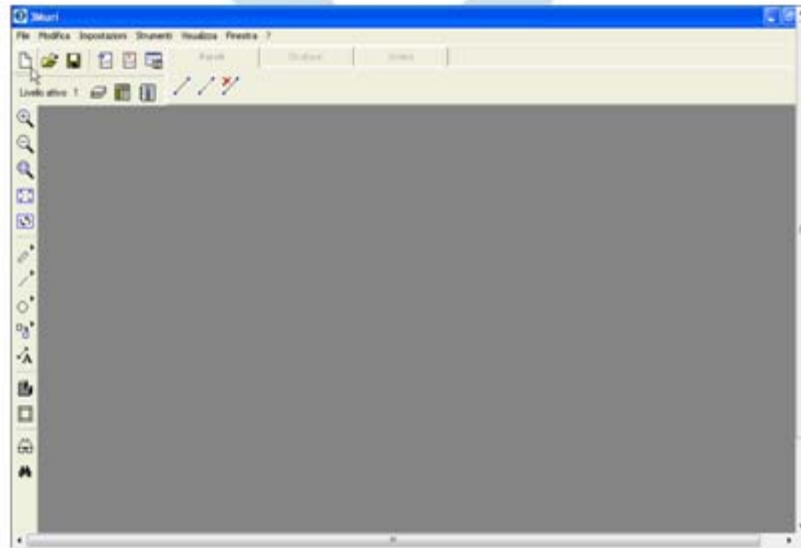
Como se puede apreciar, esta es una edificación de dos niveles con un balcón.

15.1. creación de un nuevo proyecto e importación del gráfico de apoyo en formato DXF

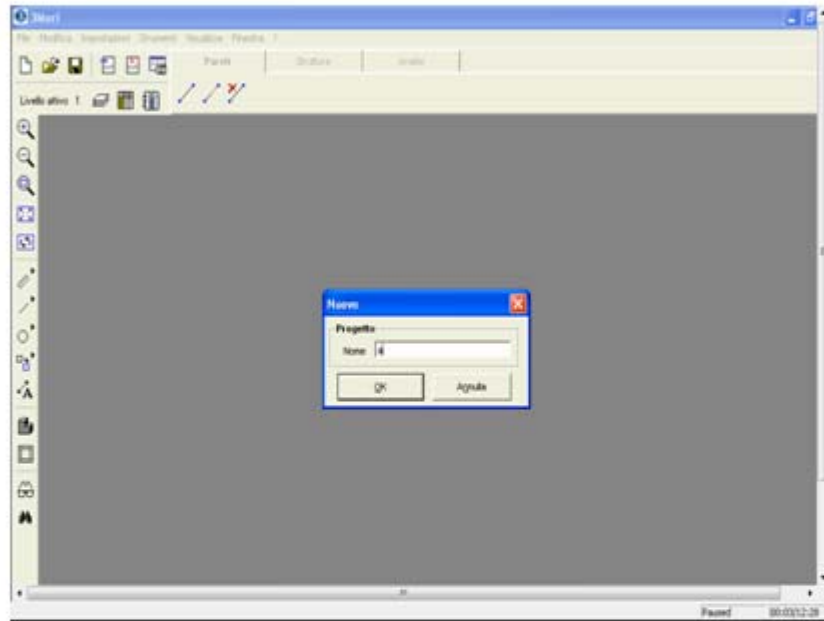
Primero que todo abrimos el programa por medio del ícono que en el momento de la instalación se ubica automáticamente en el escritorio del computador:



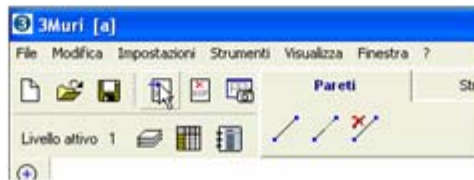
Una vez abierto el programa procedemos a abrir un archivo en blanco:



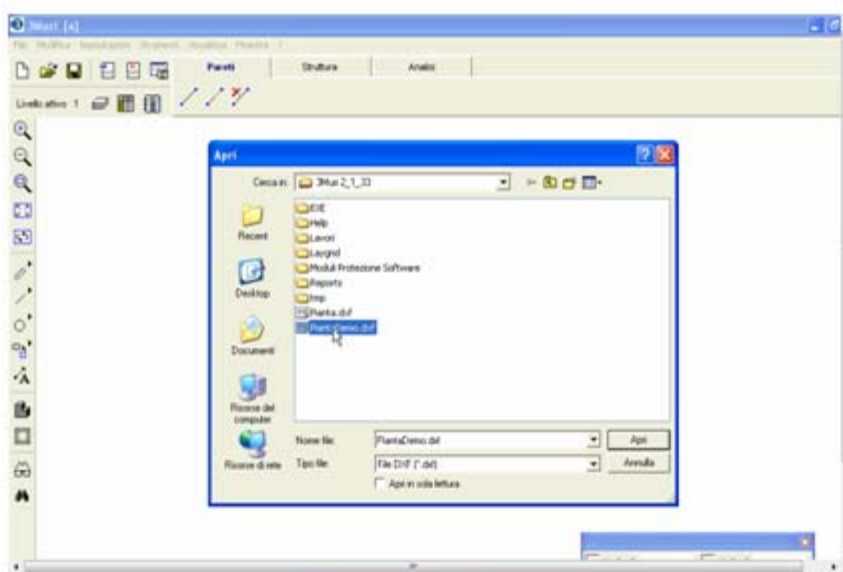
Al abrir el nuevo archivo, se solicita ingresar el nombre que se le quiere dar, así que se escribe el nombre que deseemos y damos clic en OK, de lo contrario en anulla para no continuar:



Hecho esto se abre la ventana en blanco. Podemos elegir si realizamos el gráfico de apoyo para la modelación a mano o lo importamos de un archivo de ACAD o DXF, recordemos que el gráfico de apoyo no es más que una vista en planta de la distribución de paredes, puertas y ventanas de la edificación. En este caso se decide importar un archivo DXF:



Al hacer clic en el ícono se abre una ventana de exploración en la cual buscamos el archivo DXF que se desea utilizar y damos clic en abrir:



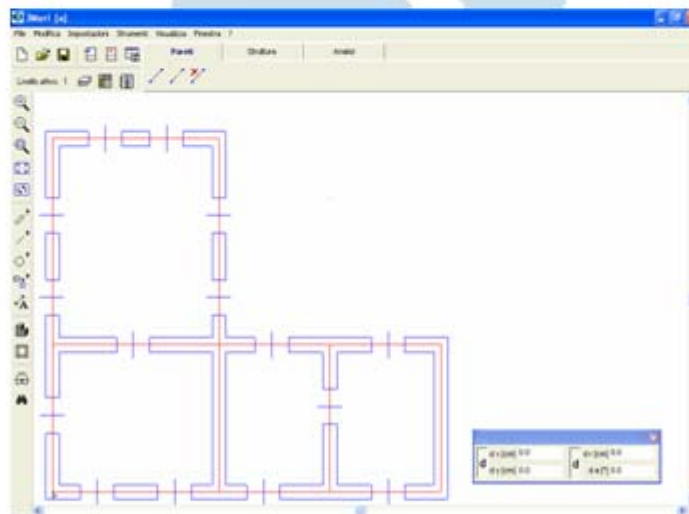
Hay que recordar que el modelo tuvo que haberse hecho en centímetros, debido a que el software 3muri asume que los modelos se encuentran en estas unidades. Si el gráfico de apoyo DXF fue realizado en metros, teniendo por ejemplo 3 metros de ancho, el programa lo tomará como de 3 centímetros de ancho.

Al hacer clic en abrir, el programa muestra una ventana, en la que el usuario debe especificar la escala del modelo, si el gráfico de apoyo en ACAD fue realizado con las medidas exactas que se desean manejar en el 3muri, no hay necesidad de aplicar escala y se coloca para X y Y el valor de uno (1): si por el contrario se desea que la edificación se modele más grande o más pequeña simplemente se ingresa la escala deseada, 1,5 por ejemplo si se desea ampliar en un 50% o 2 si se desea hacer en un 100%.

Si se desea rotar el dibujo de apoyo se ingresa en la casilla *angolo* el ángulo en grados que se desea girar. En este ejemplo no deseamos aplicar escala al gráfico de apoyo importado ni tampoco girar:



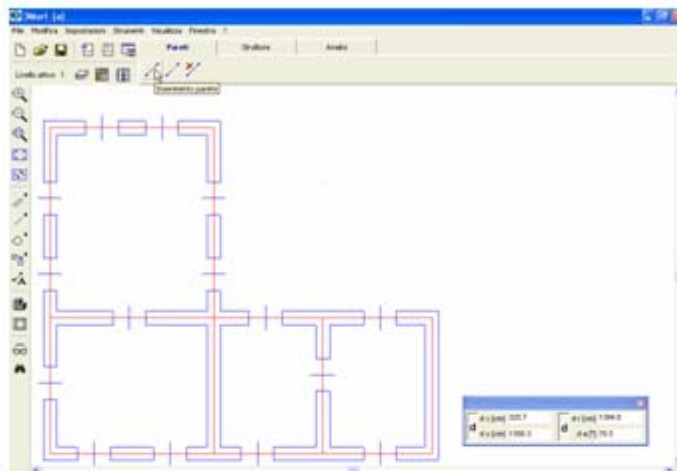
Una vez se definió la escala a aplicar en cada sentido y el ángulo de inclinación que se le quiere dar a la gráfica de apoyo, se hace clic en OK. Hecho esto se hace clic en el lugar de la pantalla en que se quiere ubicar la planta, teniendo en cuenta que en el lugar que se haga clic se ubicará el punto de origen del gráfico de apoyo hecho en ACAD:



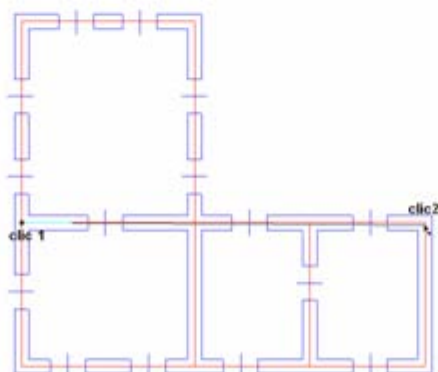
Observamos entonces que el lugar en que se hizo clic es un vértice de los ejes de las paredes, concluimos entonces que en este punto se ubicaba el origen de coordenadas en AutoCad.

15.2. Modelamiento de las paredes y aberturas

Se procede a continuación a ubicar las paredes basados en el gráfico de apoyo importado, para lo cual hacemos clic en el ícono **insertamiento pared**, ubicado en el menú **pareti**.

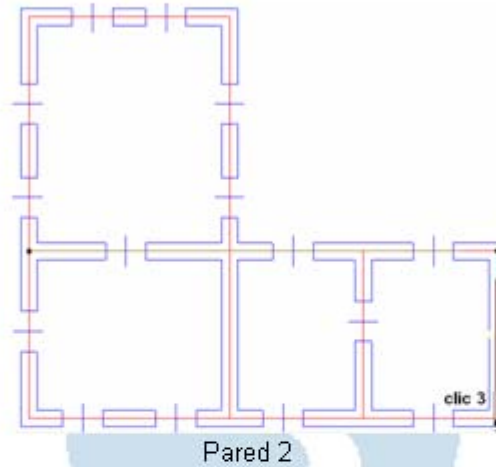


Una vez hecho esto empezamos trazar líneas sobre las paredes que indica el gráfico de apoyo, sin cortar la línea donde se supone hay ventanas o puertas y trazando líneas continuas que no se cortan en intersecciones entre paredes, a continuación vemos la forma adecuada de trazar las paredes:

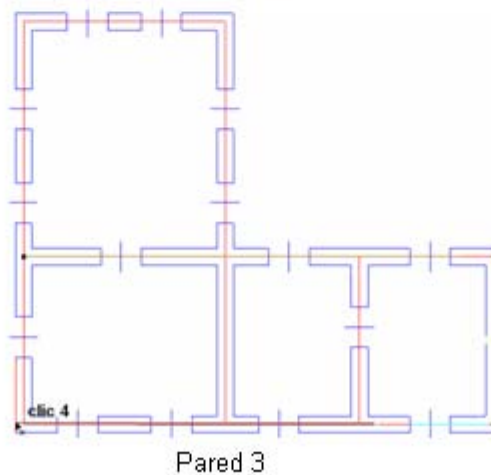


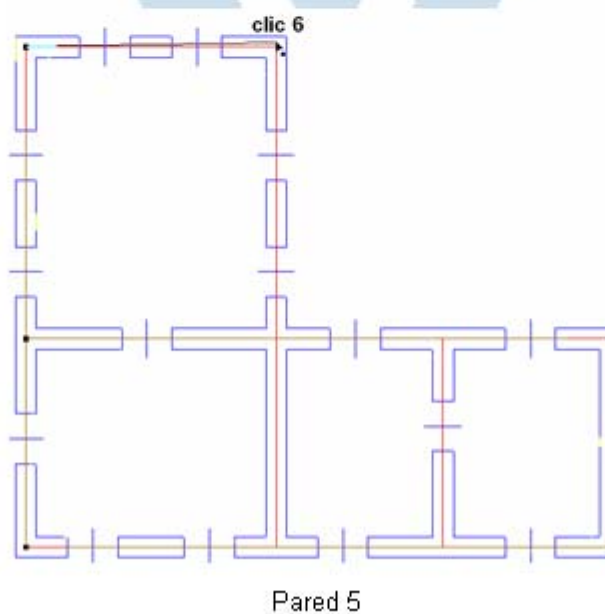
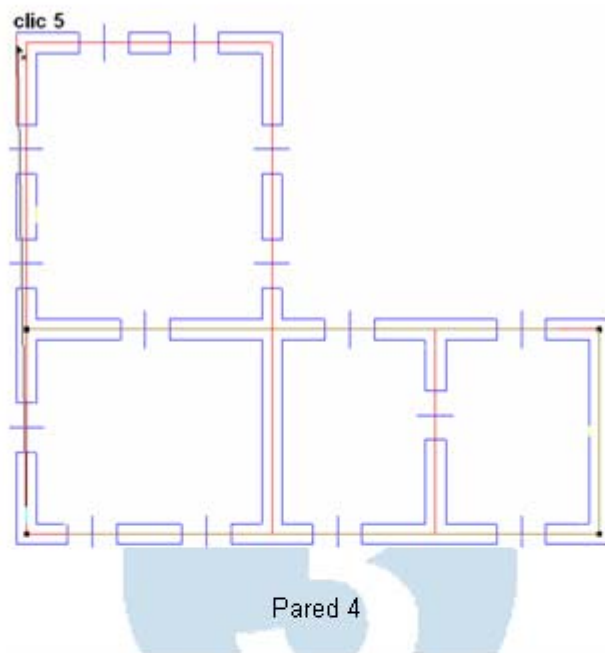
Pared 1

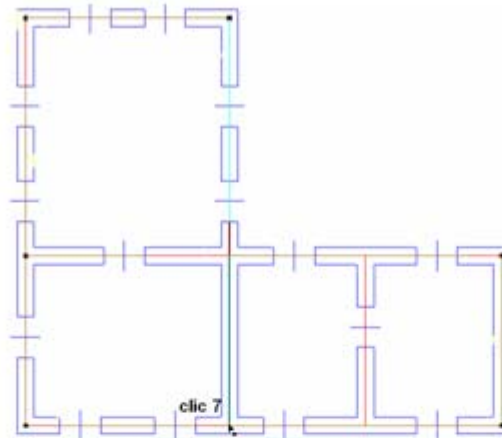
Se procede con la pared 2, como con el clic 2 se definió el segundo nodo, que es el final de la pared 1 y a la vez el inicial de la pared 2, no hay necesidad de volver a hacer clic sobre él, sólo se debe indicar donde termina la pared 2:



Podemos apreciar como las paredes que ya marcamos hace que cambie el color del eje de pared del gráfico de apoyo.

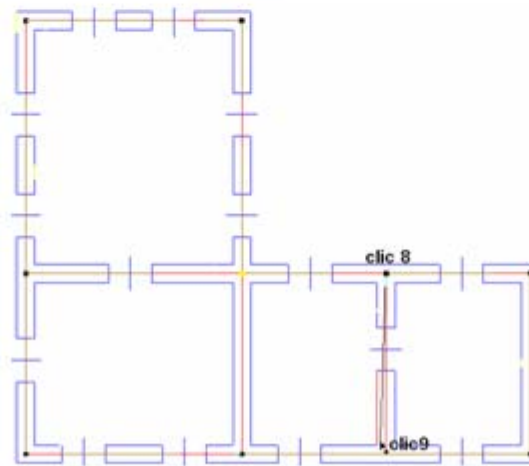






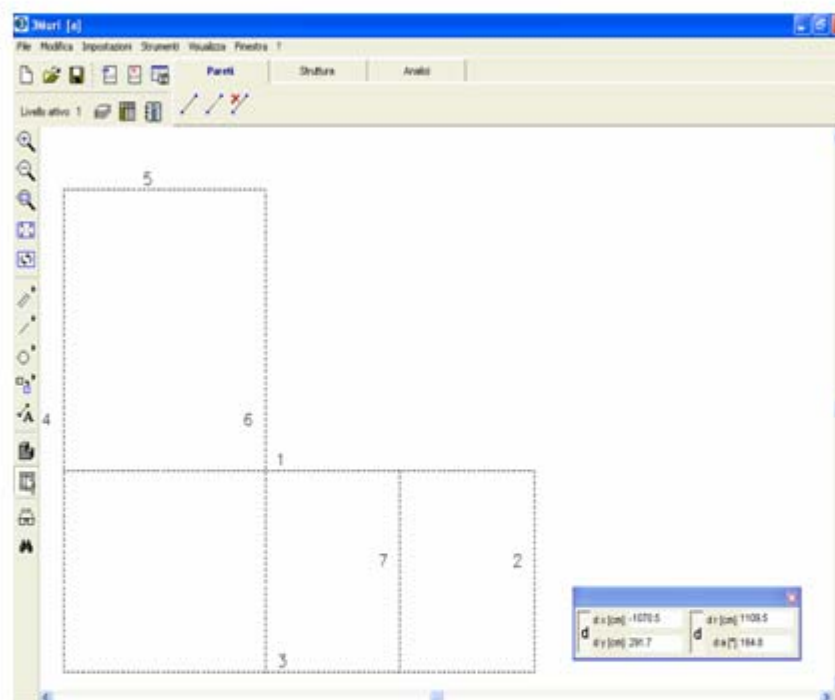
Pared 6

Falta una sola pared por definir, pero debido a que el nodo inicial de esta pared no coincide con el clic 7, debemos dar clic derecho en cualquier punto para detener la marcación de paredes. Damos clic nuevamente en el ícono **insertamiento pared** para poder insertar esta última pared, para esto debemos dar 2 clic para definir este muro, uno para el nodo inicial y otro para el final:



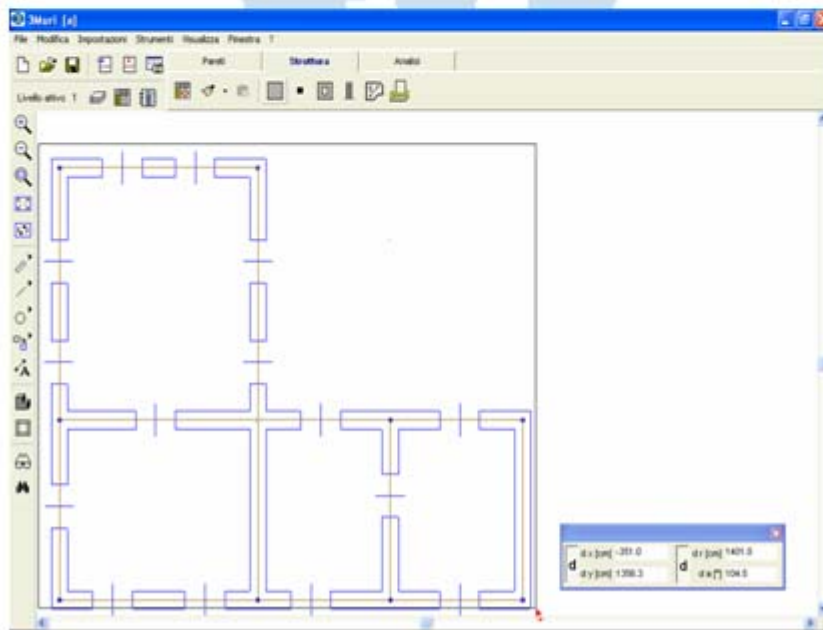
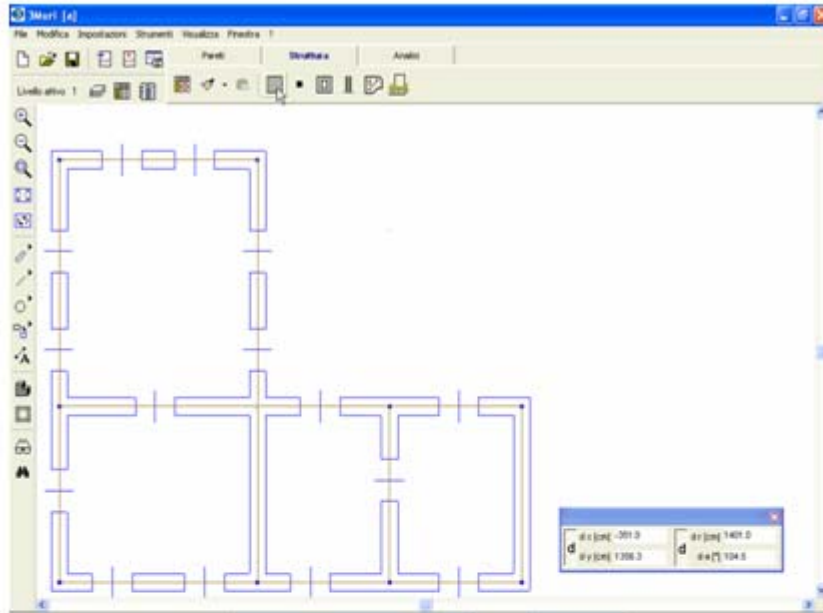
Pared 7

Una vez insertadas todas las paredes vamos al ícono de **vista planta del nivello**, ubicado a la izquierda de la ventana, esto con el fin de observar que se hayan insertado las paredes de la forma deseada:

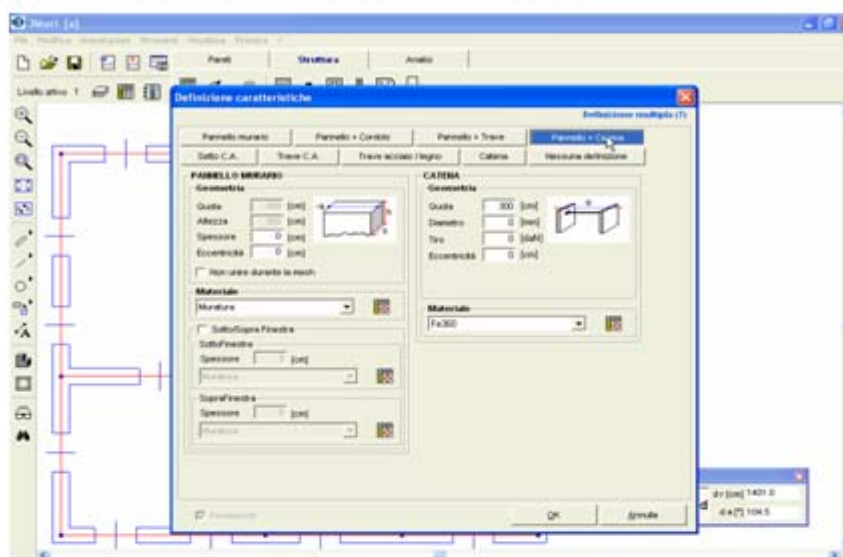


Verificada la correcta inserción de las paredes, damos clic nuevamente en el ícono para salir de la vista en planta y volver al área de trabajo.

Debemos ahora definir las características estructurales de las paredes, para lo cual se da clic al ícono **Asigna attributi segmenti parete** ubicado en el menú **struttura**. Haciendo clic en este ícono con el cursor creamos un cuadro dentro del cual queden las paredes que deseamos definir, que en este caso serán todas pues modelaremos todas las paredes de las mismas características y tipo.



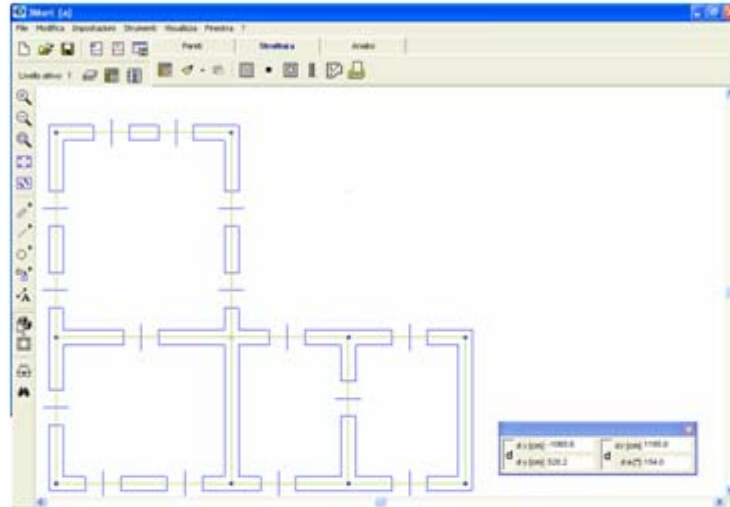
Marcado el cuadro que incluye las paredes a definir, aparece la ventana **definizione caratteristiche**, y damos clic en el menú del tipo de pared que deseamos, en este caso pared de panel y cadena:



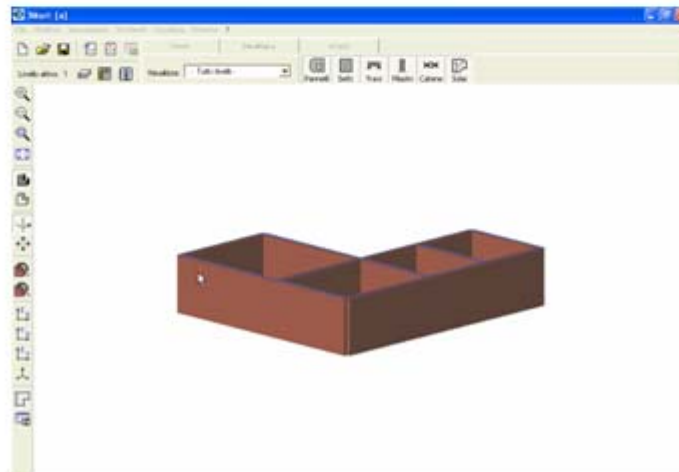
Y definimos todas las características y propiedades que se le desean atribuir a la pared y hacemos clic en OK:



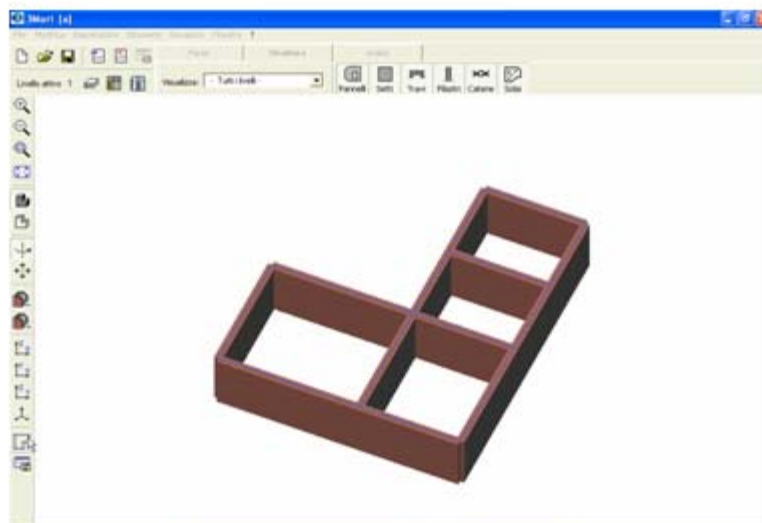
Definidas las características de las paredes, vamos al ícono vista 3D ubicado a la izquierda de la ventana, para observar como va el modelo 3D de la edificación hasta el momento:



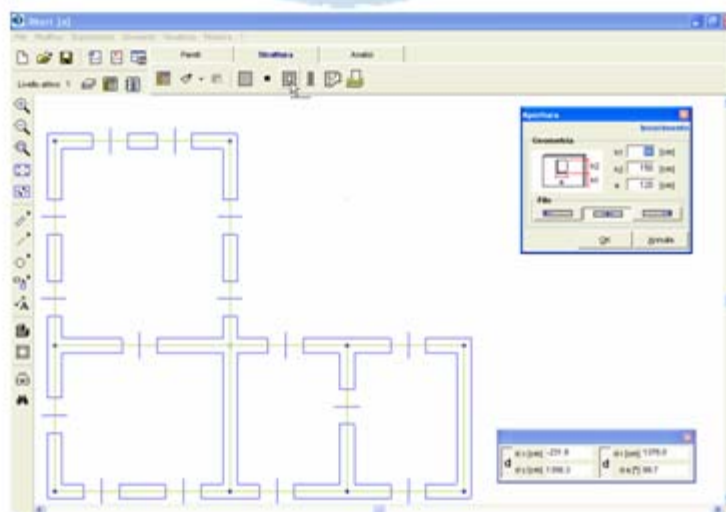
A continuación apreciamos el modelo 3D hasta el momento. Con el cursor en la vista 3D podemos hacer girar el modelo para apreciar con más detalle:



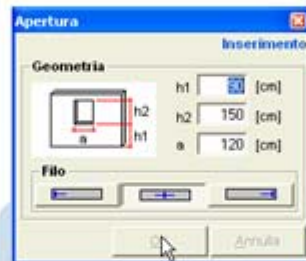
Damos clic en el ícono **torna all'ambiente di progetto**, para volver al área de trabajo:



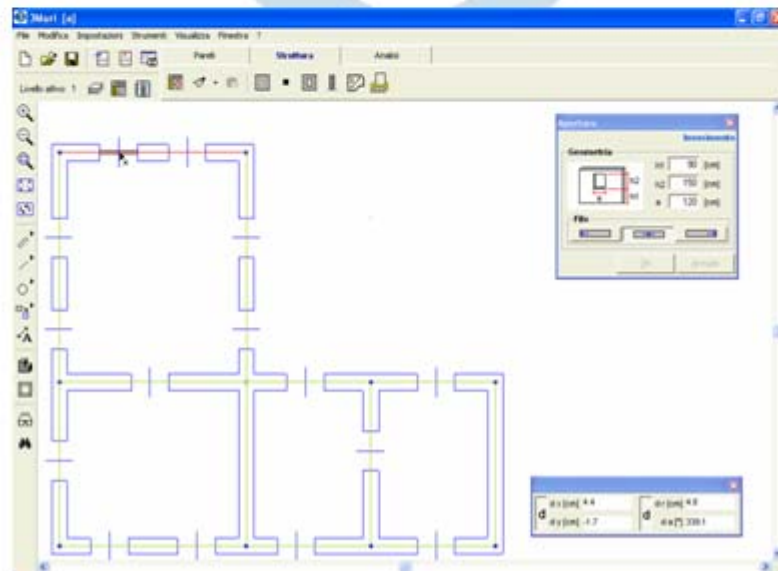
Una vez de vuelta al área de trabajo o ambiente de proyecto (como traduce al español), procedemos a insertar las puertas y ventanas dirigiéndonos al ícono **foro**, ubicado en el menú **struttura**:



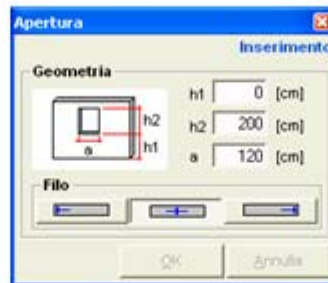
Sabemos que con esta misma herramienta podemos insertar tanto puertas como ventanas, las primeras se caracterizan por tener un h1 igual a 0, es decir empieza la abertura desde el suelo y las últimas por un h1 mayor a 50 centímetros por lo general. Entendido esto iniciamos insertando las ventanas, las cuales inician desde una altura de 90 cms en este caso, una vez definidas las dimensiones hacemos clic en OK:



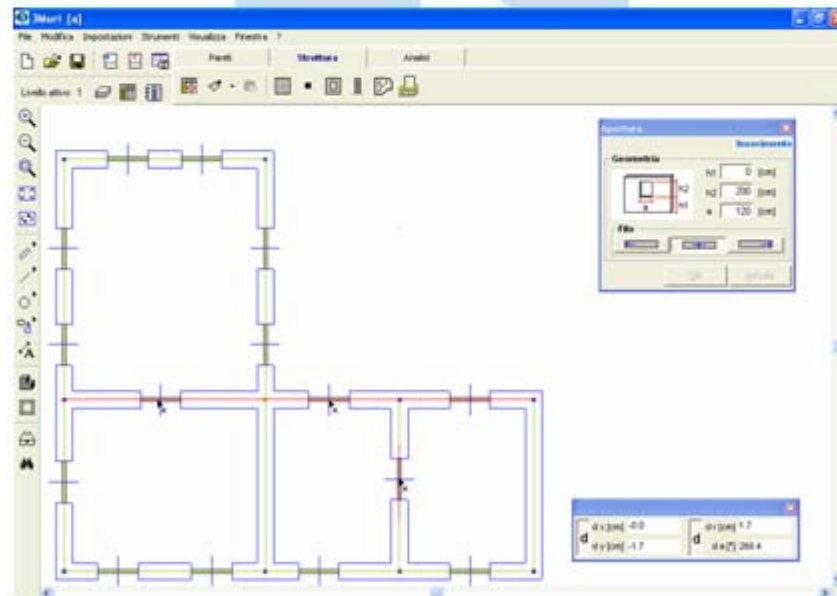
Procedemos a insertar las ventanas en los lugares indicados por el grafico de apoyo. Se insertan simplemente dando clic en las aberturas en el eje de la pared:



Vemos como al insertar las ventanas aparecen 2 líneas paralelas al eje de la pared. Cambiamos las dimensiones de la abertura para insertar las puertas:



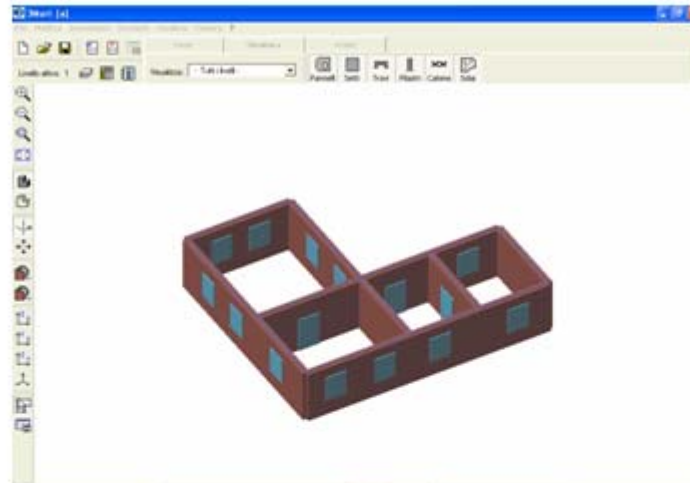
Insertadas las dimensiones de las puertas, sin dar clic nuevamente en OK, insertamos las puertas de la misma manera como se hizo con las ventanas:



Al terminar damos clic derecho en cualquier lugar para terminar la inserción de aberturas.

3muri

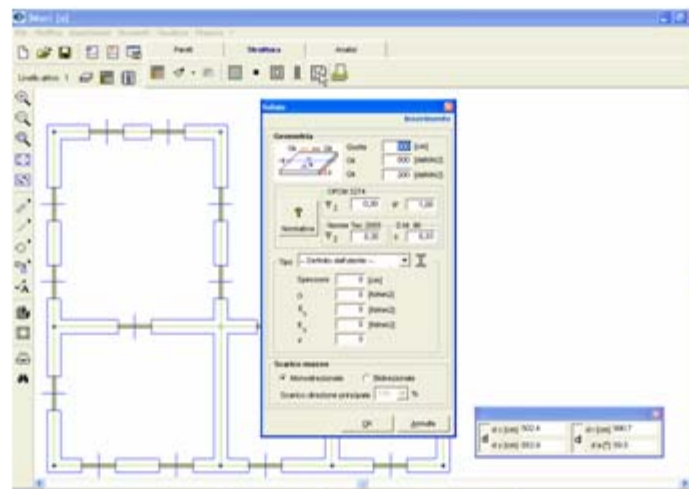
Terminada la inserción de aberturas nos dirigimos nuevamente a la vista 3D para observar cómo avanza el modelo:



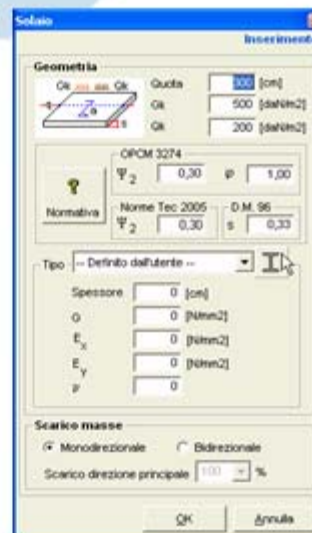
Y volvemos al área de trabajo.

15.3. Modelación de la estructura

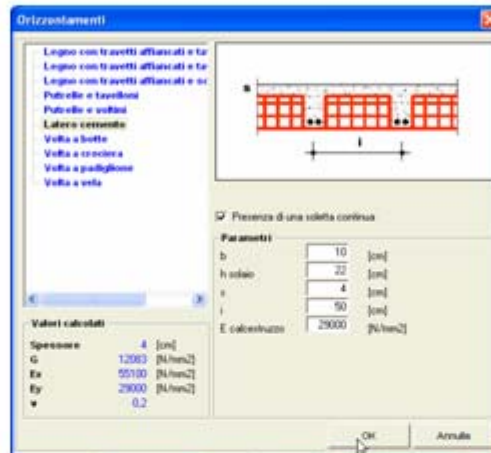
Una vez de vuelta al ambiente de trabajo, continuamos definiendo las demás características estructurales, iniciando con las de la placa dando clic en el ícono **solai** ubicado en el menú **struttura**:



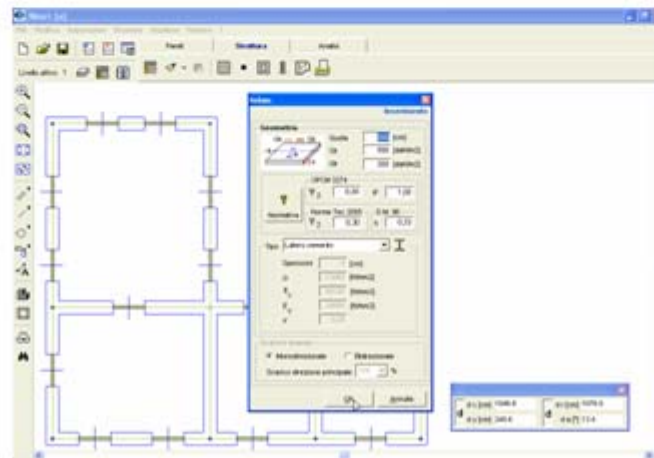
Una vez definida la altura de ubicación de la placa, las cargas que soporta y los coeficientes de carga, se decide usar una de las placas predeterminadas por el software, para eso hacemos clic en el ícono **calcolo parametri**, identificado con la sección I:



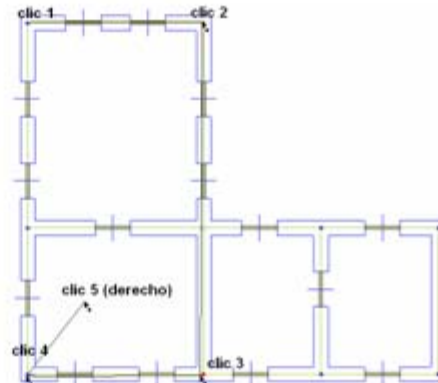
Se opta por una placa de tablero de cemento aligerado, que es la típica placa compuesta de viguetas en concreto reforzado. Se hace clic en la opción **presenza di una soletta continua**, para indicar que la placa superior es de espesor continuo y se procede a definir las propiedades geométricas y de los materiales a utilizar, al terminar damos clic en OK:



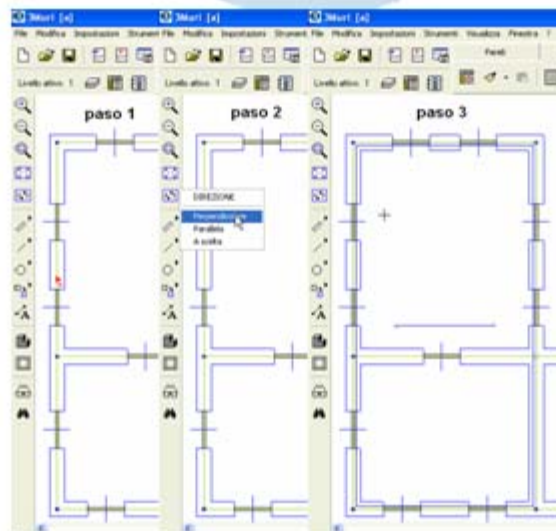
Apreciamos como las propiedades de la sección de la placa fueron calculadas automáticamente por el software. Se optó por una placa en una sola dirección. Finalizamos haciendo clic en OK:



Procedemos a indicar la ubicación de las placas y su sentido de distribución, para esto solo basta con dar clic en los nodos que definen el área en q se ubica la placa, como vemos a la derecha:



Una vez indicados los 4 nodos que limitan el área en que se quiere establecer la placa terminamos haciendo clic derecho en cualquier punto del área de trabajo para terminar la definición de nodos. Siguiente paso es definir el sentido en el que se dirigen las cargas (o las viguetas). Para este ejemplo será en sentido x, por lo cual damos clic en una de las paredes en sentido x e indicamos dirección paralela, o como se hizo en este ejemplo, se hizo clic en una pared en sentido y e indicamos dirección perpendicular, las dos opciones general el mismo efecto:

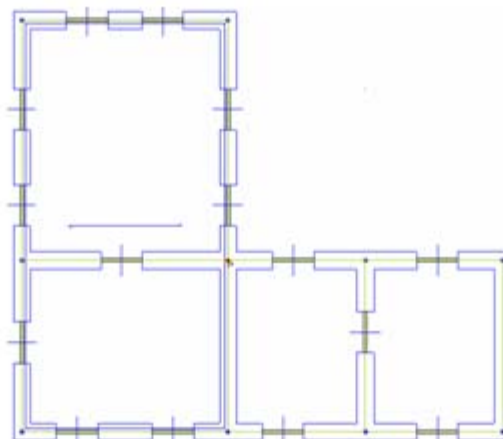


En el mosaico anterior vemos en el paso 1 la pared que se seleccionó, en el paso dos la selección de dirección perpendicular a la pared seleccionada y en el paso 3 el resultado obtenido. El software indica al final el sentido de distribución de carga y por consiguiente de las viguetas.

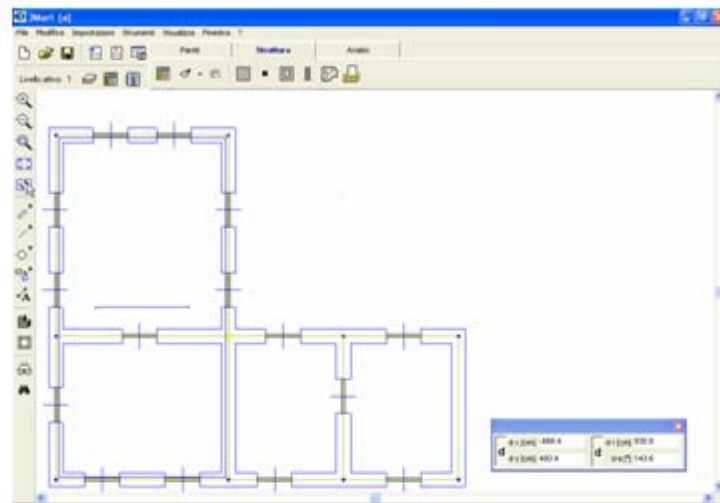
La placa esta apoyada en un nodo tipo 3. como se dijo en el capítulo de conceptos base para el uso del programa, estos nodos no sirven para apoyar placas, por lo cual es necesario insertar un nodo especial, para lo cual nos dirigimos al icono **inserimento nodo**, ubicado en el menú **struttura**:



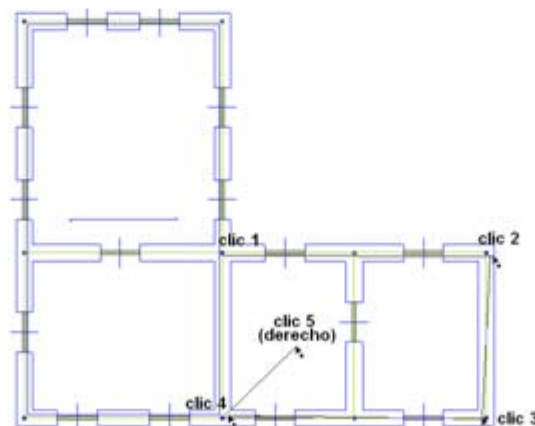
Y creamos un nodo en la ubicación del nodo 3, que como leímos en capítulos anteriores, son aquellos formados por la intersección total de dos muros, en este caso podemos identificarlo por su color gris pálido



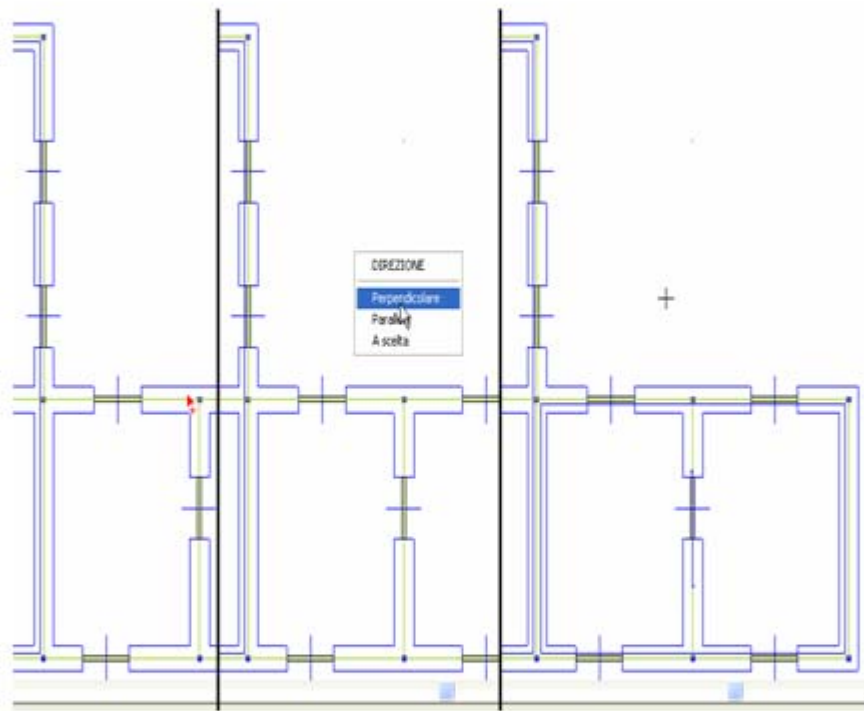
Insertado el nodo, nos dirigimos al icono **redisegna**, ubicado a la izquierda de la ventana, esto con el fin que el modelo se regenere y actualice los cambios:



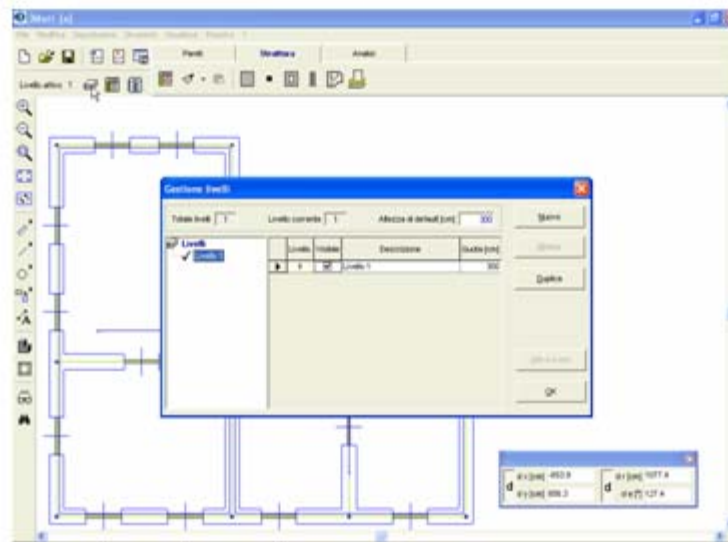
Procedemos a definir la otra sección de la placa, no se definió toda la placa de la edificación al mismo tiempo debido a que se desea modelar las placas distribuidas en sentidos distintos. Para modelar la otra placa se da clic nuevamente en el ícono **solai**, como las características de la placa ya fueron cargadas, no hay necesidad de definirla nuevamente.



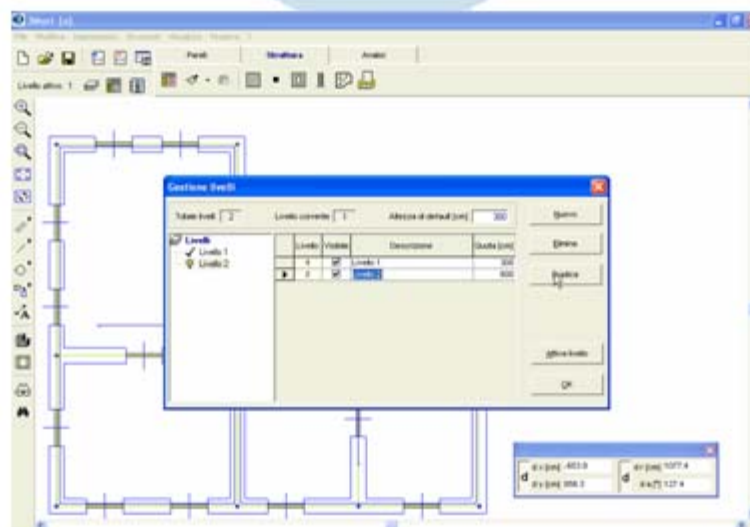
Igual que con la placa anterior, se da clic en cada uno de los 4 nodos que definen el área en que va la placa y se termina la tarea dando clic derecho en cualquier lugar del área de trabajo. Ahora sólo basta indicar la dirección de distribución de la carga, apreciamos en el siguiente mosaico nuevamente cómo se hace:



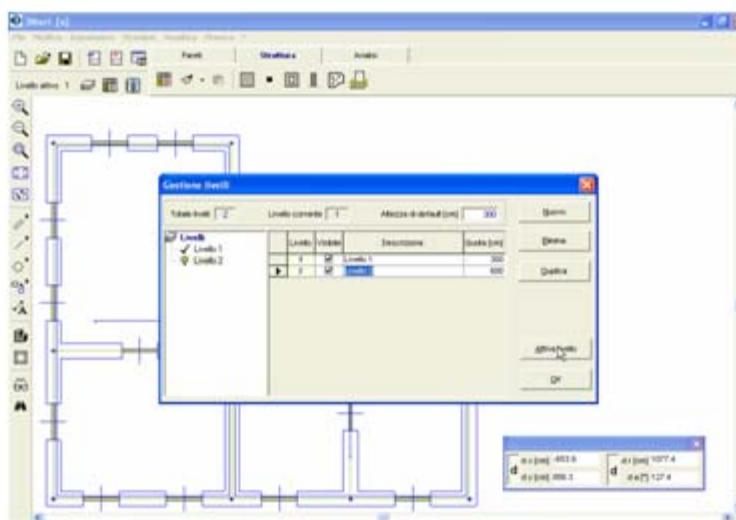
Hasta el momento hemos modelado la placa, las paredes y las aberturas del primer piso únicamente. Si nos dirigimos una vez más a la vista 3D podemos apreciar que sólo tenemos un piso y nuestra edificación se compone de dos. Vamos al ícono **gestione livelli**, ubicado arriba en la ventana (para ver el nombre de cada ícono, basta con pararse sobre él y dar clic derecho), con el fin de duplicar el modelo del primer piso a un segundo piso.



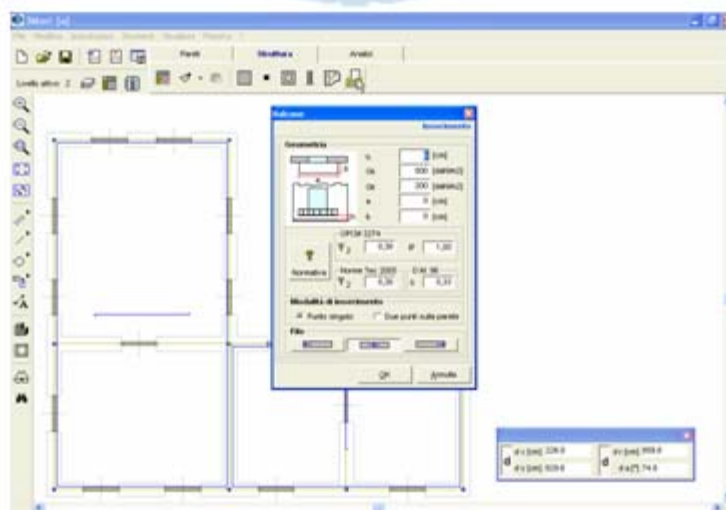
Hacemos clic en **livello 1**, ubicado a la izquierda de la ventana y hacemos clic en el ícono **duplica**, vemos cómo al hacer esto aparece un livello 2 en la lista. Este nivel dos al ser modelado duplicando el primer piso tiene las mismas características que se le definieron al primero:



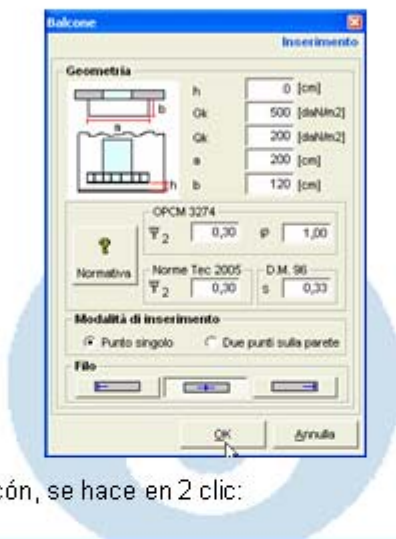
Hacemos clic en el livello2, y damos clic en el ícono **attiva livello**, para poder trabajar en él, modificar características estructurales o insertar algunas nuevas y hacemos clic en OK:



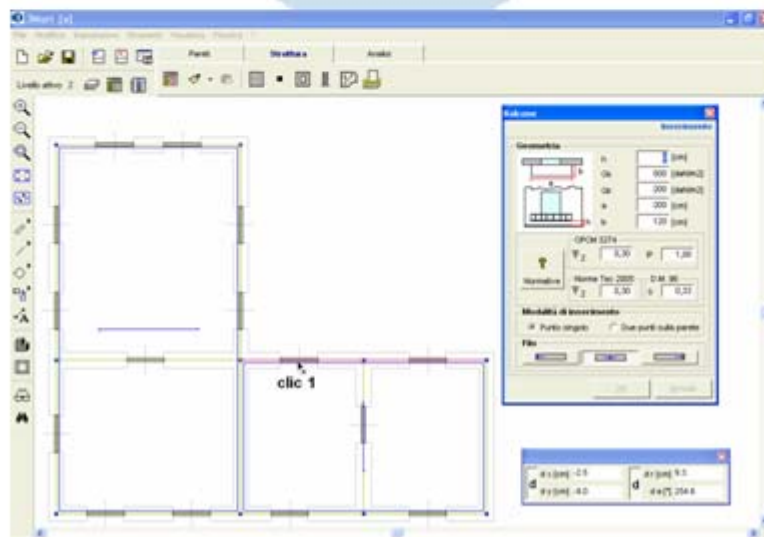
Como estamos trabajando con el 2do nivel activo, nos disponemos a modelar un balcón, para lo cual hacemos clic en el ícono **balcone**:



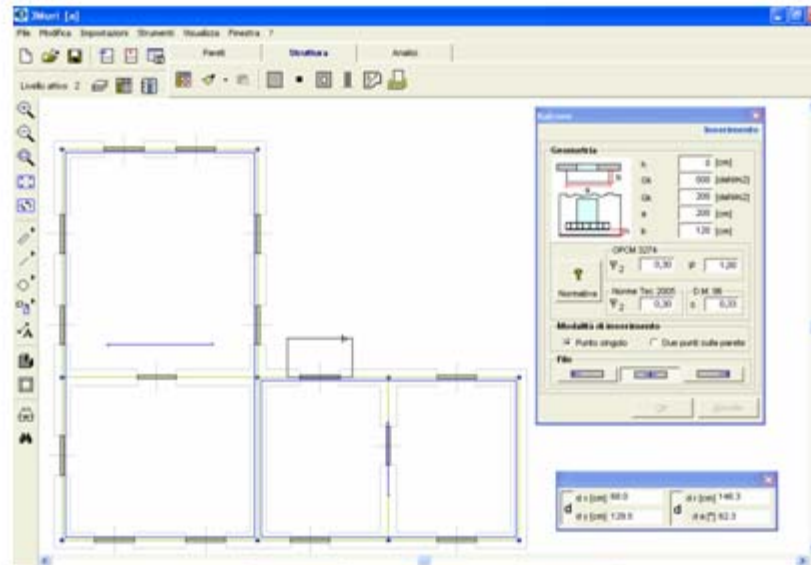
Definimos en la ventana las dimensiones deseadas para el balcón, las cargas que soporta y los coeficientes de carga. En esta caso se usa la modalidad de inserción (modalita de inserimento) de único punto (punto singolo). Definidas las características del balcón, sus cargas y su modalidad de inserción damos clic en OK:



Para insertar el balcón, se hace en 2 clic:



El primer clic es para indicar la ubicación de la puerta, el segundo para indicar el lado de la pared en el cual se encuentra la placa:

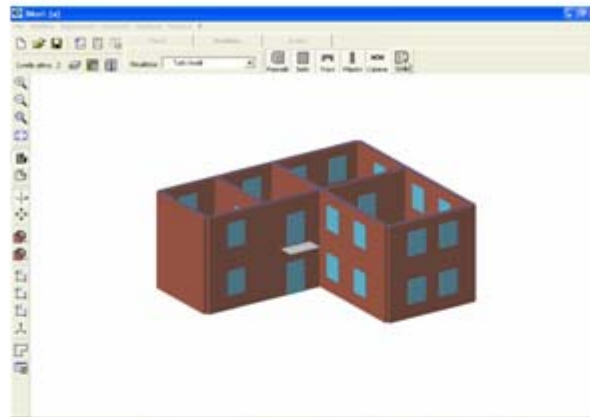


Al terminar de insertar los balcones (que en nuestro caso solo es 1) damos clic derecho en cualquier parte del área de trabajo para salir terminar la tarea. Vamos nuevamente al modelo 3D para apreciar el modelo del balcón:

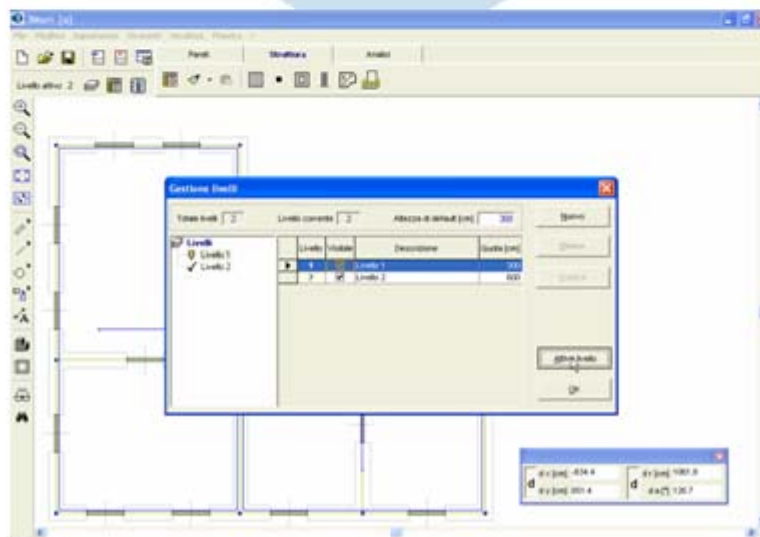


En el modelo 3D, en la parte superior de la ventana podemos apreciar una serie de íconos, **pannelli** (panel de muro), **setti, travi** (vigas), **pilastri** (columnas), **catena** (cadenas) y **solaio** (placa). Podemos ver que todos los íconos están activados, esto es para que se visualicen todos estos elementos en la vista 3D.

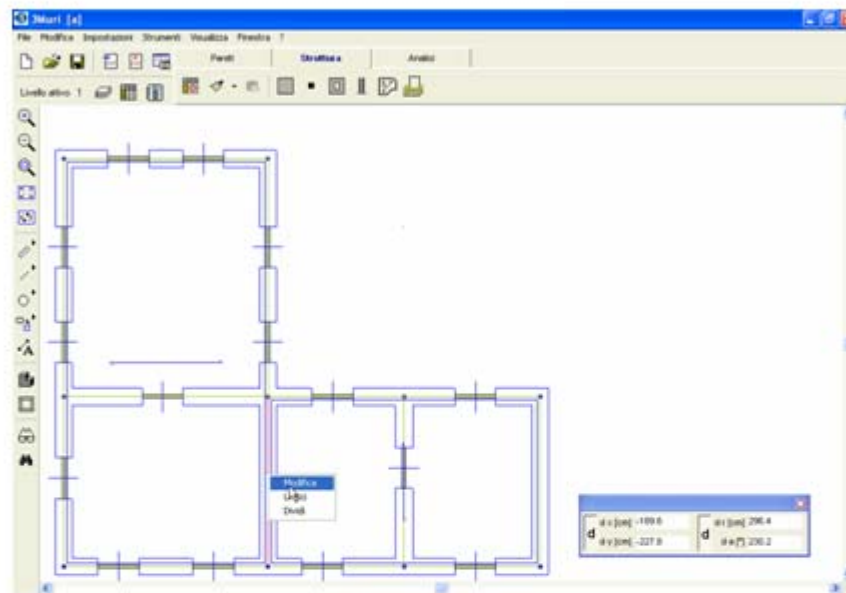
Si se hace clic en alguno de los íconos para desactivar un elemento, este desaparece de la vista 3D, por ejemplo, desactivemos el solado o placa:



Esto se usa para una visualización más detallada del modelo. Verificada esta función damos clic en el icono **torna all'ambiente di progetto**. A continuación necesitamos seguir trabajando en el primer piso de la edificación, para lo cual nos dirigimos al icono **gestione livelli**, damos clic en livello 1 y hacemos clic en **attiva livello**:



Vamos a eliminar una pared del 1er piso, para esto damos clic derecho en la pared que se desee eliminar. Al hacerlo aparece una pequeña barra de herramientas, en la cual se hace clic en la opción **modifica**:

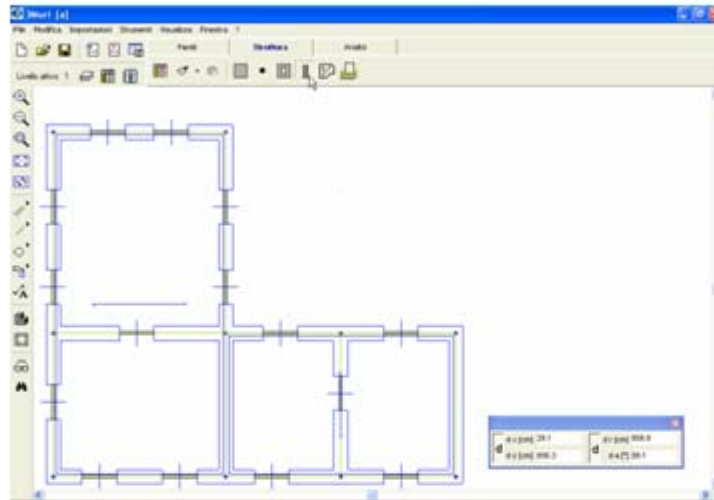


Al hacer clic en este ícono el software nos lleva a la ventana **definizione caratteristica**, donde insertaremos una viga en concreto armado o **trave c.a.** En la ventana de definición características del elemento, definimos la sección, las características del refuerzo y la cota de ubicación. Al definir todo esto damos clic en OK.

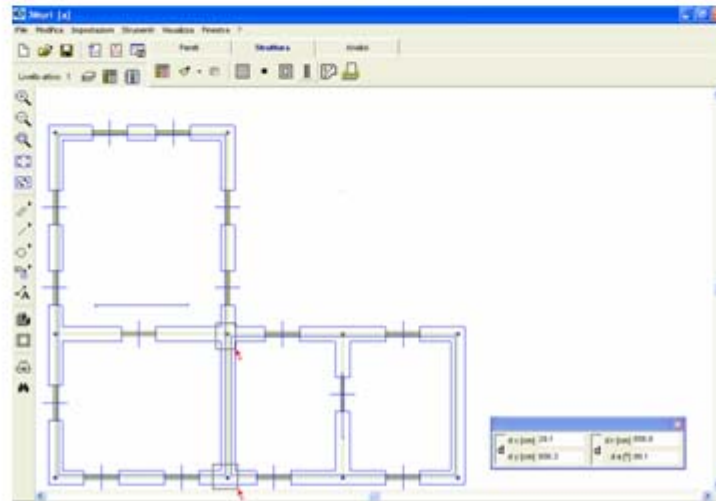
Al insertar la viga en esta ubicación, el programa asume que la carga del muro del segundo piso será soportada por la viga en su totalidad, razón por la cual elimina el muro del primer piso, dejando únicamente la viga que se definió.

En la siguiente página podemos apreciar la definición del elemento y en la vista 3D como desapareció la pared.

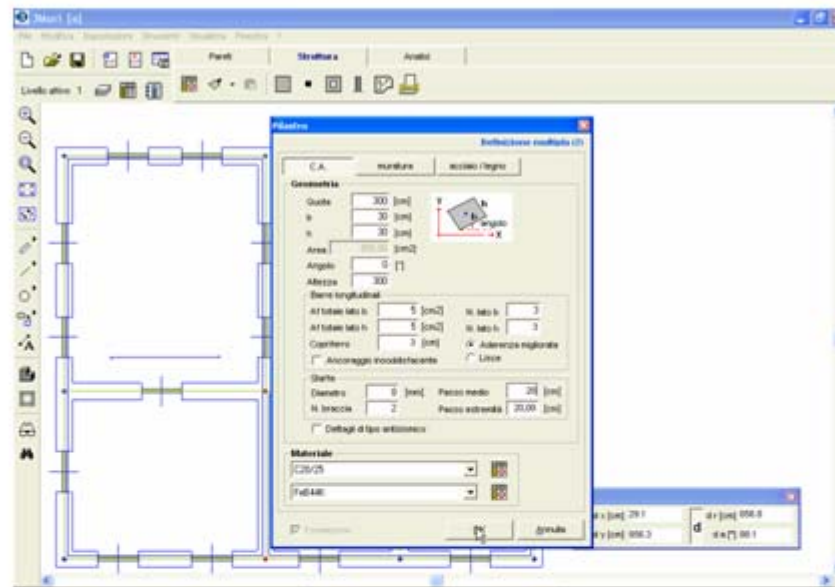
Si deseamos insertar una viga pero que no se elimine el muro, debemos definir el elemento **panello+cordolo**. Ahora definiremos las características de las columnas, para lo cual hacemos clic en el ícono **pilastro**, ubicado en el menú **struttura**:



Una vez se hizo clic en el ícono, se seleccionan los nodos en los cuales se desea ubicar columnas:



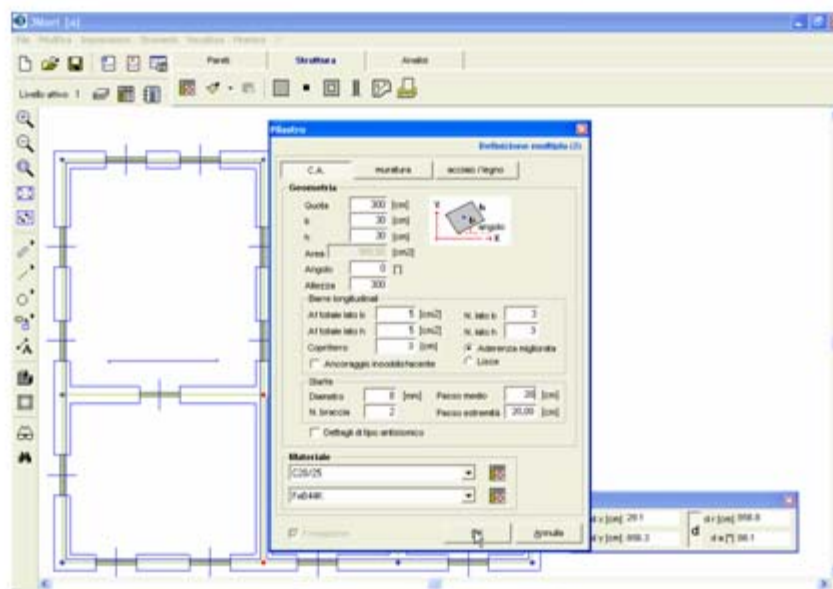
Seleccionados los nodos en los que se encontrarán ubicadas las columnas, hacemos clic derecho en cualquier parte del ambiente de trabajo para que aparezca la ventana de definición del elemento:



Como vemos se seleccionó columnas de concreto armado, a las cuales se definió su geometría, materiales y refuerzo, al haber terminado de definir en su totalidad el elemento se da clic en OK. Vemos cómo aparece un cuadrado alrededor de los nodos en los que modelamos columnas.

Con la definición de las columnas se ha definido en su totalidad la edificación, entonces pasamos a la fase de análisis.

Seleccionados los nodos en los que se encontrarán ubicadas las columnas, hacemos clic derecho en cualquier parte del ambiente de trabajo para que aparezca la ventana de definición del elemento:



Como vemos se seleccionó columnas de concreto armado, a las cuales se definió su geometría, materiales y refuerzo, al haber terminado de definir en su totalidad el elemento se da clic en OK. Vemos cómo aparece un cuadrado alrededor de los nodos en los que modelamos columnas.

Con la definición de las columnas se ha definido en su totalidad la edificación, entonces pasamos a la fase de análisis.

15.4. Análisis sísmico del modelo

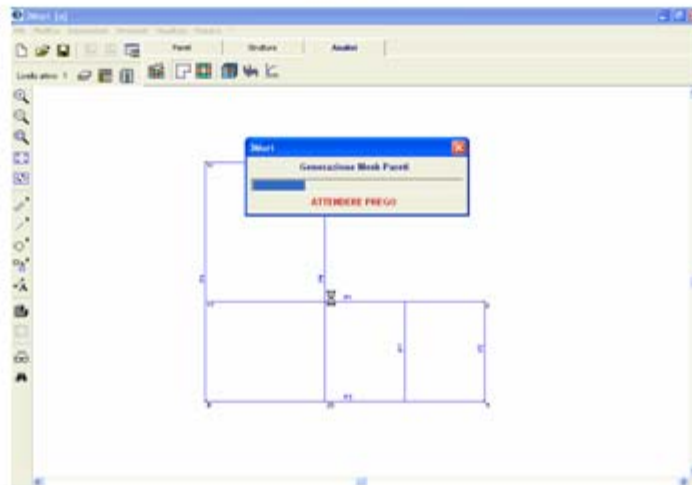
Una vez completada la modelación de la edificación en estudio, procedemos al análisis sísmico de la misma, para esto se hace clic en la pestaña **analisi**:



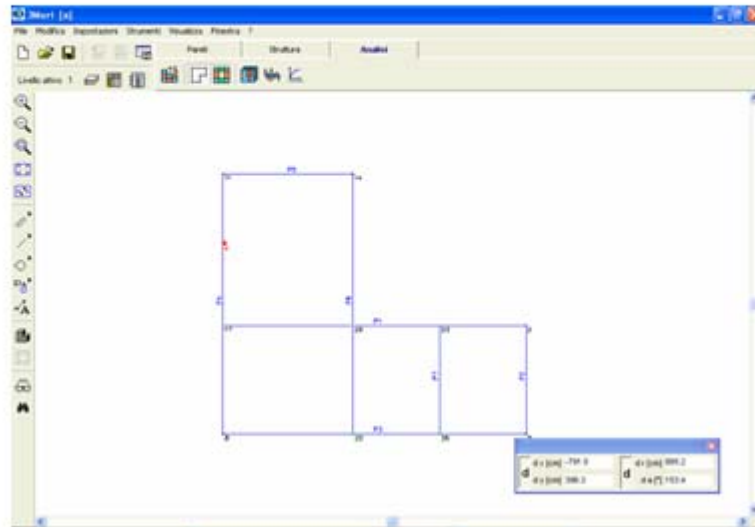
Al hacer clic en la pestaña **analisi** aparece una ventana en la que se pregunta si se desea guardar automáticamente los cambios antes de realizar el análisis, a eso respondemos haciendo clic en OK, de otra forma no se realizará el análisis:



Aceptada la pregunta aparece un cuadro indicador del avance del análisis:



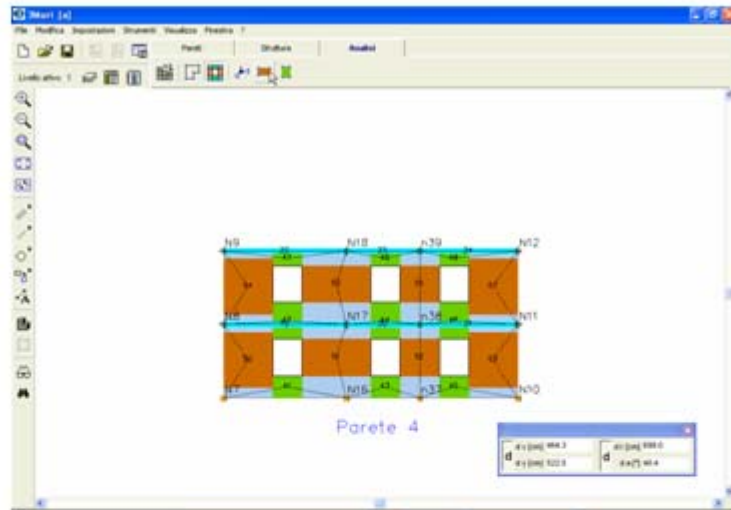
Terminado el análisis, nos dirigimos al ícono **carica la pared seleccionata**:



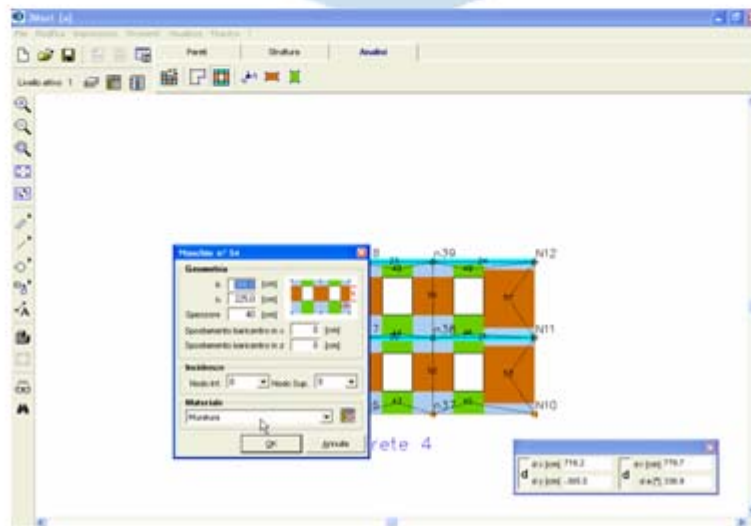
Luego de hacer clic sobre la pared seleccionada, aparece en la ventana una vista en planta de la pared y una nueva barra de herramientas en la parte superior de la ventana:



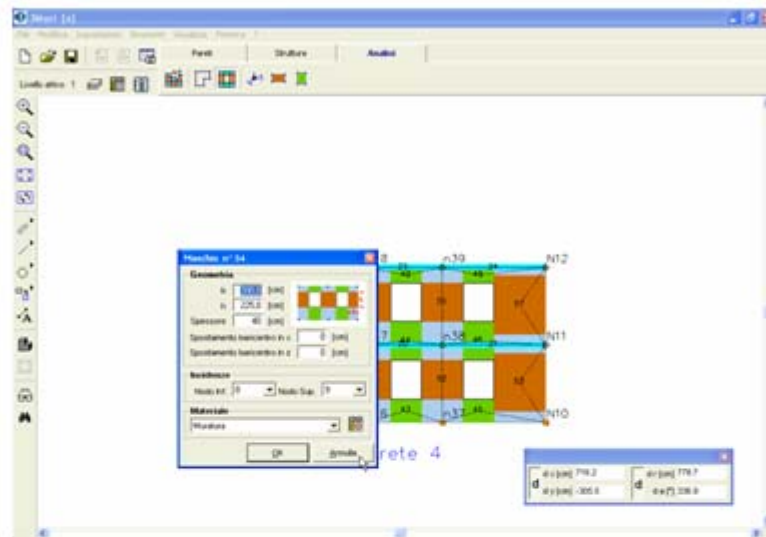
Vamos al icono **modifica elemento machio**:



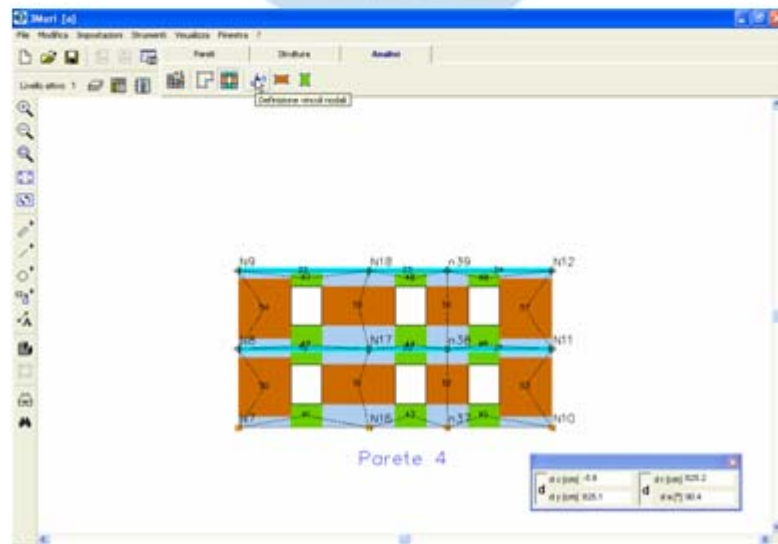
Al hacer clic procedemos a hacer clic en las zonas en marrón que son las zonas de la pared a los lados de las aberturas, aparece la ventana de características de dicha zona:



En esta ventana podemos modificar las dimensiones de estas secciones del muro y su ubicación, sin embargo para este ejemplo no se modificarán, hacemos clic en **anulla**:



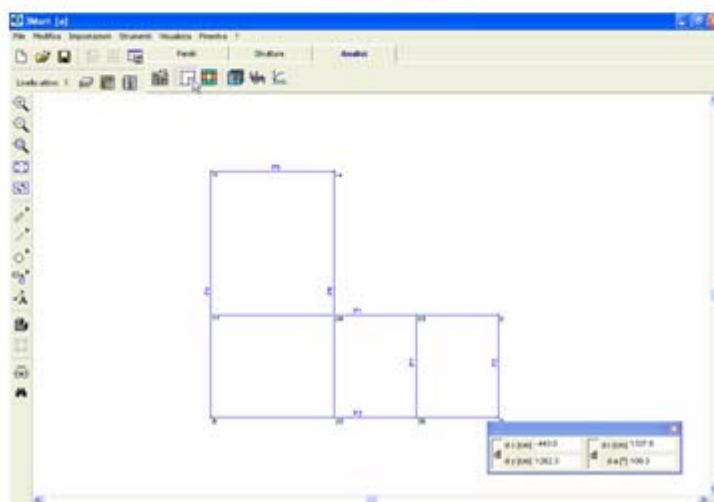
A continuación hacemos clic en el ícono **definizioni vincoli nodali**:



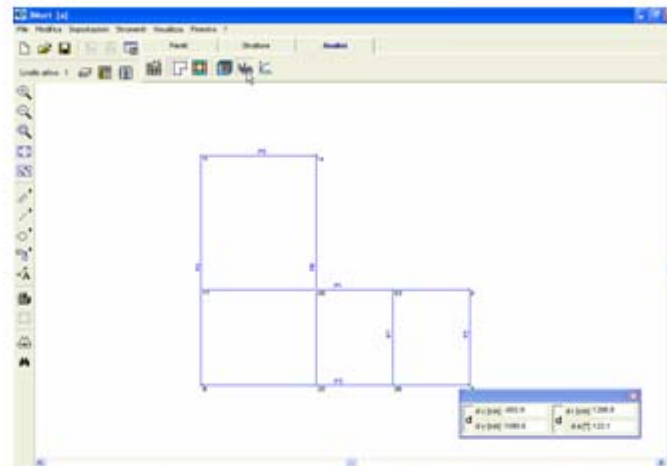
Al hacer clic en este ícono seleccionamos cualquier nodo y hacemos clic en él, esto con el fin de modificar sus grados de libertad, por defecto todos se encuentran con restricción total a cualquier desplazamiento o rotación, para el ejemplo los dejaremos de esta forma:



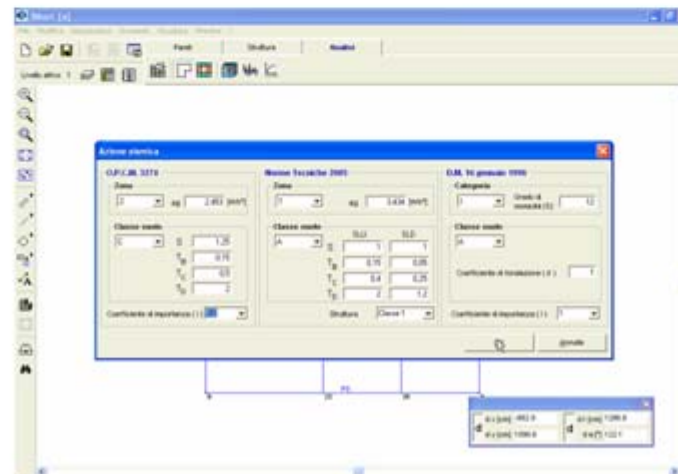
Volvemos de nuevo a la planta de paredes, hacemos clic en el ícono **piana pareti**:



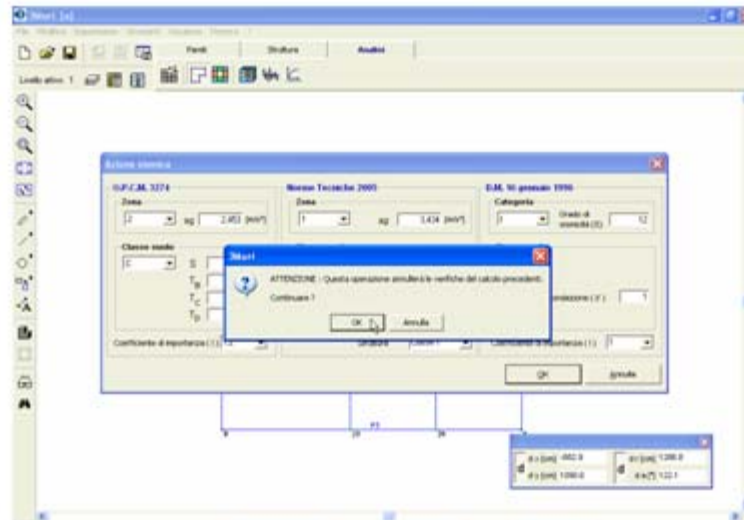
Continuamos revisando las cargas sísmicas utilizadas para analizar el modelo, hacemos clic en el ícono **cargos**:



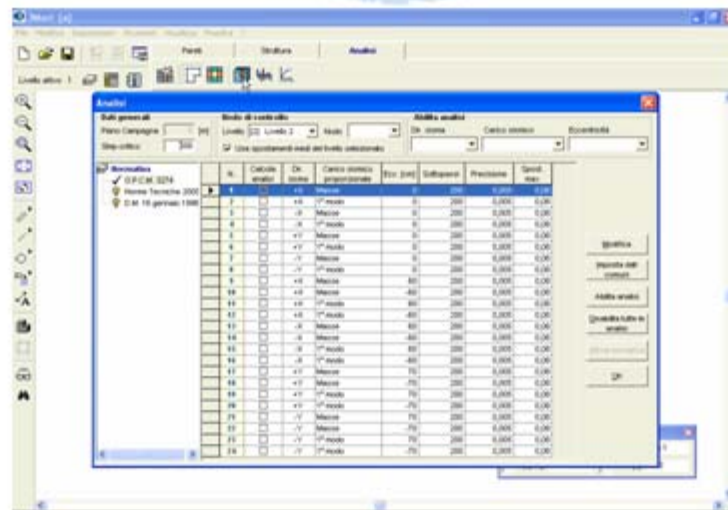
Al hacer clic en el ícono vemos como aparece la ventana de acciones sísmicas, tenemos la carga sísmica modelada por tres distintas normas técnicas OPCM 3254 a un suelo tipo C, zona sísmica 2 y coeficiente de importancia de la edificación de 1.2, los modelos de las otras normas no se modifican y se hace clic en OK:



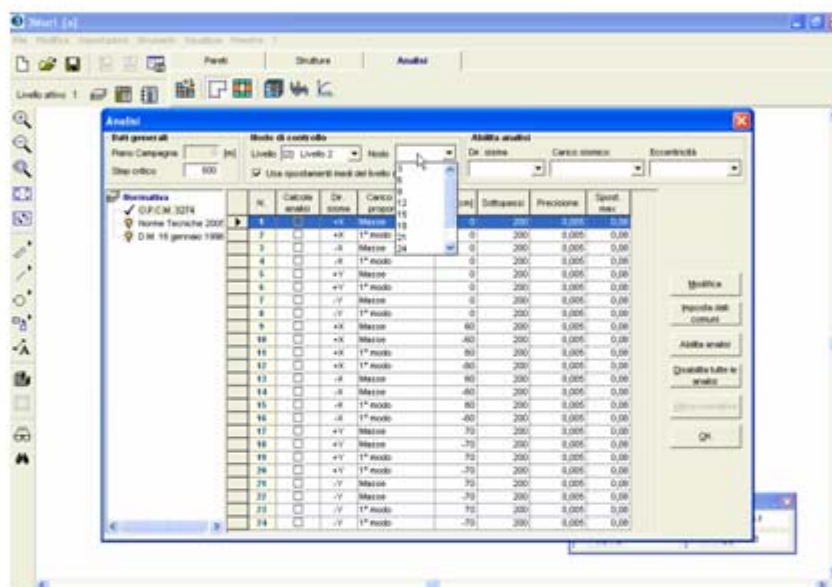
Al hacer clic en OK se advierte que estos cambios anularán el análisis previamente hecho, esto quiere decir que habría que correr el análisis nuevamente, a esta pregunta se acepta y se da clic en OK:



Hacemos clic ahora en el ícono **azione** sísmica, al hacer esto aparece la ventana de análisis sísmico:

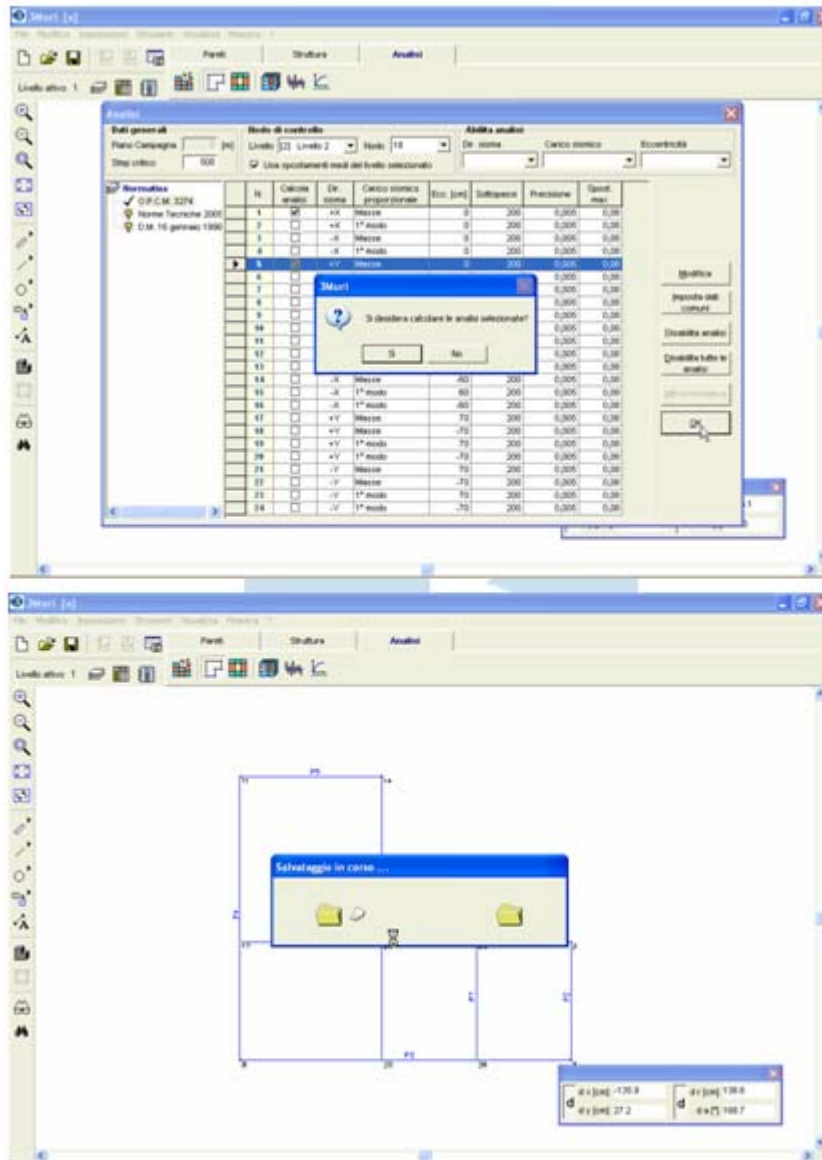


Vamos a aplicar la carga sísmica para correr la estructura, para esto se selecciona el nodo que se desea cargar. El nodo seleccionado se encuentra en el 2do piso, entonces vamos a la sección **nodo di controllo** y en la pestaña **livello** colocamos livello 2, en la pestaña **nodo**, seleccionamos el nodo que se desea cargar:



Paso a seguir, seleccionar las cargas a aplicar, en este caso carga axial en X y Y positivas proporcionales a la masa, aplicadas sin excentricidad, el análisis se realizará según la norma técnica OPCM 3274. Una vez terminada la configuración de cargas hacemos clic en OK, al hacerlo el programa nos pregunta si deseamos realizar el análisis de la estructura con esas cargas, respondemos haciendo clic en SI.

Al aceptar correr el análisis sísmico, el software guarda los cambios realizados previamente a la estructura e inicia el análisis, y hay que esperar un momento a que este concluya.



Una vez terminado el análisis podemos ver los resultados del estudio sísmico de la estructura, entonces nos dirigimos al ícono **visualizza risultati**.

16. BIBLIOGRAFÍA

NSR-98. (1998). Norma Colombiana Sismo Resistente, Colombia

OPCM 3274. Norma Técnica Italiana

MALDONADO, E. y CHIO, G. (2007). Visión Estructural de las edificaciones de la ciudad de Bucaramanga, Bucaramanga.

MALDONADO, E. y CHIO, G. (2004). Análisis sísmico de edificaciones, Bucaramanga.

S.T.A. DATA, (2003). 3Muri demo versión 2.1.4, Italia

3. ADAPTACION DEL SOFTWARE PARA EL USO EN COLOMBIA

El software de análisis no lineal de estructuras de mampostería es un programa italiano, por esta razón el programa modela y analiza las edificaciones a través de los lineamientos marcados por las tres normas técnicas para la construcción de estructuras sismo resistentes vigentes actualmente en dicho país, las cuales son:

O.P.C.M. 3274 de 2003

Norme Tecniche del 2008

D.M.16 gennaio de 1996

El software 3muri, a diferencia de otros programas de análisis de estructuras mas conocidos, tales como el SAP2000, no requiere que el usuario inserte el espectro sísmico a utilizar, ni que indique coeficientes de carga para que el modelamiento se realice conforme a la norma técnica que se desee. El 3muri ya tiene en cuenta los coeficientes, formulas y espectros sísmicos de las tres normas italianas anteriormente mencionadas, por lo cual lo único que el usuario debe hacer es indicar datos de la edificación, tales como:

Tipo de suelo en el que se va a construir

Zona sísmica

Coeficientes de importancia de la estructura

Coeficientes de mayoración de carga

Con estos datos el programa se remite automáticamente a las formulas propias de cada una de las tres normas técnicas que usa y realiza el análisis de la edificación conforme a estas.

Teniendo en cuenta que algunos de los objetivos del manual es:

“Ilustrar el proceso de modelación y análisis de edificaciones de mampostería de la ciudad de Bucaramanga mediante el uso del programa” e “Interpretar los resultados obtenidos en los modelos de edificaciones de mampostería de Bucaramanga con el programa “3muri””

Se concluye que es de gran importancia encontrar la forma de adaptar el software para su uso en Colombia, lo que quiere decir que requiere que el software cumpla las normas técnicas para la construcción sismorresistente en nuestro país. Como el 3muri fue programado para trabajar de antemano con 3 normas técnicas italianas, pretender realizar análisis y modelamientos en el software 3muri que cumpla con la norma NSR-98 dejo de ser una posibilidad, por lo cual se paso a ver cual de las 3 normas que contempla el programa es más cercana a la colombiana.

Luego de un análisis de las tres normas y hacer un paralelo entre cada una de ellas y la NSR-98, se llegó a la conclusión que la mas similar a esta es la O.P.C.M. 3274 de 2003.

En el proceso de estudio del software, se observó que este se remite a la norma técnica OPCM 3274 en 2 partes específicas de la modelación en el programa:

3.1. Paralelo entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto al espectro sísmico

En el comando Carico, se indican cierta información de la edificación para definir el espectro a utilizar en el análisis, información tal como el tipo de suelo en el que

se levanta la edificación y la zona sísmica del país (Italia) en el cual se encuentra la estructura para definir la carga sísmica a aplicar en el modelo:

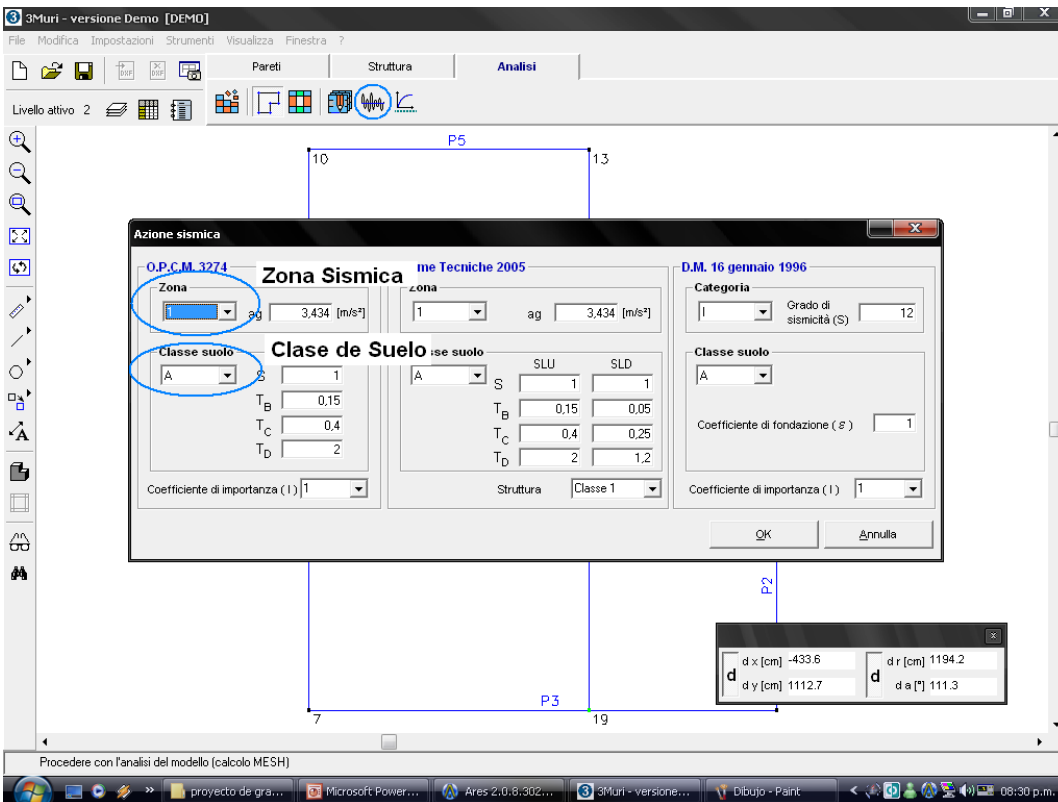


Fig.1 Ventana de definición de la acción sísmica, software 3muri

Se encontró gran similitud entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la NSR-98 de Colombia, pues las dos requieren la misma información para definir el espectro a utilizar en el modelo, la diferencia radica en las formulas que definen casa segmento de los espectros, que si bien son distintas llegan a resultados numéricamente similares. Como la información requerida por la OPCM 3274 y la NSR-98 es básicamente la misma, se requiere hacer una equivalencia entre las dos normas para insertar en el programa 3muri.

3.2. Equivalencia entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto al suelo de fundación

Se inicio esta comparación con los tipos de suelo de fundación. Los tipos de suelos clasificados cuentan con casi las mismas propiedades por lo cual es posible realizar equivalencia entre las categorías de suelo señaladas por las dos normas:

NSR-98: A.2.4. Efectos sísmicos locales	Equivale a	OPCM 3274: Artículo 3.1. Categorie di suolo di fondazione
Suelo S1		Suolo tipo A
Suelo S2		Suolo tipo B
Suelo S3		Suolo tipo C
Suelo S4		Suolo tipo D

Tabla 1. Equivalencia entre la norma técnica OPCM 3274 y la NSR-98, para el tipo de suelo de fundación

3.3. Equivalencia entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto a la zona de amenaza sísmica

Para el cálculo del espectro tanto la OPCM 3274 como la NSR-98 se tiene en cuenta la zona sísmica del país en el que se encuentra ubicada la estructura. La OPCM 3274, divide el país en 4 zonas sísmicas, mientras que la NSR-98 la divide en 3, cada zona se caracteriza con un coeficiente, en la norma italiana llamado A_g y en la colombiana A_a , estos dos coeficientes indican una proporción o porcentaje de la aceleración de la gravedad:

$$A_g = A_a$$

A continuación la tabla de equivalencia de las zonas sísmicas:

NSR-98: A.2.3. Zonas de amenaza sísmica		Equivalencia	OPCM 3274: 3.2.1. Zona sísmica	
Zona de amenaza sísmica	Aa		Zona de amenaza sísmica	Ag
Alta	Entre 0.45 y 0.25		1	0.35
Intermedia	Entre 0.2 y 0.15		2	0.25
Baja	Entre 0.1 y 0.05		3	0.15
		4	0.05	

Tabla 2. Equivalencia entre la norma técnica OPCM 3274 y la NSR-98, para zona de amenaza sísmica

Vemos a que zona sísmica pertenece la ciudad en la cual se encuentra la edificación a modelar y el coeficiente Aa que le asigna la NSR-98, hecho esto se observa en la tabla a que zona de amenaza sísmica pertenece según la OPCM 3274 y que Coeficiente Ag le pertenece. En la ventana de definición de **azione sísmica** solo se indica la zona sísmica (equivalente en la norma OPCM 3274). Por ejemplo la ciudad de Bucaramanga se encuentra según la NSR-98 en una zona de amenaza sísmica alta y cuenta con un coeficiente Aa de 0.25, lo cual en la norma técnica italiana corresponde a una zona de amenaza sísmica 2, la cual cuenta con un coeficiente Ag igual a 0.25, exactamente igual.

3.4. Equivalencia entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto al coeficiente de importancia de la edificación

El coeficiente de importancia de la estructura, el cual se define de la misma forma que se hace en la NRS-98 en el artículo A.2.5. para edificaciones destinadas a vivienda, como los ejemplos modelados para la interpretación de resultados, el coeficiente de importancia corresponde a 1.

3.5. Paralelo entre la norma técnica italiana OPCM 3274 y la norma técnica colombiana NSR-98 respecto los coeficientes de mayoración de carga de la placa de entrepiso

En el proceso de modelación de la estructura es importante indicar en la inserción de las placas de entrepiso la carga muerta y viva que soporta este elemento, tal como indica la norma técnica colombiana, la italiana solicita que estas cargas sean mayoradas, para lo cual requiere que se seleccionen coeficientes de mayoración:

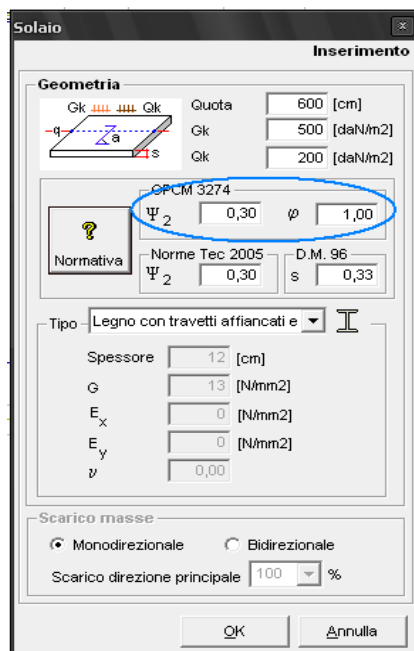


Fig. 2. Ventana para la definición de la placa de entre piso, software 3muri

Estos coeficientes dependen del uso de la placa, según la norma técnica italiana, estos coeficientes se determinan de acuerdo con las siguientes tablas:

Uso destinado del edificio	ψ_2
Habitacional u Oficinas	0,30
Edificio de oficinas publicas, establecimiento educativo de negocios	0,60
Placa que soporta tejas o cargas de nivel	0,20
Edificio de revista, presa o para archivo de documentos	0,80
Placa que soporta cargas de viento considerables o altas variaciones térmicas	0,00

Tabla 3. OPCM 3274:Coeficiente ψ_2

Destinacion de la placa	φ
Cobertura	1,0
Archivo o bodega	1,0
Carga correlacionada	0,8
Carga independiente	0,5

Tabla 4. OPCM 3274:Coeficiente φ

Se determina el uso de la edificación y de la placa y se insertan los coeficientes en la ventana de definición de las placas (Solai), en las casillas que se indican arriba en la ventana de definición de la placa.

3.6. Modificaciones al espectro sísmico de la ciudad de Bucaramanga según la norma técnica italiana OPCM 3274

Con el propósito de minimizar los errores producto de la diferencia entre las normas técnicas, se graficará el espectro para la ciudad de Bucaramanga según la NSR-98, y según la OPCM 3274 (utilizando las equivalencias anteriormente mencionadas).

3.6.1. Espectro sísmico de la ciudad de Bucaramanga según NSR-98

Según la norma técnica colombiana, la ciudad de Bucaramanga cuenta con las siguientes propiedades sísmicas:

Aa	0,25
S (suelo de fundación S2)	1,2
I (edificacion destinada a vivienda)	1

Tabla 5. Propiedades sísmicas para Bucaramanga según la NSR-98

Se calculan los periodos del espectro:

$$T_o: 0,3 \text{ seg} \quad T_c: 0,48 \text{ S} \quad 0,48 \cdot 1,2: 0,576 \text{ seg} \quad T_l: 2,4 \text{ S} \quad 2,4 \cdot 0,1,2: 2,880 \text{ seg}$$

Así se obtiene que los periodos del espectro son:

To (seg)	0,3
Tc (seg)	0,576
Tl (seg)	2,88

Tabla 6. Periodos del espectro sísmico de Bucaramanga según la NSR-98

Se hallan a continuación las ecuaciones del espectro para cada intervalo de periodos:

- **0 < T < T_o:** $S_a = 2,5 \cdot A_a \cdot I = 2,5 \cdot 0,25 \cdot 1 = 0,625$
- **T_o < T < T_c:** $S_a = 2,5 \cdot A_a \cdot I = 2,5 \cdot 0,25 \cdot 1 = 0,625$
- **T_c < T < T_l:** $S_a = \frac{1,2 \cdot A_a \cdot I \cdot S}{T} = \frac{1,2 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,2}{T} = \frac{0,36}{T}$

- **TI<T:** $Sa = \frac{Aa.I}{2} = \frac{0,25.1}{2} = 0,125$

Con estas ecuaciones se calcula el valor de Sa para valores de T desde 0 seg hasta 4 seg, incrementando el periodo cada 0,1 seg:

T<To	
T (seg)	Sa
0	0,625
0,1	0,625
0,2	0,625
0,3	0,625
To<T<Tc	
T (seg)	Sa
0,3	0,625
0,4	0,625
0,5	0,625
0,576	0,625

Tc<T<TI	
T (seg)	Sa
0,576	0,625
0,6	0,600
0,7	0,514
0,8	0,450
0,9	0,400
1	0,360
1,1	0,327
1,2	0,300
1,3	0,277
1,4	0,257
1,5	0,240
1,6	0,225
1,7	0,212
1,8	0,200
1,9	0,189
2	0,180
2,1	0,171
2,2	0,164
2,3	0,157
2,4	0,150
2,5	0,144
2,6	0,138
2,7	0,133
2,8	0,129
2,88	0,125

TI<T	
T (seg)	Sa
2,88	0,125
2,9	0,125
3	0,125
3,1	0,125
3,2	0,125
3,3	0,125
3,4	0,125
3,5	0,125
3,6	0,125
3,7	0,125
3,8	0,125
3,9	0,125
4	0,125

Tabla 7. Valores de periodo y aceleración espectral del espectro sísmico de Bucaramanga según la NSR-98

Se grafica este espectro:

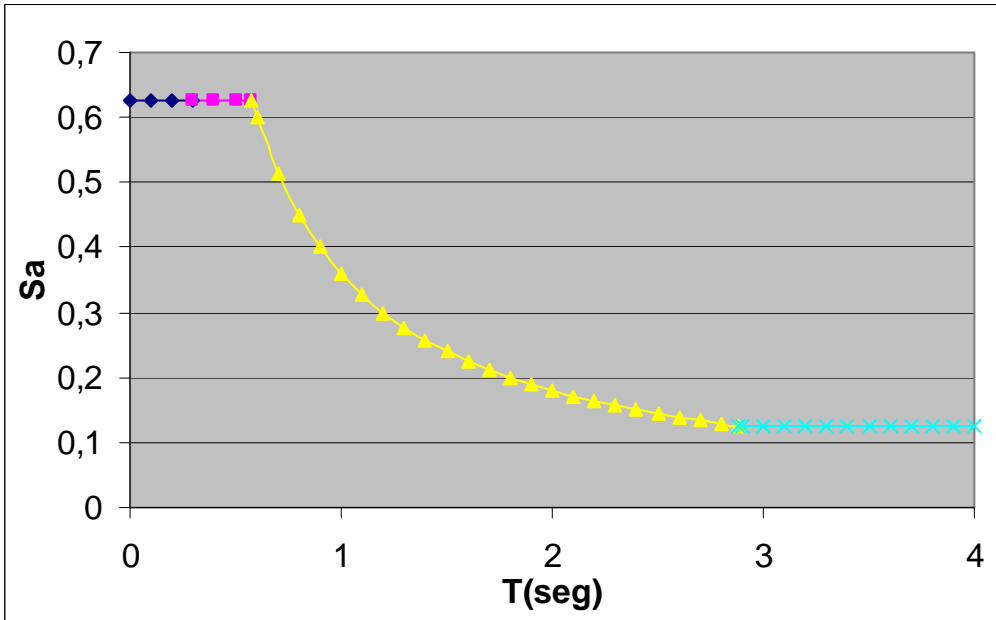


Gráfico 1. Espectro sísmico para Bucaramanga según la NSR-98

3.6.2. Espectro sísmico de la ciudad de Bucaramanga según OPCM 3274

Según la norma técnica NSR-98, la ciudad de Bucaramanga cuenta con las siguientes propiedades sísmicas:

Aa	0,25
S (suelo de fundación S2)	1,2
I (edificación destinada a vivienda)	1

Tabla 8. Propiedades sísmicas para Bucaramanga según la NSR-98

Realizando un equivalente con la norma italiana, se tiene que la ciudad de Bucaramanga cuenta con las siguientes propiedades, suelo de fundación tipo B y zona sísmica 2, para lo cual se obtiene:

Ag	0,25
S	1,25
N (para amortiguamientos de 5%)	0,853

Tabla 9. Propiedades sísmicas para Bucaramanga según la OPCM 3274

Para edificaciones en suelos de fundación tipo B la norma técnica italiana indica que el espectro definido por los siguientes periodos:

Tb=	0,15
Tc=	0,5
Td=	2

Tabla 10. Periodos del espectro sísmico de Bucaramanga según la OPCM 3274

Se hallan las ecuaciones del espectro italiano para cada intervalo de periodos:

- **0<T<Tb:**

$$S_e = A_g \cdot S \cdot \left(1 + \frac{T}{T_b} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right) = 0,25 \cdot 1,25 \cdot \left(1 + \frac{T}{0,15} \cdot (1,2,5 - 1) \right) = 0,3125 \cdot (1 + 10 \cdot T)$$

- **Tb<T<Tc:** $S_e = A_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 = 0,25 \cdot 1,25 \cdot 1,2,5 = 0,78125$

- **Tc<T<Td:** $S_e = A_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right) = \frac{0,25 \cdot 1,25 \cdot 1,2,5 \cdot 0,5}{T} = \frac{0,390625}{T}$

- **Td<T:** $S_e = A_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_d}{T^2} \right) = 0,25 \cdot 1,25 \cdot 1,1,2,5 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 2}{T^2} \right) = \frac{0,390625}{T^2}$

Con estas ecuaciones se calcula el valor de Sa para valores de T desde 0 seg hasta 4 seg, incrementando el periodo cada 0,1 seg:

0<T<Tb	
T (seg)	Se
0	0,3125
0,1	0,625
0,15	0,78125
Tb<T<Tc	
T (seg)	Se
0,15	0,78125
0,2	0,78125
0,3	0,78125
0,4	0,78125
0,5	0,7813

Tc<T<Td	
T (seg)	Se
0,5	0,7813
0,6	0,6510
0,7	0,5580
0,8	0,4883
0,9	0,4340
1	0,3906
1,1	0,3551
1,2	0,3255
1,3	0,3005
1,4	0,2790
1,5	0,2604
1,6	0,2441
1,7	0,2298
1,8	0,2170
1,9	0,2056
2	0,1953

Td<T	
T (seg)	Se
2	0,1953
2,1	0,1772
2,2	0,1614
2,3	0,1477
2,4	0,1356
2,5	0,1250
2,6	0,1156
2,7	0,1072
2,8	0,0996
2,9	0,0929
3	0,0868
3,1	0,0813
3,2	0,0763
3,3	0,0717
3,4	0,0676
3,5	0,0638
3,6	0,0603
3,7	0,0571
3,8	0,0541
3,9	0,0514
4	0,0488

Tabla 11. Valores de periodo y aceleración espectral del espectro sísmico de Bucaramanga según la OPCM 3274

Por último se grafica este espectro:

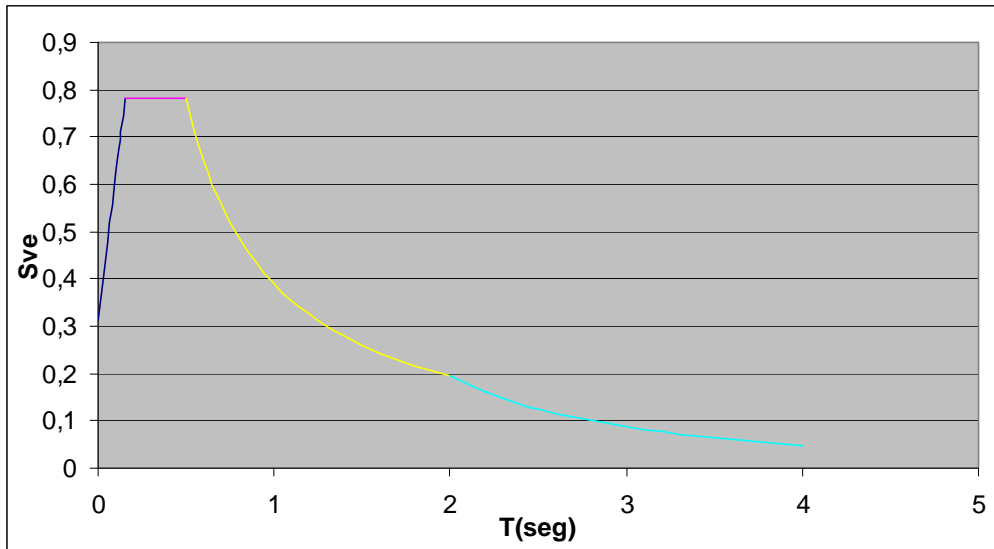


Gráfico 2. Espectro sísmico para Bucaramanga según la OPCM 3274

Una vez se obtenidos los dos espectros, se procede a graficar los mismos en un mismo plano de coordenadas para apreciar diferencias y similitudes:

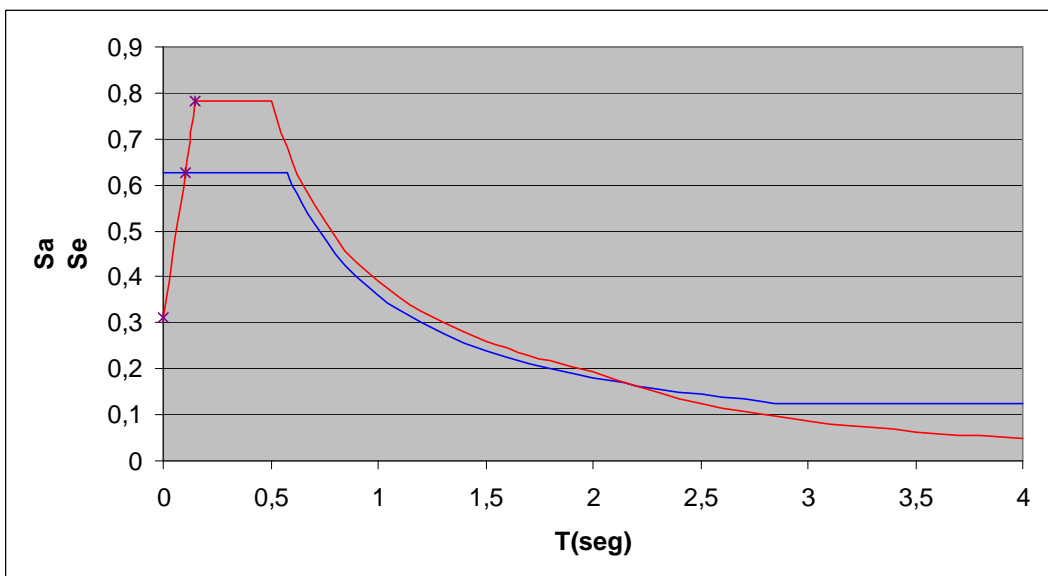


Gráfico 3. Espectros sísmicos para Bucaramanga según las 2 normas

En rojo se puede apreciar el espectro calculado por la norma OPCM 3274 y en azul el espectro calculado por le NSR-98. Podemos observar que la norma italiana presenta en su mayoría valores de aceleración espectral mayores a las de la norma colombiana, exceptuando para periodos menores de 0.1 seg y mayores a 2 seg.

Con el objetivo de calcular un valor de proporción entre los dos espectros, se calculan los cocientes entre las aceleraciones espectrales de la NSR-98 y la OPCM 3274:

ESPECTRO SISMICO NSR-98		ESPECTRO SISMICO OPCM 3274		PROPORCIÓN : Se/Sa
T (seg)	Sa	T (seg)	Se	
0<T<To		0<T<Tb		
0	0,625	0	0,313	0,5
0,1	0,625	0,1	0,625	1
0,2	0,625	0,2	0,781	1,25
0,3	0,625	0,3	0,781	1,25
0,4	0,625	0,4	0,781	1,25
0,5	0,625	0,5	0,781	1,25
0,6	0,6	0,6	0,651	1,08506944
0,7	0,514	0,7	0,558	1,08506944
0,8	0,45	0,8	0,488	1,08506944
0,9	0,4	0,9	0,434	1,08506944
1	0,36	1	0,391	1,08506944
1,1	0,327	1,1	0,355	1,08506944
1,2	0,3	1,2	0,326	1,08506944
1,3	0,277	1,3	0,3	1,08506944
1,4	0,257	1,4	0,279	1,08506944
1,5	0,24	1,5	0,26	1,08506944
1,6	0,225	1,6	0,244	1,08506944
1,7	0,212	1,7	0,23	1,08506944
1,8	0,2	1,8	0,217	1,08506944
1,9	0,189	1,9	0,206	1,08506944
2	0,18	2	0,195	1,08506944
2,1	0,171	2,1	0,177	1,03339947

Tabla 12. Calculo de factores de proporción entre norma NSR-98 y OPCM 3274, Parte 1

ESPECTRO SISMICO NSR-98		ESPECTRO SISMICO OPCM 3274		PROPORCIÓN : Se/Sa
T (seg)	Sa	T (seg)	Se	
0<T<To		0<T<Tb		
2,2	0,164	2,2	0,161	0,98642677
2,3	0,157	2,3	0,148	0,94353865
2,4	0,15	2,4	0,136	0,90422454
2,5	0,144	2,5	0,125	0,86805556
2,6	0,138	2,6	0,116	0,8346688
2,7	0,133	2,7	0,107	0,80375514
2,8	0,129	2,8	0,1	0,7750496
2,9	0,125	2,9	0,093	0,7431629
3	0,125	3	0,087	0,69444444
3,1	0,125	3,1	0,081	0,6503642
3,2	0,125	3,2	0,076	0,61035156
3,3	0,125	3,3	0,072	0,57392103
3,4	0,125	3,4	0,068	0,54065744
3,5	0,125	3,5	0,064	0,51020408
3,6	0,125	3,6	0,06	0,48225309
3,7	0,125	3,7	0,057	0,45653762
3,8	0,125	3,8	0,054	0,43282549
3,9	0,125	3,9	0,051	0,41091387
4	0,125	4	0,049	0,390625

Tabla 13. Calculo de factores de proporción entre norma
NSR-98 y OPCM 3274, Parte 2

Se puede observar que la proporción predominante es 1.085069444, es decir, la aceleración espectral de la norma colombiana es igual a:

$$Sa(NSR - 98) = \frac{Se(OPCM - 3274)}{1.085069444}$$

Es decir, si se divide el espectro italiano por 1.085069444, esta se altera como se aprecia en el grafico siguiente:

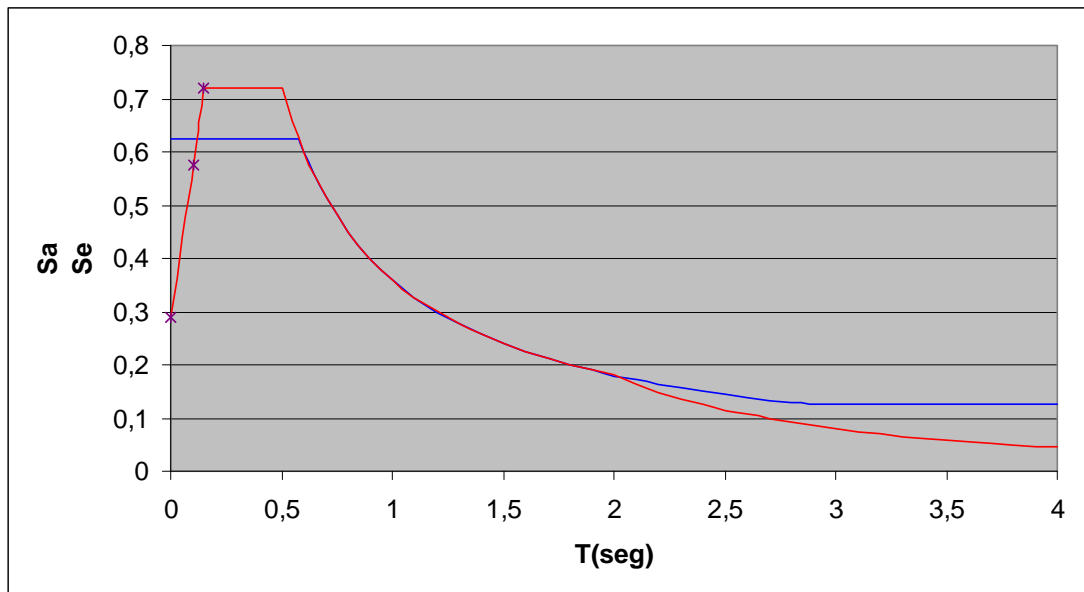


Grafico 4. Espectros sísmicos para Bucaramanga según la NSR-98 y la OPCM 3274 modificada

Así se obtiene que para:

0.5s < T < 2s: Se observa como la diferencia de los espectros para periodos entre 0.5 seg y 2 seg es casi nula, es decir, la norma italiana fue modificada y gracias a esto presenta valores casi idénticos a los de la NSR-98 para este intervalo.

0s < T < 0.5s: Para periodos entre 0 seg y 0,5 seg, si bien no se pudo ajustar tan exitosamente el espectro italiano al colombiano como en el intervalo anterior, si se logro aproximarlo, logrando que la aceleración espectral de la norma italiana sea tan solo un 13.1944% mayor que la colombiana.

2s < T: Para periodos mayores a 2 seg no es recomendable aplicar a la norma italiana el factor de proporción de 1.0850, debido a que en este intervalo la aceleración espectral aplicada por la norma italiana seria menor que la aplicada por la colombiana, lo cual podría generar problemas por subestimación de los efectos sísmicos.

Para aplicar esta modificación en la modelación y análisis del software 3muri el usuario se debe dirigir a la ventana **AZIONE SISMICA**:

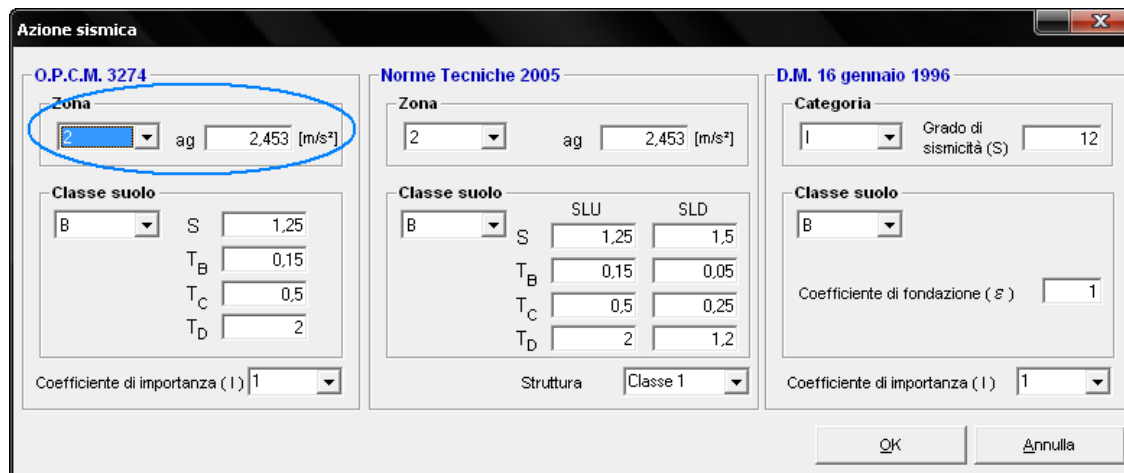


Fig 3. Ventana de definición de la carga sísmica. Software 3muri

Se puede ver que están establecidos el tipo de suelo de cimentación (tipo B, suelo equivalente al S2) y zona sísmica 2 (equivalente a la zona sísmica en la que se encuentra ubicada Bucaramanga). Para una zona sísmica 2 se obtiene una aceleración espectral de 2.453 m/s²:

$$Ag \cdot g = 0,25 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 2,453 \frac{m}{s^2}$$

En las ecuaciones para la aceleración espectral de la norma OPCM 3274, encontramos que Ag se encuentra multiplicando en todas ellas, por lo cual para aplicar el factor lo que debemos hacer es modificar este valor:

$$\text{modifica} \Rightarrow Ag \cdot g = 2,453 \frac{m}{s^2} \Rightarrow \text{por} \Rightarrow Ag \cdot g = \frac{2,453 \frac{m}{s^2}}{1.085069444} = 2.260685 \frac{m}{s^2}$$

En la siguiente grafica se puede ver la modificación:

The screenshot shows a dialog box titled "Azione sismica" with three columns for different seismic codes:

- O.P.C.M. 3274:** Zona: 2 (circled in blue), ag: 2,260685 [m/s²]. Classe suolo: B. S: 1,25, T_B: 0,15, T_C: 0,5, T_D: 2. Coefficiente di importanza (I): 1.
- Norme Tecniche 2005:** Zona: 2, ag: 2,453 [m/s²]. Classe suolo: B. SLU: S (1,25), T_B (0,15), T_C (0,5), T_D (2). SLD: S (1,5), T_B (0,05), T_C (0,25), T_D (1,2). Struttura: Classe 1.
- D.M. 16 gennaio 1996:** Categoria: I, Grado di sismicità (S): 12. Classe suolo: B. Coefficiente di fondazione (ε): 1. Coefficiente di importanza (I): 1.

Buttons: OK, Annulla.

Fig 4. Ventana de definición de la carga sísmica modificada

Con esta modificación el software 3muri analizará los modelos haciendo uso del espectro norma técnica OPCM 3274 modificado según la descripción anterior. Por medio de esta modificación del espectro sísmico italiano se obtendrán resultados más aproximados a los que se obtendrían insertando el espectro definido por la NSR-98.

4. MODELACION DE CASAS TIPICAS DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

Con el fin de conocer el software 3muri y sus similitudes y diferencias con el software SAP2000 se analizó edificaciones por medio de los dos software, de estos análisis derivaron las siguientes conclusiones:

1. Los dos programas realizan dos tipos de análisis diferentes, sap2000 realiza uno lineal, mientras 3muri realiza uno no lineal; lo cual complica la comparación entre los resultados obtenidos por cada uno. SAP2000 modela los muros en mampostería como elementos tipo shell, los cuales divide en diversos elementos verticales a los cuales analiza rotaciones respecto a los 3 ejes dimensionales y desplazamientos en todos lo ejes. El Software 3muri realiza también divisiones verticales en los muros de mampostería, pero este simplifica el análisis analizando solo rotaciones respecto al eje z y desplazamientos en los ejes X y Y.
2. En el análisis que realiza SAP 2000, es importante mencionar que este se basa en el comportamiento elástico de los materiales que componen la estructura, es decir, no tiene en cuenta la fluencia de estos y por tanto no considera el rango plástico de comportamiento de los materiales y por consiguiente de la estructura modelada; caso contrario ocurre con el 3muri, pues este programa tiene en cuenta el comportamiento en el rango elástico e inelástico de los materiales que componen la estructura, esto fruto del estudio de la mampostería y su comportamiento realizado por la empresa programadora S.T.A data, el cual se plasma en el software, razón por la cual

este programa si se encuentra en capacidad de calcular la curva push-over de los modelos, cosa que no puede realizar SAP2000.

3. El programa 3muri, permite obtener la curva push-over de la estructura respecto a un nodo de control (se recomienda tomar como punto de control uno ubicado en el nivel mas alto del modelo), en esta curva se puede observar el comportamiento de la estructura a lo largo de incrementos de carga, es decir el software aplica al modelo incrementos de cargas horizontal, iniciando desde 0 Nw, hasta la carga que ocasiona el colapso; además es posible conocer los desplazamientos de los nodos, las fuerzas en los nodos que conforman los elementos lineales que representan las secciones en que se dividió el muro, la sollicitación por cada elemento en los que se descompuso los muros de la estructura entre otros; sin embargo no es posible conocer la carga sísmica con la que el programa realiza el análisis, pues todos los datos visibles, varían en proporción al incremento de carga en la curva push-over.
4. Debido a que el software 3muri no entrega las reacciones ocasionadas por la carga horizontal en los nodos de la estructura, como lo hace SAP2000, no es posible compararlas.
5. Debido a que los dos programas trabajan en el rango elástico, este será el único rango en el cual se podrán hacer comparaciones entre ambos, de aquí que los datos comparables son la rigidez de la estructura en el campo elástico y el periodo del modelo. Para esta comparación y buscando que las diferencias entre resultados se deba a la diferencia entre los análisis realizados por los dos programas y no divergencias entre normas técnicas, se cargan las dos estructuras con la misma carga sísmica, para calcular dicha carga se toma el periodo fundamental de la estructura y se lleva al espectro sísmico italiano según la norma técnica OPCM 3274, de este

proceso de obtiene la aceleración espectral del sismo aplicado, el cual se multiplica por la masa efectiva de la estructura participante en el sismo, lo cual nos ofrece la fuerza horizontal aplicada según el espectro italiano. Esta fuerza es utilizada para cargar el modelo en el software sap2000.

4.1. CARGA DE LOS MODELOS Y COMPARACION DE RESULTADOS

Primero se calcula la carga horizontal que se va a aplicar al modelo en SAP2000, para esto, como se dijo anteriormente, se calcula la aceleración espectral de la zona según la norma italiana OPCM 3274 y se multiplica por la masa participante, obteniendo de este modo la carga horizontal que se se aplicó al modelo en SAP2000 en miras a minimizar errores generados por la diferencia entre normas técnicas. Una vez cargado y analizado el modelo en SAP2000, se ubicó el desplazamiento generado por esta carga. Conocido el desplazamiento se graficó el punto (Carga Horizontal, Desplazamiento) en el diagrama push-over que calculo el software 3muri, de esta forma poder comparar la rigidez de cada uno de los modelos analizados por los programas. A continuación se enseña el procedimiento para calcular la carga horizontal.

Para el cálculo de la carga horizontal se debe tener el periodo fundamental de las tres estructuras. Teniendo en cuenta que las tres edificaciones son de 1 nivel, tienen 3 mts de alto y todas constituyen sistemas de resistencia sísmica diferentes a pórticos, se tiene que:

$$H_n = \text{Altura total de la edificación} = 3\text{m}$$

(Igual para todas las estructuras a modelar)

$$C_t = 0.08$$

(Según NSR-98 y OPCM 3274, para todas las estructuras a modelar)

Conocido esto se calcula el periodo elemental de las 3 estructuras, el cual es igual para todas; este cálculo es el mismo tanto en la NSR-98 como en la norma italiana OPCM 3274:

$$T = C_t.Hn^{3/4} = 0,08.(3m)^{3/4} = 0.18s$$

Periodo elemental de las estructuras=0.18 seg

En el software 3muri, en el menú **Analisi** en el icono **carico**, se puede apreciar que los periodos del espectro sísmico italiano para una edificación ubicada en la zona sísmica 2 (equivalente a la zona sísmica de Bucaramanga en la NSR-98) con un suelo de fundación tipo B (equivalente a un suelo S2 de la NSR-98), los cuales son los siguientes:

Espectro sísmico OPCM 3274 Zona sísmico 2 Suelo de fundación tipo B	Equivalente a	Espectro sísmico NSR-98 Zona sísmico Bucaramanga Suelo de fundación S2
Tb:		0.15 seg
Tc:		0.5 seg
Td:		2.0 seg
S:		1.25

Tabla 14. Periodos del espectro sísmico para Bucaramanga según la OPCM 3274

Conocido el espectro según la OPCM 3274 que se ajusta lo máximo posible al espectro sísmico para Bucaramanga según la NSR-98, extraemos de la OPCM 3274 la ecuación para la aceleración espectral para periodos que cumplan que $T_b < T < T_c$:

$$Se(T) = ag.S.\eta.2,5$$

Donde; ag: 0,25xg:2.4525m/s²

n: 1; para coeficientes de amortiguamiento iguales a 5%

S: Conocido del espectro

Así se obtiene tiene una aceleración espectral igual a :

$$Se(T) = 2,4525 \frac{m}{s^2} . 1,25 . 1 . 2,5 = 7,6641 \frac{m}{s^2}$$

Esta aceleración espectral es igual para las 3 estructuras a modelar. A continuación se halla el producto de la masa participante m* (la cual se obtiene del análisis de las estructuras realizados en el software 3muri) por la aceleración espectral calculada y se encuentra así la carga horizontal con la cual se cargó el master joint de cada uno de los tres modelos en SAP2000. En las siguientes tablas se enseña el cálculo de la carga horizontal utilizada en el modelo en SAP2000, calculo realizado de la forma descrita:

CASA	Hn (m)	Ct	T (s)	Tb (s)	Tc (s)	Td (s)	S	Ag (m/s ²)	n	Se (m/s ²) : 2,5.Ag.S.n	m* (Kg)	Carga Horizontal (Kn) : m*.Se/1000
1 : ZONA 4	3	0,08	0,18	0,15	0,5	2	1,25	2,4525	1	7,664	61838,31	473,933
2 : ZONA 11	3	0,08	0,18	0,15	0,5	2	1,25	2,4525	1	7,664	94833,49	726,810
3 : ZONA 18	3	0,08	0,18	0,15	0,5	2	1,25	2,4525	1	7,664	44462,68	340,765

Tabla 15. Tabla de cálculo de la carga horizontal a aplicar en los modelos en SAP2000 de las casas de Bucaramanga seleccionadas

4.2. MODELOS REALIZADON EN SAP2000

Con las cargas horizontales anteriormente calculadas se analizó cada modelo en SAP2000, a continuación se puede ver imágenes de los modelos realizados:

4.2.1. CASA 1 : Zona 4

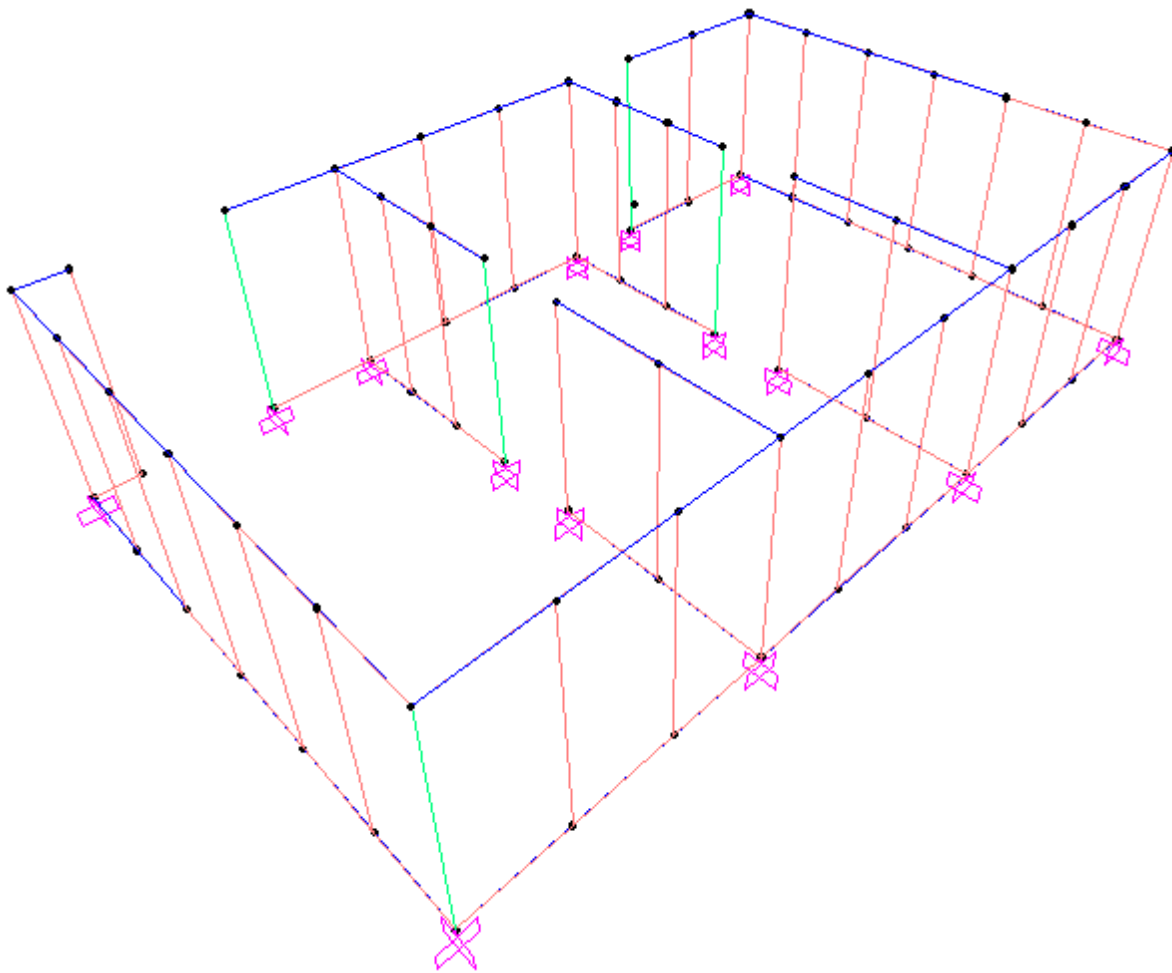


Fig 5. Vista 3d del modelo realizado en SAP2000 para la casa 1

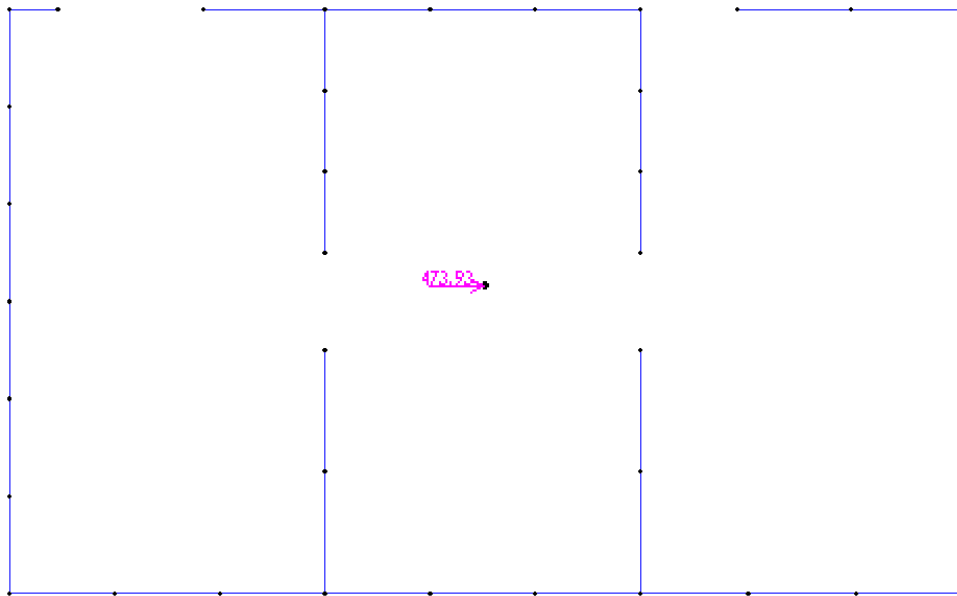


Fig 6. Vista en planta del modelo de SAP2000 para la casa 1

SAP Analysis Monitor

File Name: F:\entrega prof. chio enero 2508\archivos sap\DESPLAZAMIENTOS_Z4.sdb
 Start Time: 30/01/2008 01:14:43 a.m. Elapsed Time: 00:01:50
 Finish Time: Not Applicable Run Status: Analyzing

```

FREQUENCY SHIFT (CENTER) (CYC/TIME)      = .000000
FREQUENCY CUTOFF (RADIUS) (CYC/TIME)     = -INFINITY-
ALLOW AUTOMATIC FREQUENCY SHIFTING      = NO

Found mode 1 of 12: EV= 7.4632490E+02, f= 4.347946, T= 0.229994
Found mode 2 of 12: EV= 7.4644350E+02, f= 4.348291, T= 0.229973
Found mode 3 of 12: EV= 4.9340484E+03, f= 11.179486, T= 0.089450
Found mode 4 of 12: EV= 4.9341697E+03, f= 11.179623, T= 0.089448
Found mode 5 of 12: EV= 6.0748570E+03, f= 12.404754, T= 0.080614
Found mode 6 of 12: EV= 6.4653377E+03, f= 12.797223, T= 0.078142
Found mode 7 of 12: EV= 6.6495977E+03, f= 12.978300, T= 0.077052
Found mode 8 of 12: EV= 6.8614347E+03, f= 13.183405, T= 0.075853
Found mode 9 of 12: EV= 6.8777412E+03, f= 13.199061, T= 0.075763
Found mode 10 of 12: EV= 7.1828930E+03, f= 13.488692, T= 0.074136
Found mode 11 of 12: EV= 7.3141718E+03, f= 13.611397, T= 0.073468
Found mode 12 of 12: EV= 7.3376264E+03, f= 13.633204, T= 0.073350

NUMBER OF EIGEN MODES FOUND              = 12
NUMBER OF ITERATIONS PERFORMED           = 10
NUMBER OF STIFFNESS SHIFTS                = 0
  
```

ANALYSIS COMPLETE 2008/01/30 01:16:27

OK Cancel

Fig 7. Periodo calculado de la estructura en SAP2000 para el primer modo de vibración de la casa 1

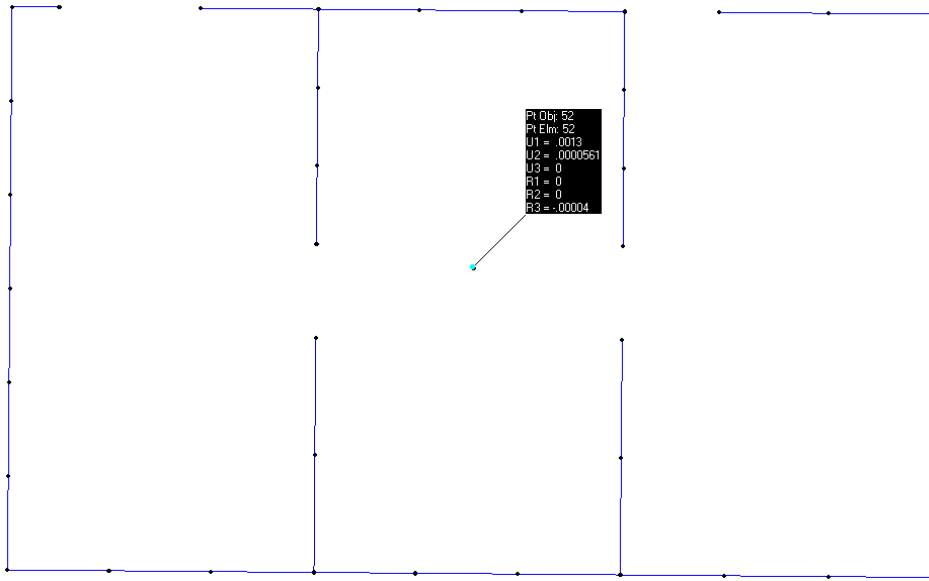


Fig 8. Deflexión calculada en SAP2000 para la carga horizontal aplicada a la casa 1

4.2.2. Casa 2: Zona 11

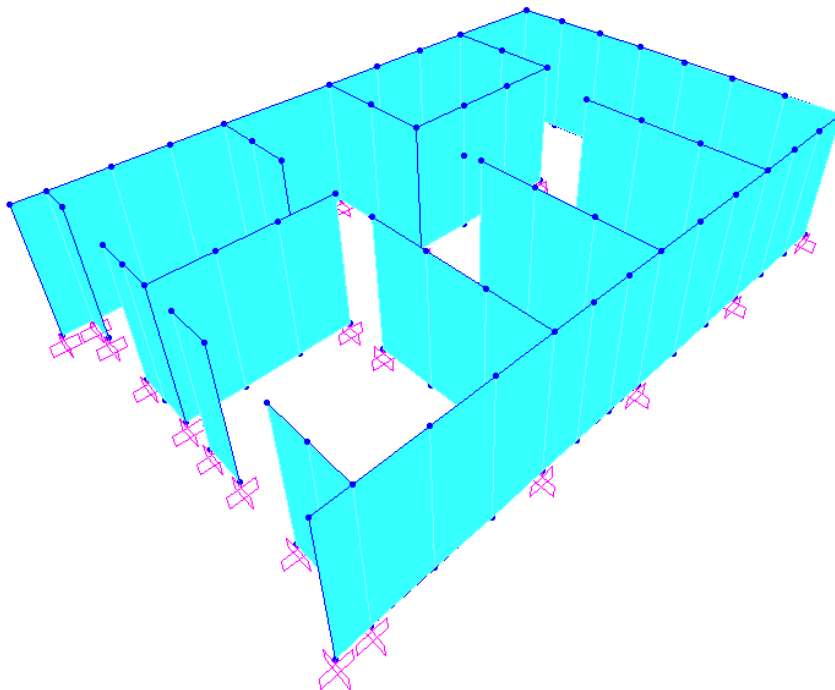


Fig 9. Vista 3d del modelo realizado en SAP2000 para la casa 2

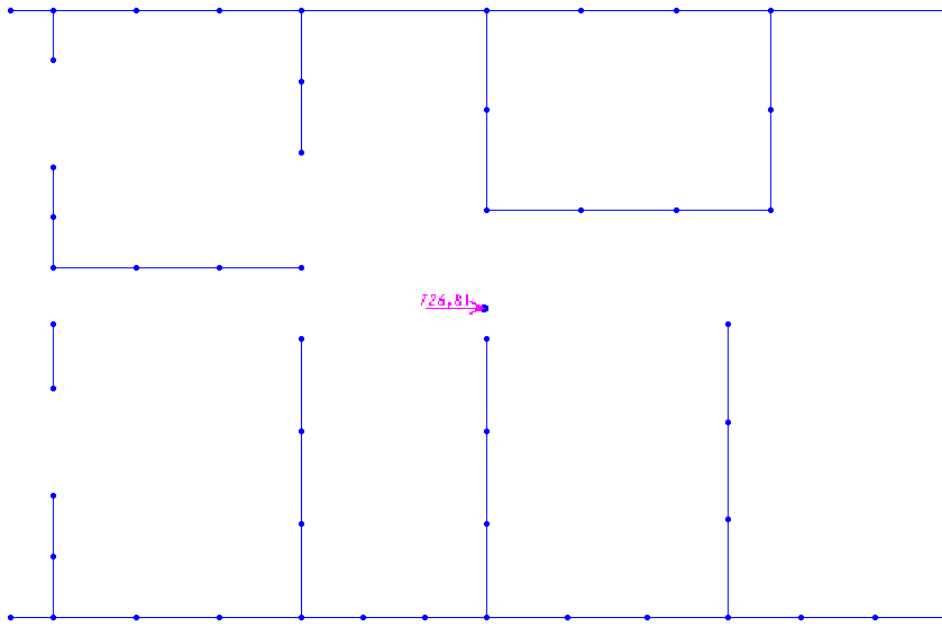


Fig 10. Vista en planta del modelo de SAP2000 para la casa 2

SAP Analysis Monitor

File Name: F:\entrega prof. chio enero 2508\archivos sap\DESPLAZAMIENTOS_Z11.sdb
 Start Time: 30/01/2008 01:25:50 a.m. Elapsed Time: 00:01:12
 Finish Time: 30/01/2008 01:27:02 a.m. Run Status: Done - Analysis Complete

```

FREQUENCY SHIFT (CENTER) (CYC/TIME) = .000000
FREQUENCY CUTOFF (RADIUS) (CYC/TIME) = -INFINITY-
ALLOW AUTOMATIC FREQUENCY SHIFTING = NO

Found mode 1 of 12: EV= 3.0439454E+03, f= 8.780890, T= 0.113884
Found mode 2 of 12: EV= 5.8551970E+03, f= 12.178418, T= 0.082112
Found mode 3 of 12: EV= 6.4458410E+03, f= 12.777913, T= 0.078260
Found mode 4 of 12: EV= 6.4463316E+03, f= 12.778399, T= 0.078257
Found mode 5 of 12: EV= 7.1017666E+03, f= 13.412302, T= 0.074558
Found mode 6 of 12: EV= 7.1017990E+03, f= 13.412333, T= 0.074558
Found mode 7 of 12: EV= 9.6829758E+03, f= 15.661183, T= 0.063852
Found mode 8 of 12: EV= 1.0798105E+04, f= 16.538416, T= 0.060465
Found mode 9 of 12: EV= 1.0804632E+04, f= 16.543414, T= 0.060447
Found mode 10 of 12: EV= 1.0804794E+04, f= 16.543538, T= 0.060447
Found mode 11 of 12: EV= 1.2091093E+04, f= 17.500599, T= 0.057141
Found mode 12 of 12: EV= 1.5600326E+04, f= 19.878654, T= 0.050305

NUMBER OF EIGEN MODES FOUND = 12
NUMBER OF ITERATIONS PERFORMED = 10
NUMBER OF STIFFNESS SHIFTS = 0
  
```

ANALYSIS COMPLETE 2008/01/30 01:26:56

OK Cancel

Fig 11. Periodo calculado de la estructura en SAP2000 para el primer modo de vibración de la casa 2

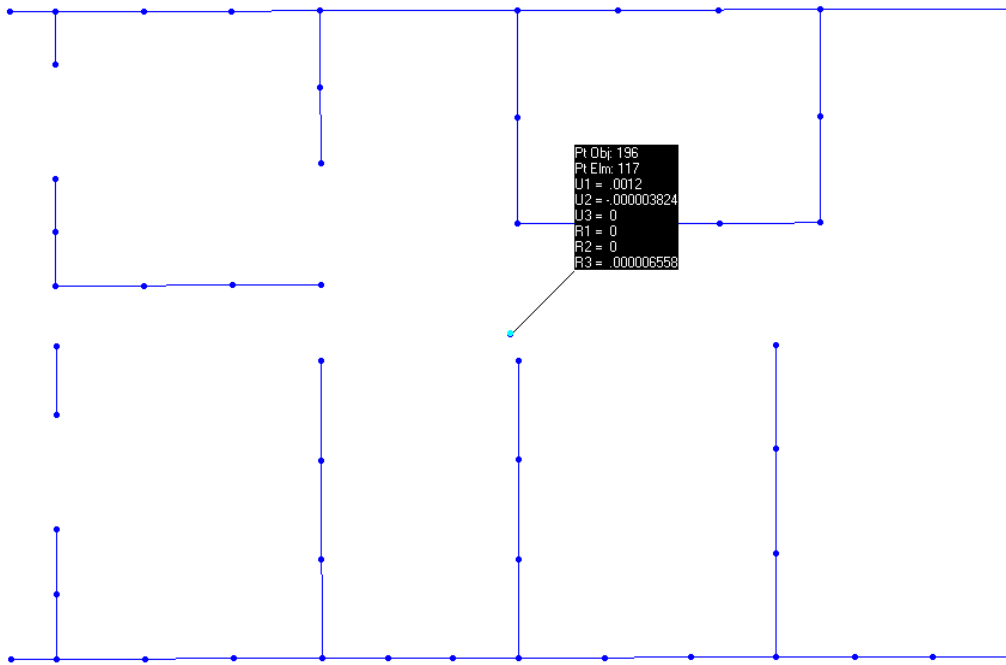


Fig 12. Deflexión calculada en SAP2000 para la carga horizontal aplicada a la casa 2

4.2.3. Casa 3: Zona 18

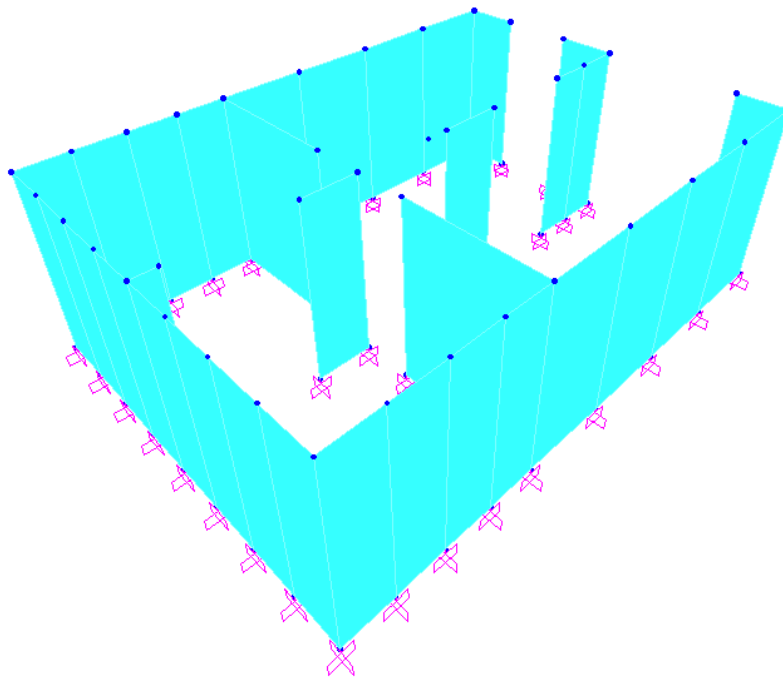


Fig 13. Vista 3d del modelo realizado en SAP2000 para la casa 2

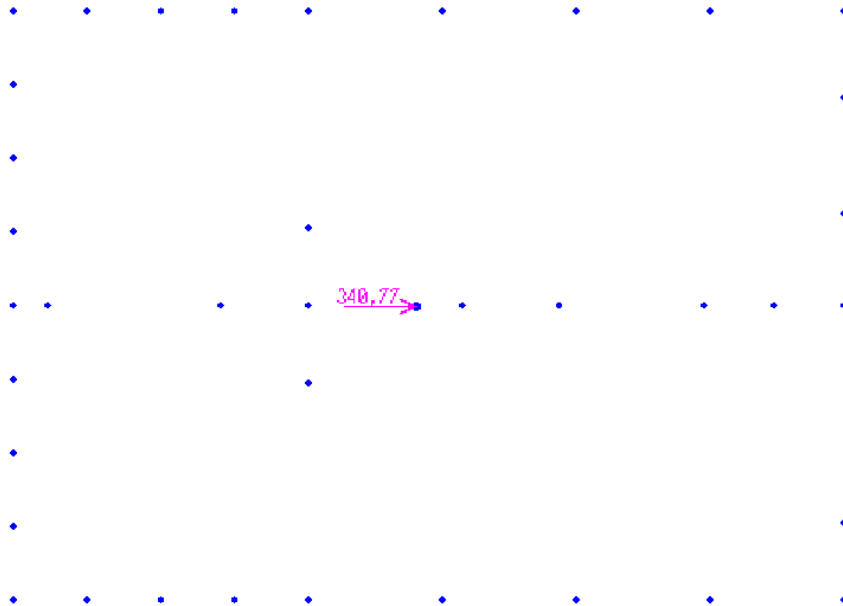


Fig 14. Vista en planta del modelo de SAP2000 para la casa 2

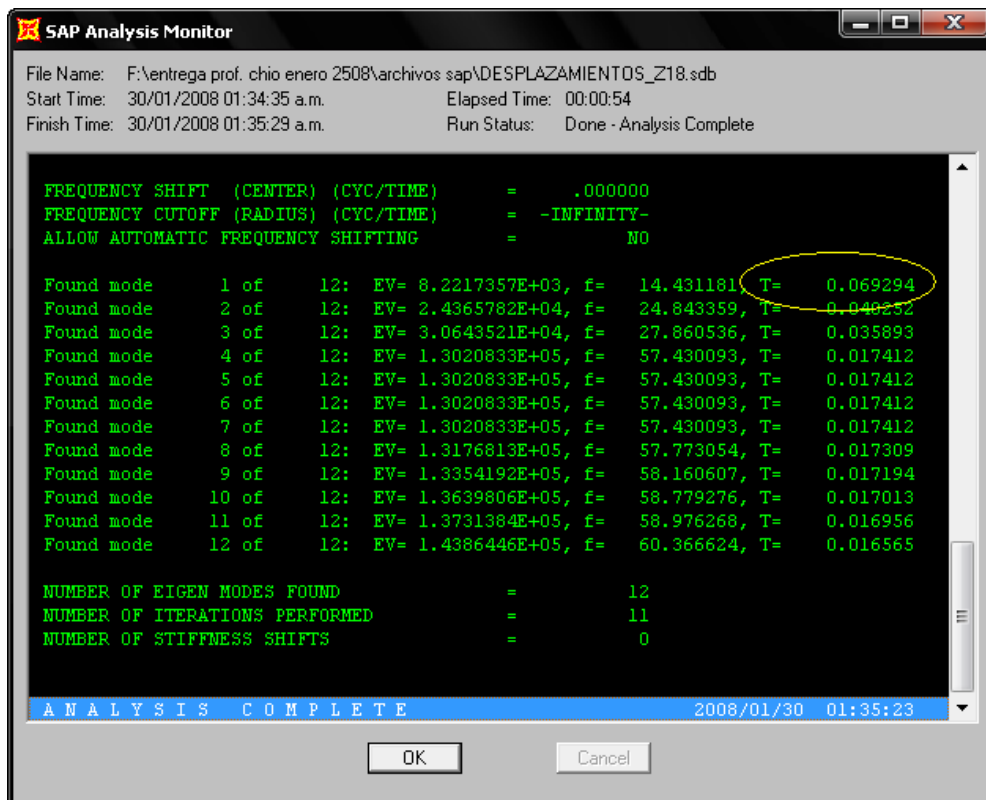


Fig 15. Periodo calculado de la estructura en SAP2000 para el primer modo de vibración de la casa 2

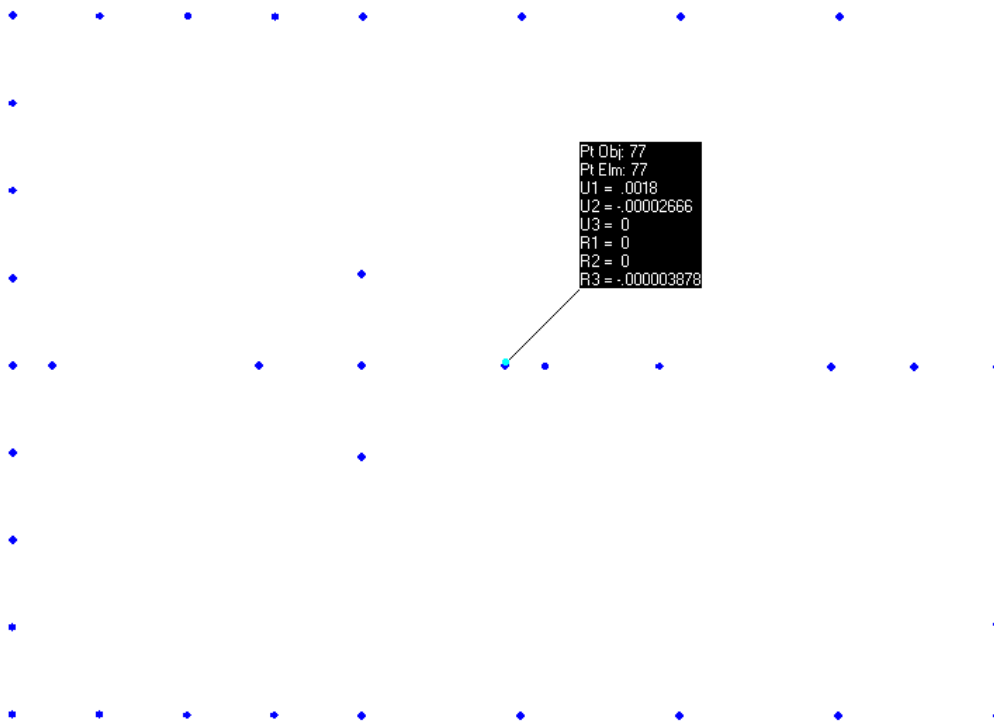


Fig 16. Deflexión calculada en SAP2000 para la carga horizontal aplicada a la casa 2

Como se puede ver, de los análisis se extraen las derivas generadas por la carga horizontal y periodos equivalentes de las estructuras para el primer modo de vibración:

DERIVAS CALCULADAS POR SAP2000 PARA LA CARGA HORIZONTAL APLICADA		
CASA	Carga Horizontal (Kn) : m*.Se/1000	Deriva (cm)
1 : ZONA 4	473,933	0,13
2 : ZONA 11	726,810	0,12
3 : ZONA 18	340,765	0,16

Tabla 16. Derivas calculadas en SAP2000 para las cargas horizontales aplicadas a los modelos

PERIODOS CALCULADOS POR SAP2000 PARA LA CARGA HORIZONTAL APLICADA		
CASA	Carga Horizontal (Kn) : m*.Se/1000	T (seg)
1 : ZONA 4	473,933	0.23
2 : ZONA 11	726,810	0.114
3 : ZONA 18	340,765	0.069

Tabla 17. Periodos equivalentes calculados en SAP2000 para las cargas horizontales aplicadas a los modelos

4.3. MODELACION DE LAS CASAS SELECCIONADAS CON EL SOFTWARE 3MURI

Para realizar la modelación de edificaciones de la ciudad de Bucaramanga, se tomaron los modelos presentes en libro de *Esperanza Maldonado Rondón y Gustavo Chio Cho*, **VISIÓN ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES DE LA CIUDAD DE BUCARMANGA**, las casas seleccionadas fueron tres (3), las cuales corresponden a las Zonas 4, 11 y 18; estas zonas fueron determinadas a partir de un estudio de desarrollo urbano, del uso del suelo y de la estratificación socioeconómica¹ de la ciudad de Bucaramanga.

A continuación se hace una breve descripción de cada zona y su respectivo análisis con el software 3Muri.

4.3.1. CASA 1 : ZONA 4²

Esta zona ocupa básicamente la escarpa de la Meseta de Bucaramanga, en este sector prevalecen las edificaciones con menos de tres niveles, en sistema estructural de muros en mampostería.

Dentro de este sistema estructural predomina la mampostería no confinada, aunque existen algunas construcciones en mampostería confinada. Dada la ubicación de la zona, las edificaciones se encuentran construidas en su mayoría sobre laderas de pendiente media y alta, y sin tener en cuenta especificaciones técnicas para estos casos.

Para la modelación se tuvo en cuenta una casa de mampostería confinada solo de un nivel con una altura de 3 metros desde la fundación, ya que por restricciones de la versión del programa 3Muri con que se elaboró este proyecto, no se podían modelar edificaciones más grandes.

4.3.1.1. Modelación

Como anteriormente se habían explicado los comandos que componen el programa, y a su vez se expuso un ejemplo detallado del proceso de modelación, a continuación se mostrará la estructura a modelar y los pasos más importantes de este proceso, como también los resultados obtenidos.

PLACA DE ENTREPISO CASA ZONA 4

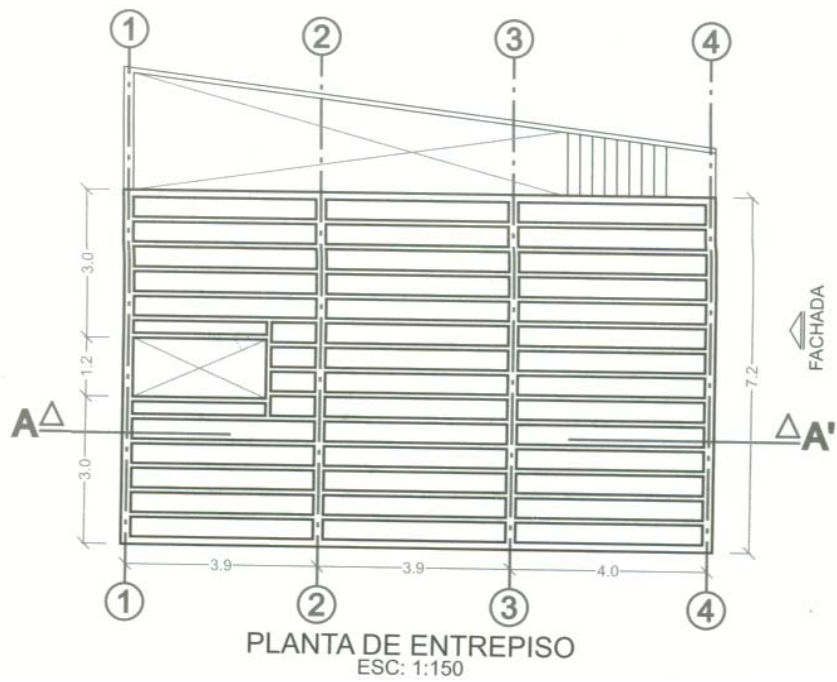


Figura 17 : Planta de entrepiso, casa zona 4

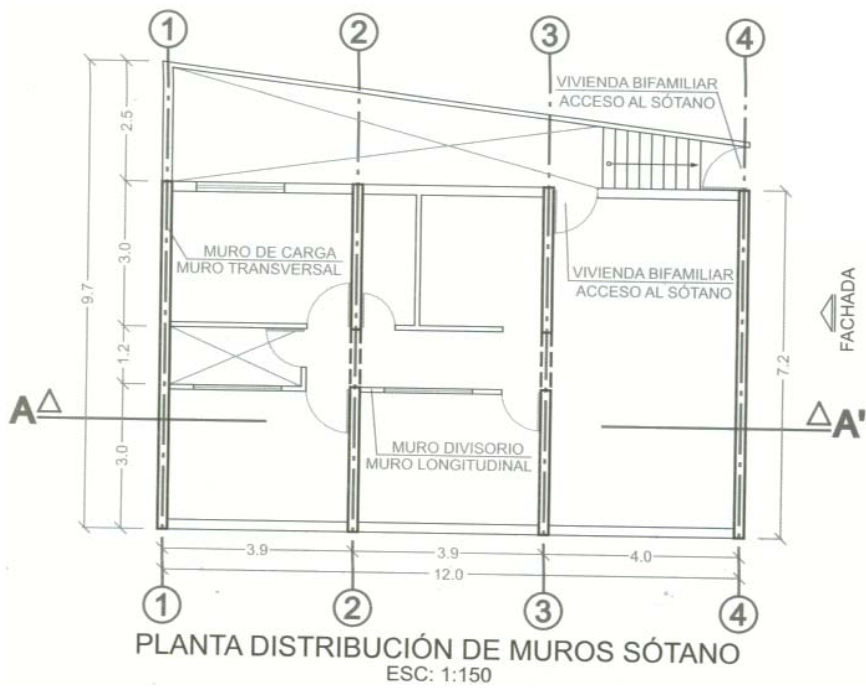


Figura 18: Planta de distribución de muros, casa zona 4

Inicialmente se hizo el dibujo de apoyo en Autocad, el cual consta de una vista en planta de la distribución de las paredes, puertas y ventanas de la edificación (en centímetros). Posteriormente este dibujo se importó desde el software 3Muri mediante la herramienta **importa DXF**. El resultado fue el siguiente:

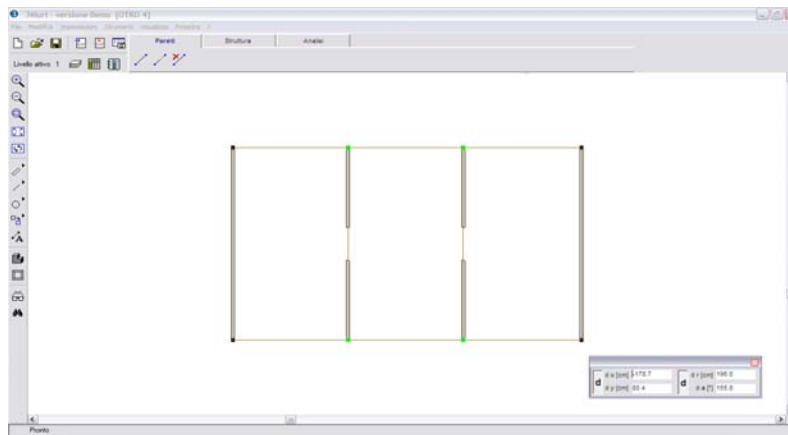


Figura 18': Dibujo de apoyo importado desde ACAD, casa zona 4

Una vez importado el dibujo, se procedió a insertar las paredes con base en el gráfico de apoyo antes mencionado, este procedimiento se realizó mediante la herramienta **Pareti**, quedando definidas así:

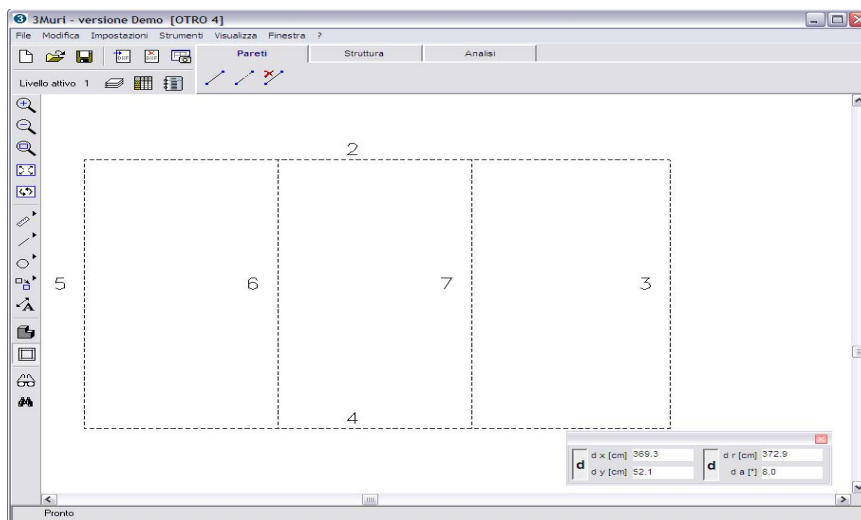


Figura 19: Planta de paredes definidas de la casa zona 4, software 3Muri

Luego de este paso, se procedió a asignar las propiedades a las paredes insertadas, todas las paredes se definieron en mampostería con ladrillo de espesor de 14 centímetros y con una viga superior de sección 15X20 centímetros, con un refuerzo de cuatro barras No. 4 y estribos No. 3 cada 10 centímetros, y recubrimiento de 3 centímetros. Todas las propiedades se encuentran consignadas en el siguiente cuadro. Las propiedades de los muros se definieron con la herramienta **Struttura/ assegna attributi segemeti parette**.

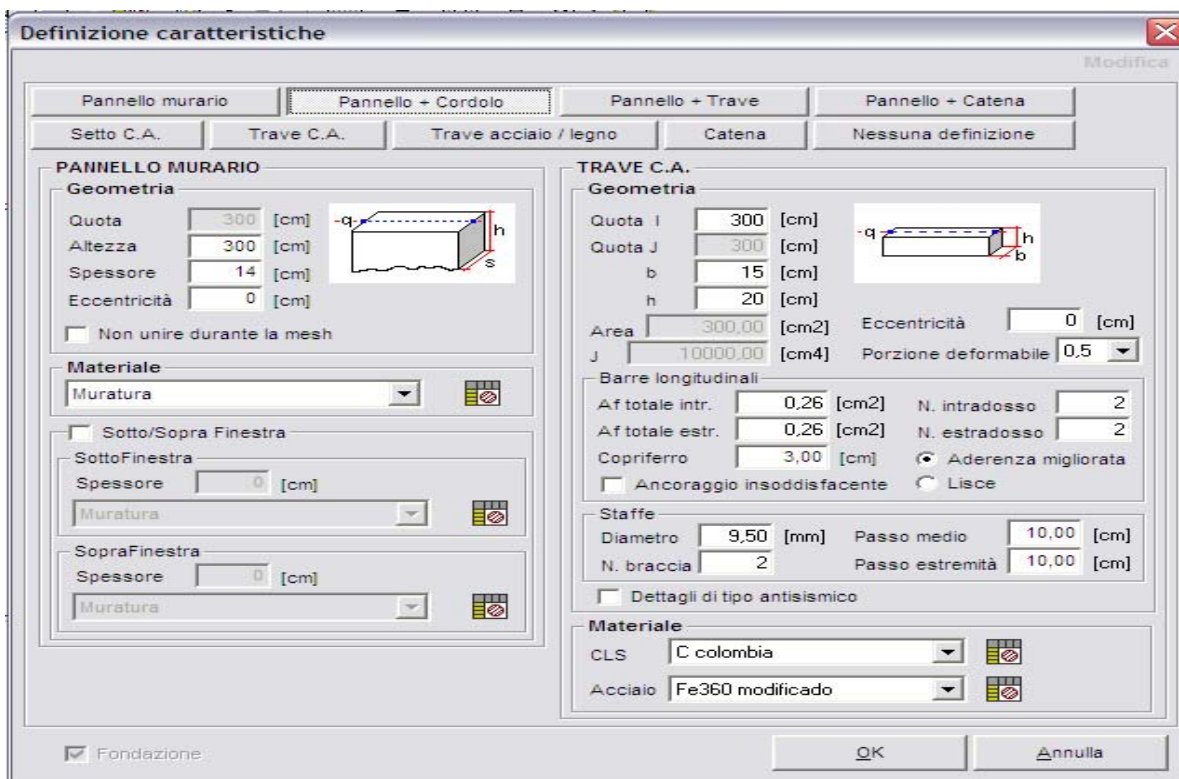


Figura 20: Tabla de propiedades de los muros, casa zona 4 software 3Muri

En este cuadro, se seleccionó la opción **Pannello+Cordolo**, la cual corresponde a un muro en mampostería acompañado de una viga en la parte superior.

Las propiedades de los materiales que intervienen en el muro son las siguientes:

- **Mampostería:**

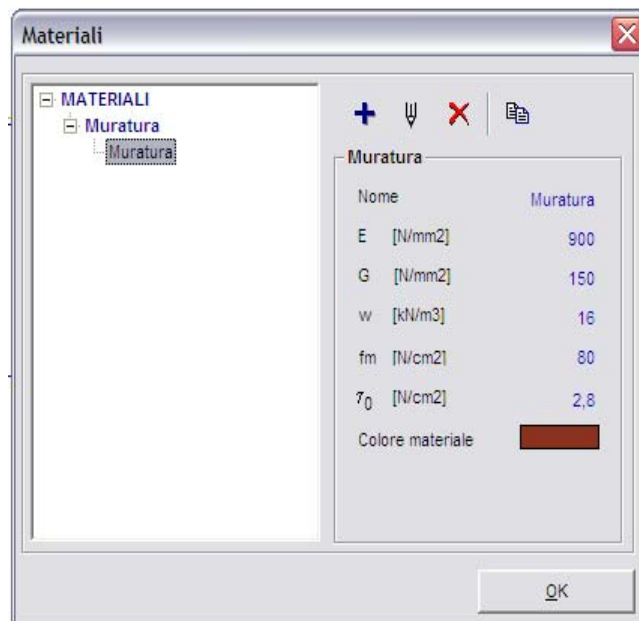


Figura 21: Propiedades de la mampostería

- **Concreto:**

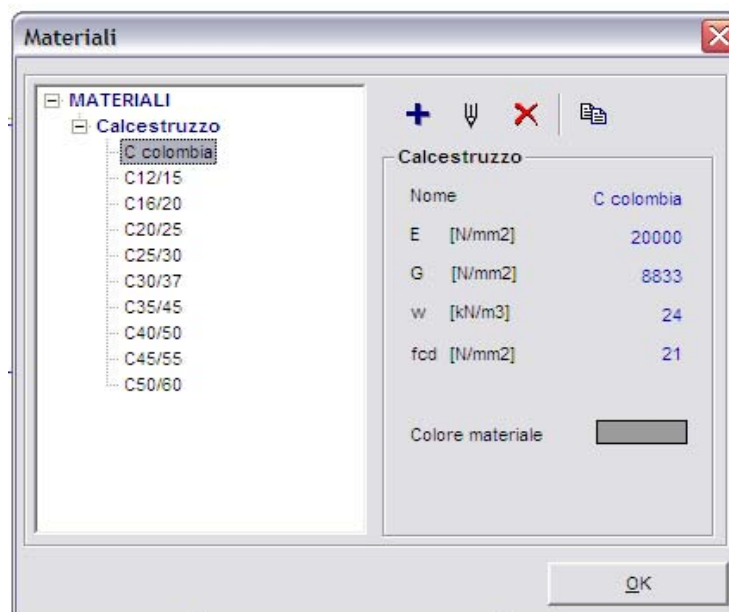


Figura 22: Propiedades del concreto

- **Acero:**

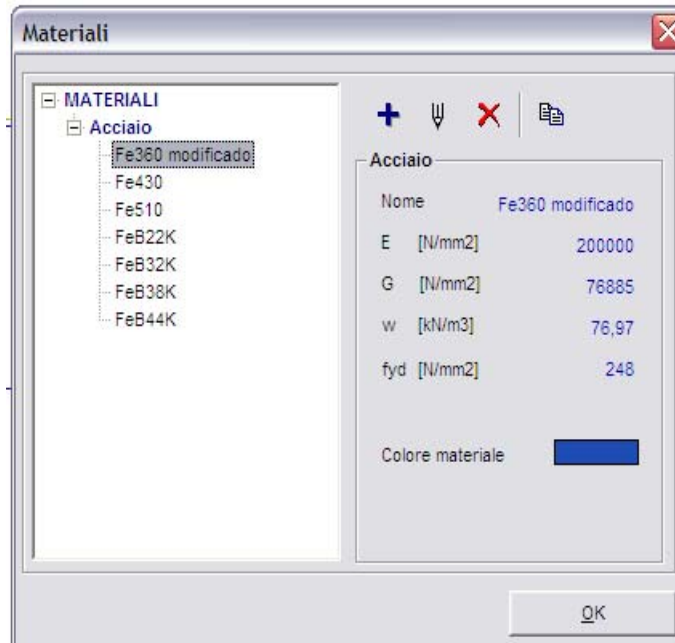


Figura 23: Propiedades del acero

Ahora podemos apreciar el modelo en 3D definidos los muros y las vigas

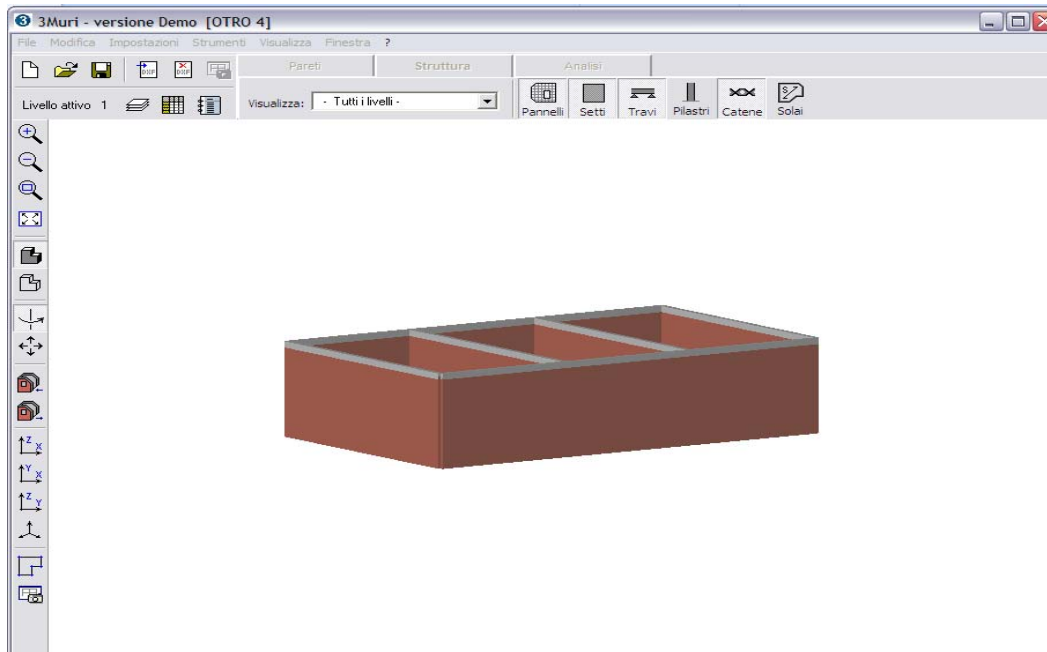


Figura 24: Vista en 3D de los muros y las vigas, casa zona 4 software 3Muri

Luego se procedió a insertar las puertas y las ventanas con el comando **Struttura/Apertura**, según la distribución que tenía la casa en estudio ubicada en la zona 4, puede servir de guía el dibujo de apoyo si en este se dejó el espacio o indicada la ubicación de las puertas y ventanas; de no haberse hecho esto, se pueden insertar simplemente dando click donde se deseen ubicar.

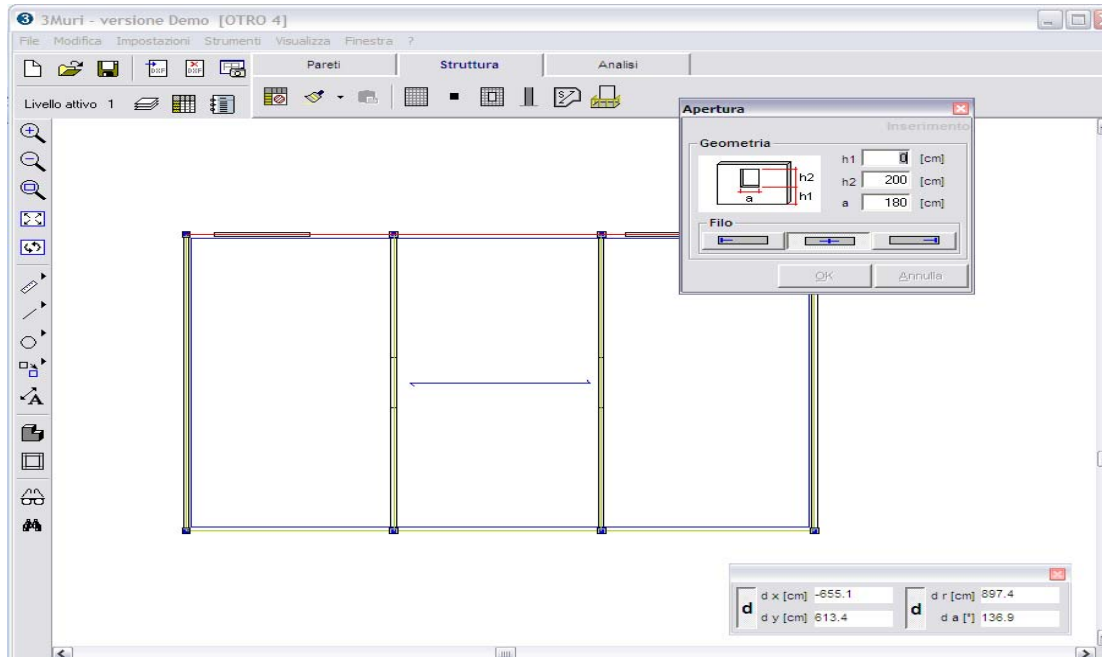


Figura 25 : Vista de ventana para la inserción de puertas y ventanas, software 3Muri

Modelación de la placa de entrepiso: Para esta edificación se modeló la placa según la sección transversal existente, esta se muestra a continuación:



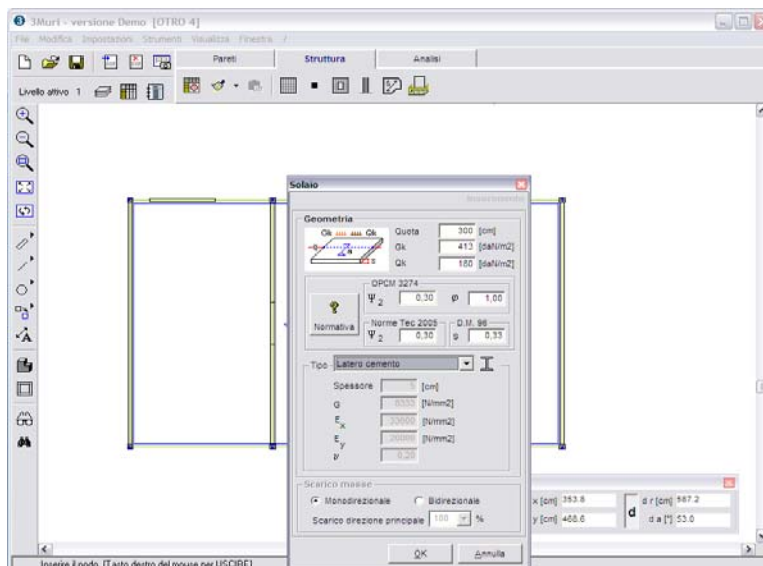
Figura 26 : Sección de entrepiso de la casa de la zona 4

La carga muerta correspondiente a la placa es la siguiente:

Peso placa superior=	$(0,05 \cdot 24)$	= 1.2 Kn/m ²
Aligeramiento		= 0,25
Viguetas	$= \frac{(0,10 \cdot 0,15 \cdot 24)}{0,5}$	= 0,72
Placa inferior	$= (0,02 \cdot 23)$	= 0,46
Peso propio Placa		= 2,63 Kn/m²
Acabados		= 1,5 kn/m ²
WD		= 4,13 Kn/m²

La carga viva correspondiente según la NSR-98, para vivienda es: **WL= 1.8 Kn/m²**

Para el insertar la placa en el modelo se emplea la herramienta **Struttura/Solaio**, en esta ventana se introducen los valores calculados para carga viva y muerta, igualmente los coeficientes de mayoración de cargas que dependen del uso que se le va a dar a la placa (en este caso fueron valores para uso de vivienda), estos valores se escogen de una tabla que trae insertada esta ventana. Esta placa se armó según la disposición de los muros cargueros establecidos en la planta de esta casa, la configuración de la placa quedó de la siguiente manera:



Arriba : Figura 26: Ventana de definición de placa de entepiso para la casa de la zona 4, software 3Muri

En la pestaña de tipo de placa, se seleccionó **Latero cemento**, que corresponde a una placa aligerada en concreto, las dimensiones están consignadas así:

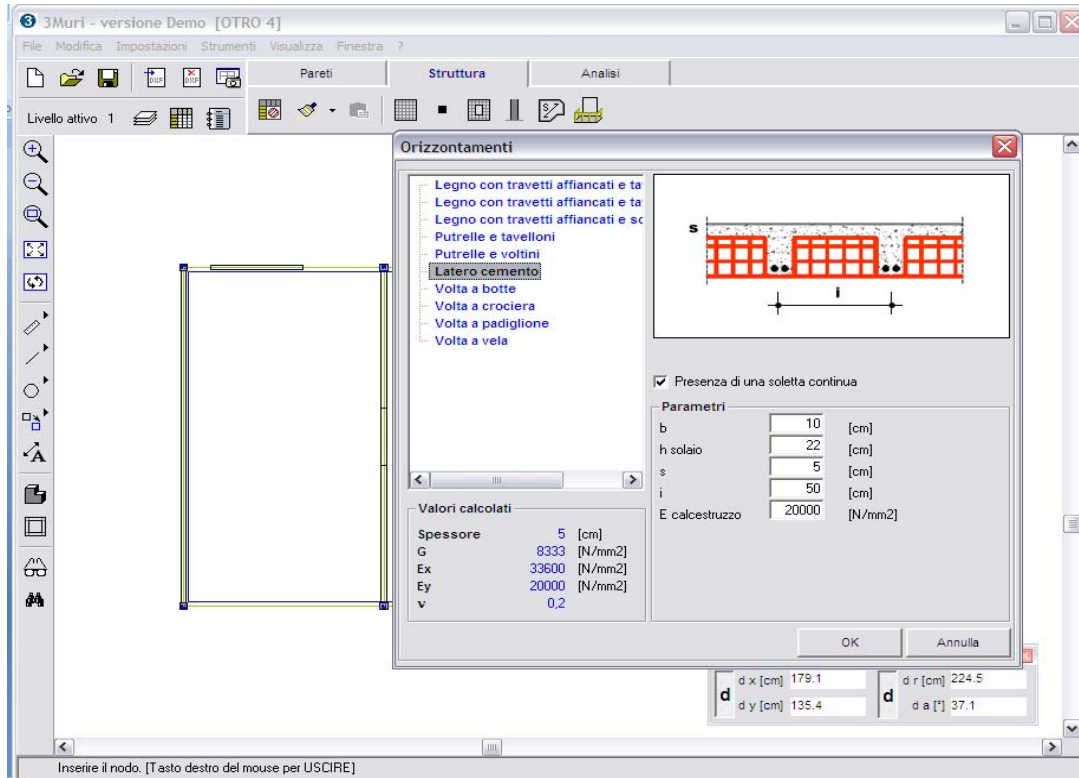


Figura 27: Ventana de propiedades de la placa de entepiso, casa zona 4 software 3Muri

Columns: Para confinar los muros de la edificación, se colocaron columnetas de 15X15 centímetros, con refuerzo de cuatro (4) barras No.4 (dos en la parte superior y dos en la parte inferior), estribos No.3 de dos ramas cada 10 centímetros, y se dejó un recubrimiento de 3 centímetros.

Las columnas se definieron con la herramienta **Struttura/Pilastro**, a continuación se muestra la ventana de definición:

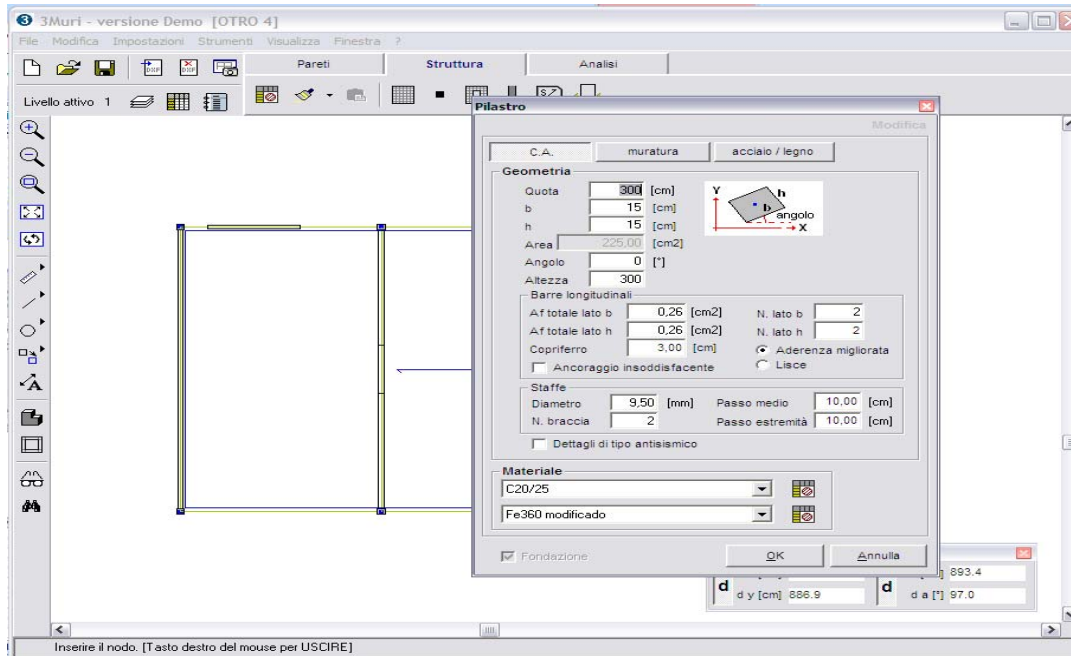
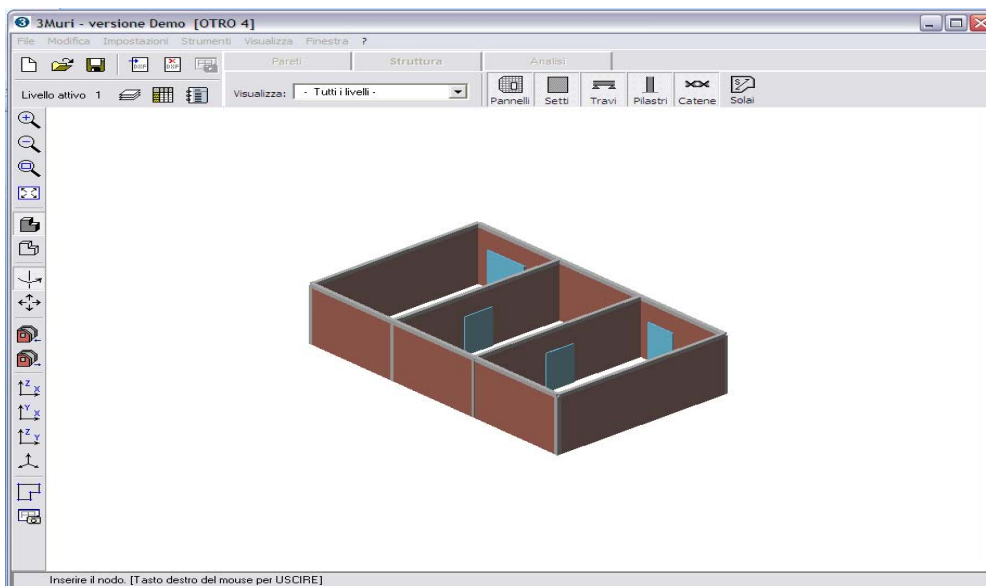


Figura 28: Ventana de definición de las columnas, casa zona 4 software 3Muri

Ya definida en su totalidad la edificación se puede observar la vista 3D de la misma, esta se presenta a continuación:



Arriba Figura 29: Vista 3D de la edificación sin mostrar placa, casa zona 4

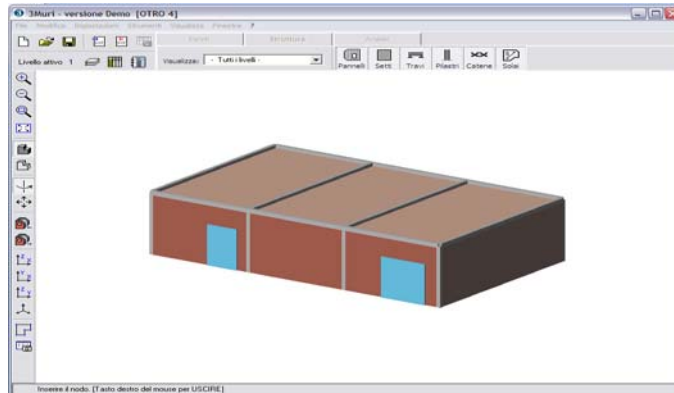


Figura 30 : Vista 3D de la edificación con placa, casa zona 4

Después de tener completa la definición de la estructura se realizó el análisis sísmico de esta, empleando la norma italiana OPCM 3274 cómo se explicó anteriormente, se seleccionaron los valores del espectro más aproximados a los valores de este según la NSR-98, para los cuales corresponden *zona sísmica 2*, *tipo de suelo B* y *coeficiente de importancia*, los otros valores de las otras normas que aparecen en esta ventana no se modifican; esta configuración se realizó mediante la herramienta **Analisi/Carico**, donde aparece la ventana **Azione Sismica**:

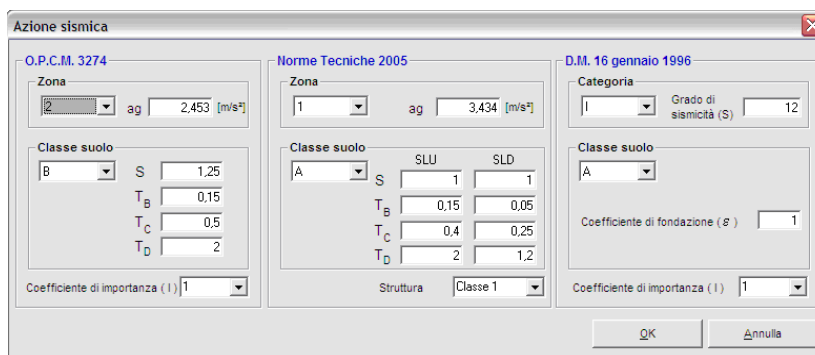


Figura 31: Ventana de configuración de la acción sísmica, casa zona 4 (3Muri)

Definidas estas características se procedió al icono **Analisi/ Azione sísmica**, en esta ventana se seleccionó la carga sísmica para analizar la estructura y el nodo

de aplicación de la misma; para este caso se definió la dirección de la carga sísmica en el eje X positivo, proporcional al primer modo de vibración, y el nodo No. 2 como nodo de control como se muestra en el siguiente gráfico:

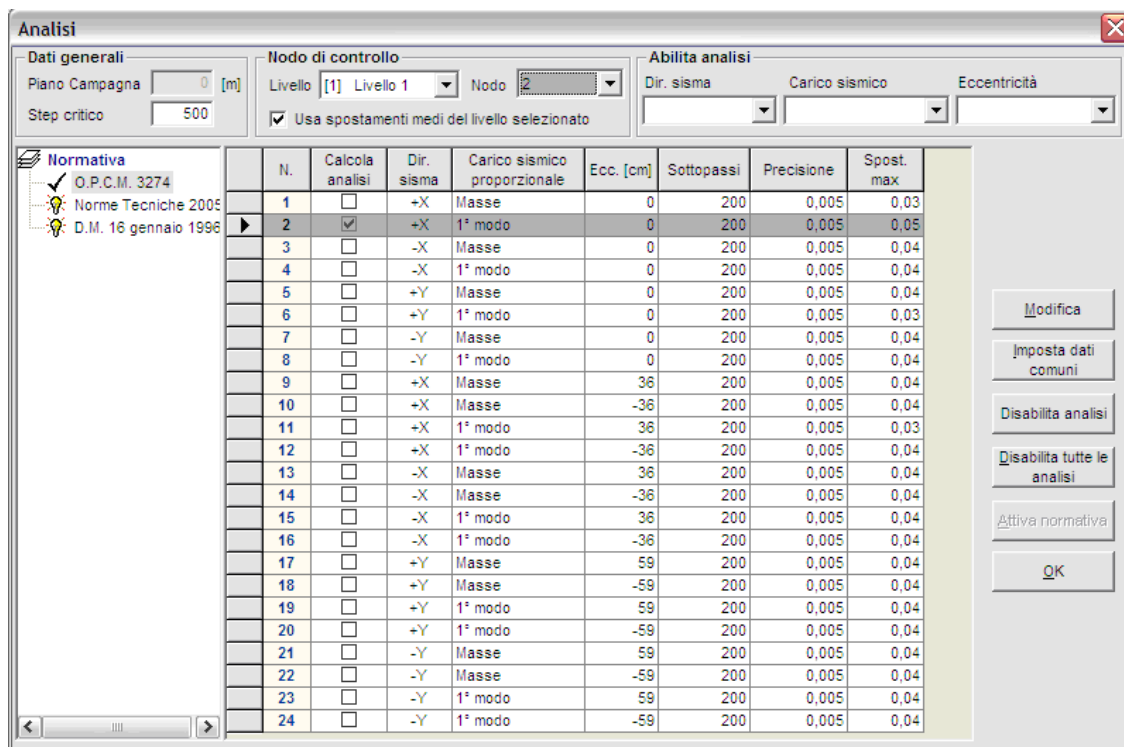


Figura 32: Ventana de configuración del análisis sísmico, casa zona 4 (3Muri)

4.3.1.2. Resultados

Después de realizado el análisis se procedió a observar los resultados obtenidos, a través de la herramienta **Analisi/Visualizza risultati**, se conocieron los resultados, como se muestra a continuación:

N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Ecc. [cm]	Dmax SLU [cm]	Du SLU [cm]	q* SLU	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	Alfa u	Alfa e
2	<input type="checkbox"/>	+X	1° modo	0	0,883	0,809	2,484	0,136	0,186	0,941	1,106

Figura 32 : Vista parcial de la ventana de verificación del análisis, casa zona 4 (3muri)

En esta ventana se puede observar que la estructura por análisis de Estado Límite Último (SLU) no resulta satisfactoria, puesto que la deflexión de la edificación causada por el sismo (D_{max}) es mayor que la deflexión que soporta la estructura (D_u), esta verificación aparece en color rojo.

Por otra parte también se observa que por análisis de Estado Límite de Daño (SLD) la verificación resulta satisfactoria, y aparece en color verde.

En esta ventana aparece la opción **Visualizza dettagli analisi**, con la que se puede apreciar más detalladamente los resultados obtenidos en el análisis, como se muestra a continuación:

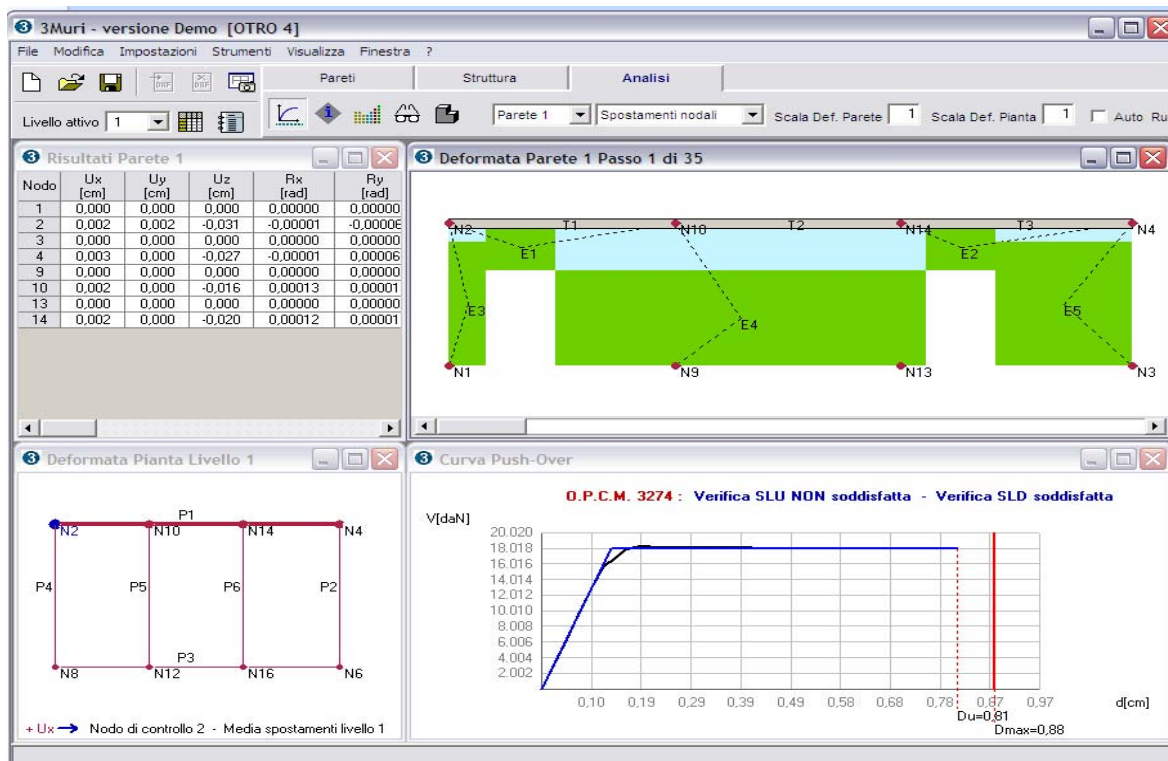


Figura 33 : Resultados obtenidos: deformada pared 1, curva push-over de la estructura, tabla de desplazamiento nodal. Casa zona 4 (3Muri)

Ya que las comparaciones que se realizarán entre el análisis en SAP2000 y 3Muri, sólo puede realizarse con los valores de la rigidez y el Período equivalente de las estructuras, no se presentarán las demás gráficas de resultados, sin embargo éstas están disponibles en el medio magnético que contiene este libro.

Para conocer un resumen de los detalles de las comprobaciones realizadas en este análisis, se empleó la herramienta **Dettaglio Verifiche**, estos se muestran a continuación:

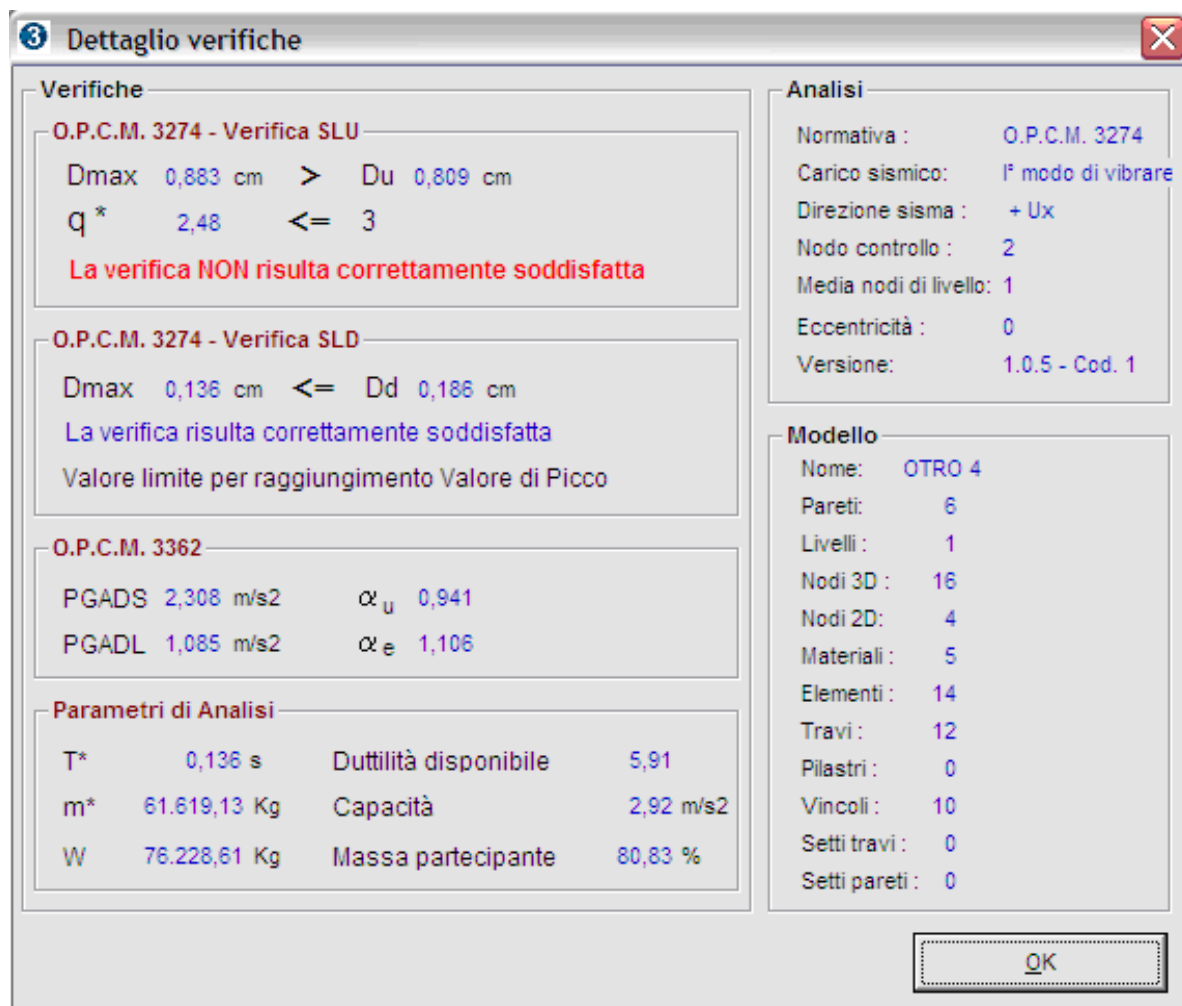


Figura 34 : Ventana de resumen de análisis para la casa de la zona 4, 3Muri

Para ver la deformada de toda la edificación y no pared por pared se puede emplear la herramienta **Visualizza 3D de la Mesh**. El resultado es el siguiente:

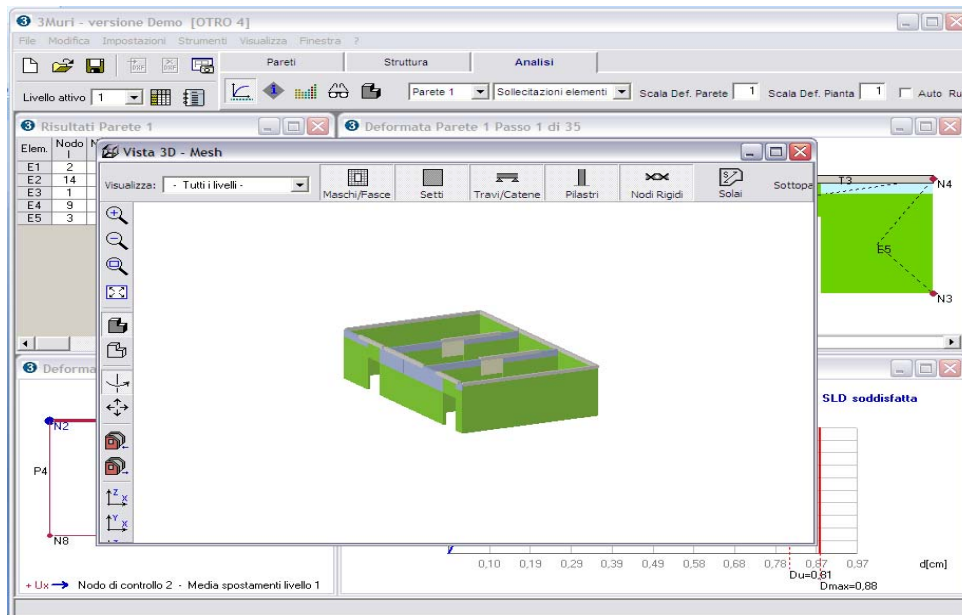


Figura 35 : Vista en 3D de la edificación deformada, casa zona 4 (3Muri)

4.3.2. CASA 2:ZONA 11³

La zona está conformada por las edificaciones usadas con fines residenciales y comerciales. Existen algunas casas antiguas pero la gran mayoría corresponden a edificaciones recientes. La tipología estructural más representativa es la mampostería y el pórtico en edificios de diferente número de pisos.

Para la modelación se tuvo en cuenta una casa de mampostería confinada solo de un nivel con una altura de 3 metros desde la fundación, ya que por restricciones de la versión del programa 3Muri con que se elaboró este proyecto, no se podían modelar edificaciones más grandes.

4.3.2.1. Modelación

Como anteriormente se habían explicado los comandos que componen el programa, y a su vez se expuso un ejemplo detallado del proceso de modelación, a continuación se mostrará la estructura a modelar y los pasos más importantes de este proceso, como también los resultados obtenidos.

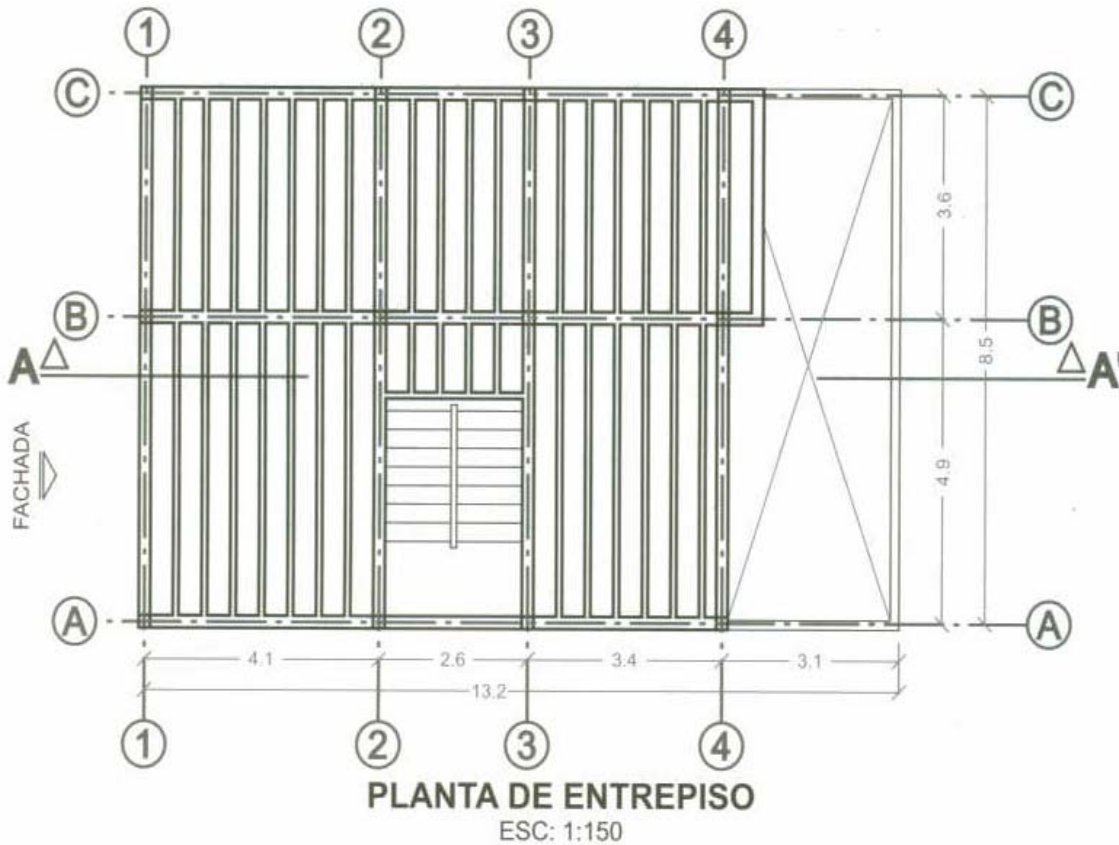


Figura 36: Planta de Entrepiso de la casa de la zona 11

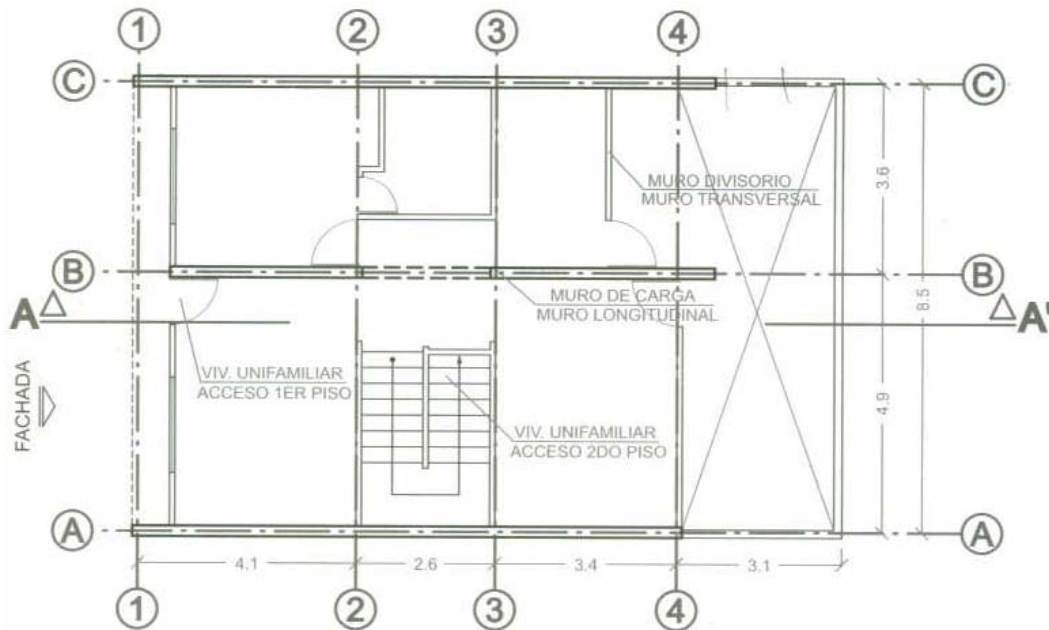


Figura 37 : Planta de distribución de muros del primer piso, casa zona 11

Inicialmente se hizo el dibujo de apoyo en Autocad, el cual consta de una vista en planta de la distribución de las paredes, puertas y ventanas de la edificación (en centímetros). Posteriormente este dibujo se importó desde el software 3Muri mediante la herramienta **importa DXF**. El resultado fue el siguiente

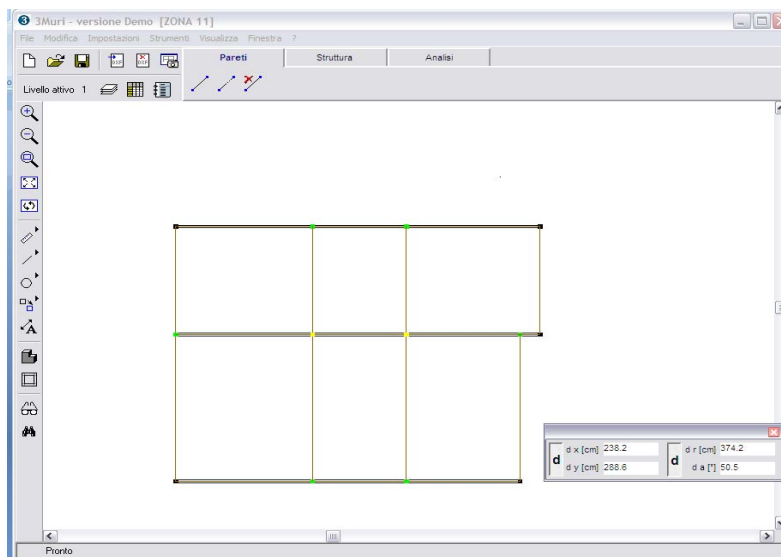


Figura 38 : Dibujo de apoyo importado desde ACAD, casa zona 11

Una vez importado el dibujo, se procedió a insertar las paredes con base en el gráfico de apoyo antes mencionado, este procedimiento se realizó mediante la herramienta **Pareti**, quedando definidas así:

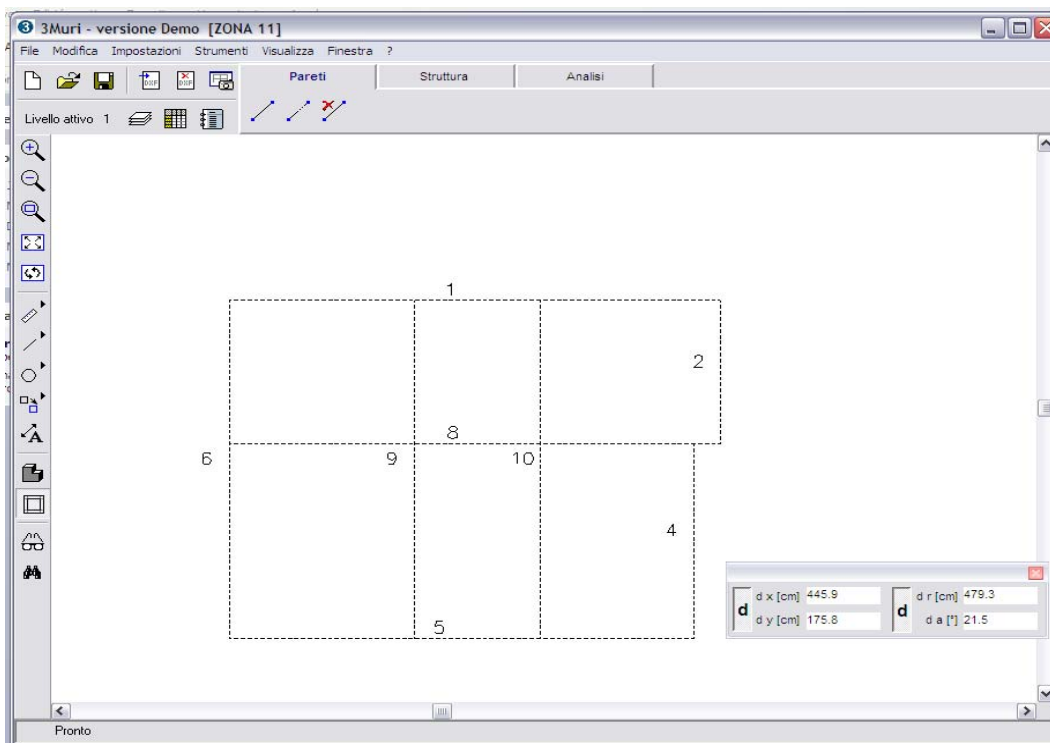


Figura 39 : Vista en planta de las paredes definidas, casa zona 11 (3Muri)

Luego de este paso, se procedió a asignar las propiedades a las paredes insertadas, todas las paredes se definieron en mampostería con ladrillo de espesor de 14 centímetros y con una viga superior de sección 15X20 centímetros, con un refuerzo de cuatro barras No. 4 y estribos No. 3 cada 10 centímetros, y recubrimiento de 3 centímetros.

Todas las propiedades se encuentran consignadas en el siguiente cuadro. Las propiedades de los muros se definieron con la herramienta **Struttura/ assegna attributi segemeti parette**.

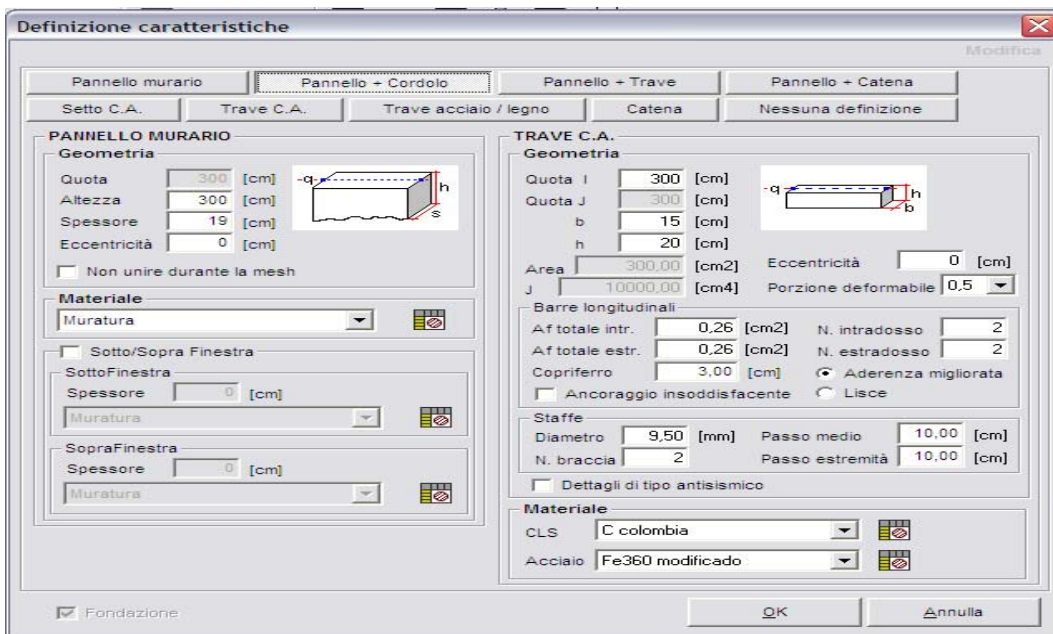
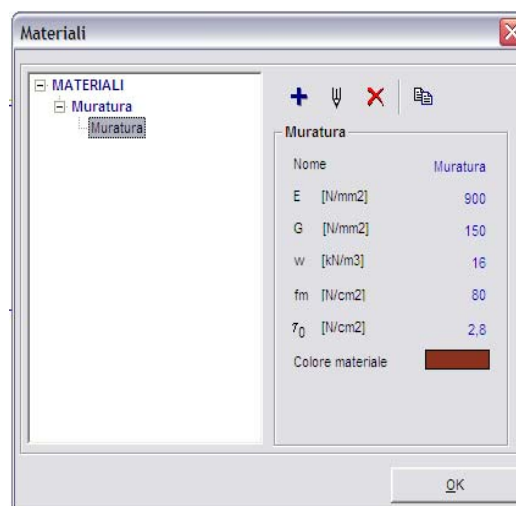


Figura 40 : Cuadro de propiedades de los muros, casa zona 11

En este cuadro, se seleccionó la opción **Pannello+Cordolo**, la cual corresponde a un muro en mampostería acompañado de una viga en la parte superior.

Las propiedades de los materiales que intervienen en el muro son los mismos que los utilizados para la casa de la zona 4, son las siguientes:

- **Mampostería:**



Arriba Figura 41 : propiedades de la mampostería, casa 11

- **Concreto:**

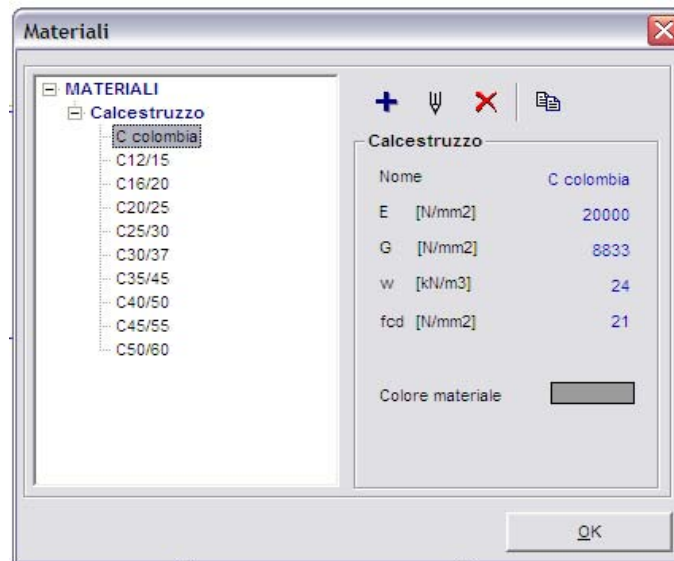


Figura 42 : propiedades del concreto, casa zona 11

- **Acero:**

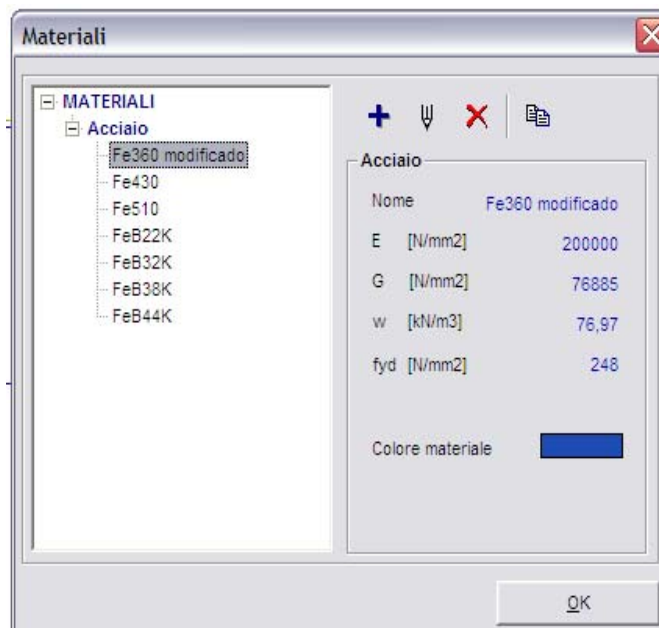


Figura 43 : propiedades del acero, casa zona 11

La vista de la estructura en 3D hasta ahora va así:

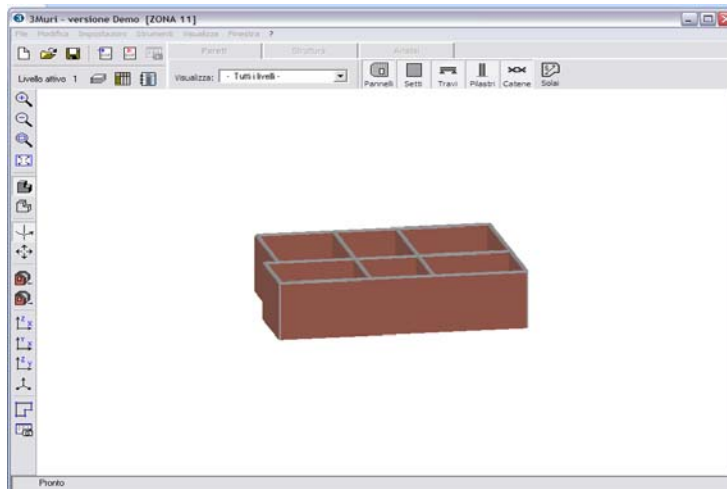


Figura 44 : Vista en 3D de los muros y las vigas, casa zona 11 (3Muri)

Luego se procedió a insertar las puertas y las ventanas con el comando **Struttura/Apertura**, según la distribución que tenía la casa en estudio ubicada en la zona 11; puede servir de guía el dibujo de apoyo si en este se dejó el espacio o indicada la ubicación de las puertas y ventanas, de no haberse hecho esto, se pueden insertar simplemente dando click donde se deseen ubicar.

Modelación de la placa de entrepiso: para esta edificación se modeló la placa según la sección transversal existente, esta se muestra a continuación:

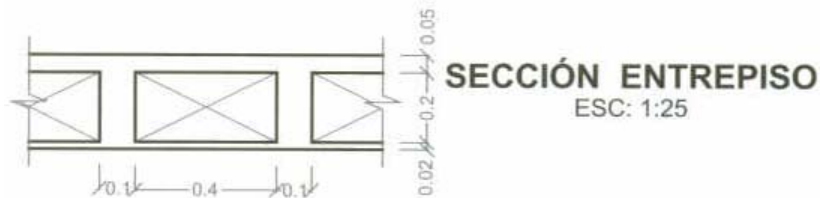


Figura 45: Sección de Entrepiso, casa zona 11

La carga muerta correspondiente a la placa es la siguiente:

$$\text{Peso placa superior} = (0,05 \cdot 24) = 1.2 \text{ Kn/m}^2$$

$$\text{Aligeramiento} = 0,25$$

Viguetas	$= \frac{0,1 \cdot 0,2 \cdot 2,24}{10}$	$= 0,96$
Placa inferior	$= (0,02 \cdot 23)$	$= 0,46$
	Peso propio Placa	= 2,87 Kn/m2
Acabados		$= 1,5 \text{ kn/m}^2$
	WD	= 4,37 Kn/m2

La carga viva correspondiente según la NSR-98, para vivienda es: **WL= 1.8 Kn/m2**
 Para el insertar la placa en el modelo se emplea la herramienta **Struttura/Solaio**, en esta ventana se introducen los valores calculados para carga viva y muerta, igualmente los coeficientes de mayoración de cargas que dependen del uso que se le va a dar a la placa (en este caso fueron valores para uso de vivienda), estos valores se escogen de una tabla que trae insertada esta ventana. Esta placa se armó según la disposición de los muros cargueros establecidos en la planta de esta casa, la configuración de la placa quedó de la siguiente manera:

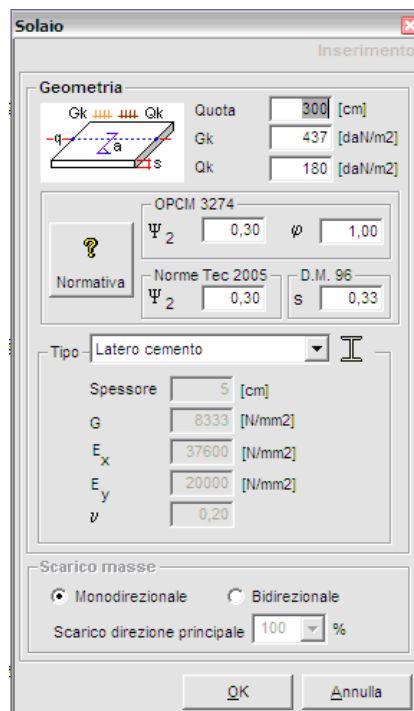


Figura 46 : Ventana de definición de la placa, casa zona 11 (3Muri)

En la pestaña de tipo de placa, se seleccionó **Latero cemento**, que corresponde a una placa aligerada en concreto, las dimensiones están consignadas así:

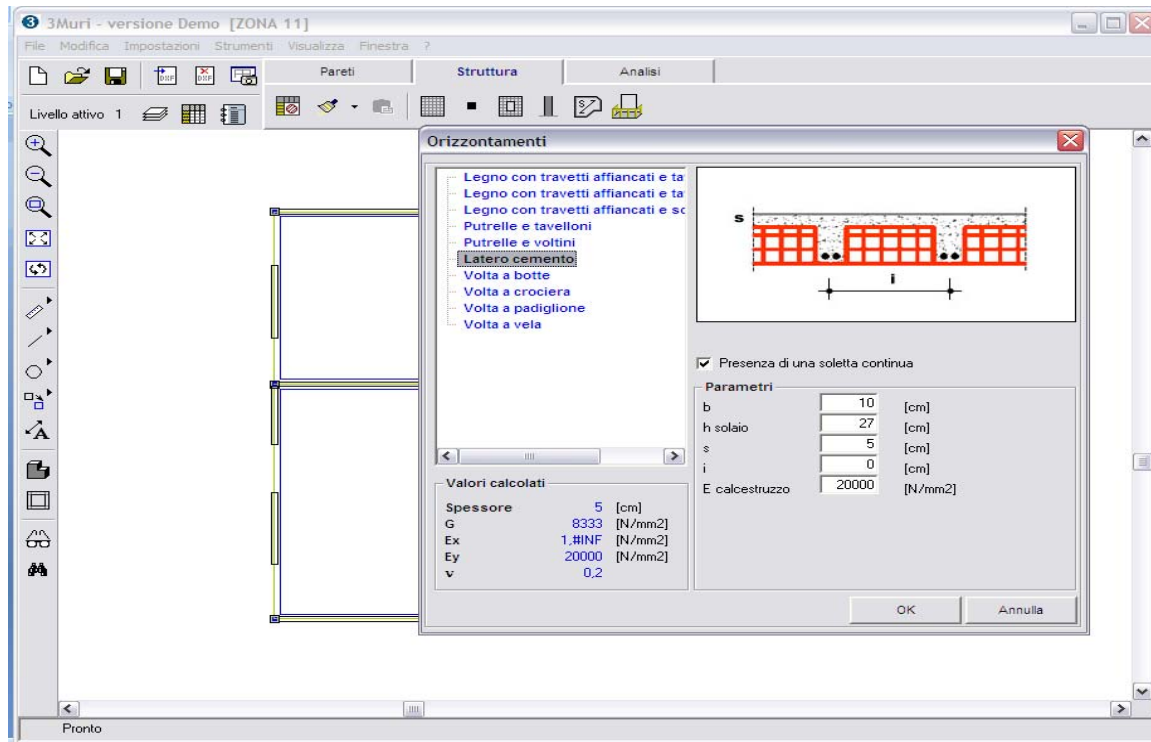


Figura 47 : Ventana de propiedades de la placa de entpiso, casa zona 11 (3Muri)

Columnas: Para confinar los muros de la edificación, se colocaron columnetas en concreto armado de 15X15 centímetros, con refuerzo de cuatro (4) barras No.4 (dos en la parte superior y dos en la parte inferior), estribos No.3 de dos ramas cada 10 centímetros, y se dejó un recubrimiento de 3 centímetros.

Las propiedades de los materiales son las mismas que se utilizaron para las vigas de los muros.

Las columnas se definieron con la herramienta **Struttura/Pilastro**, a continuación se muestra la ventana de definición:

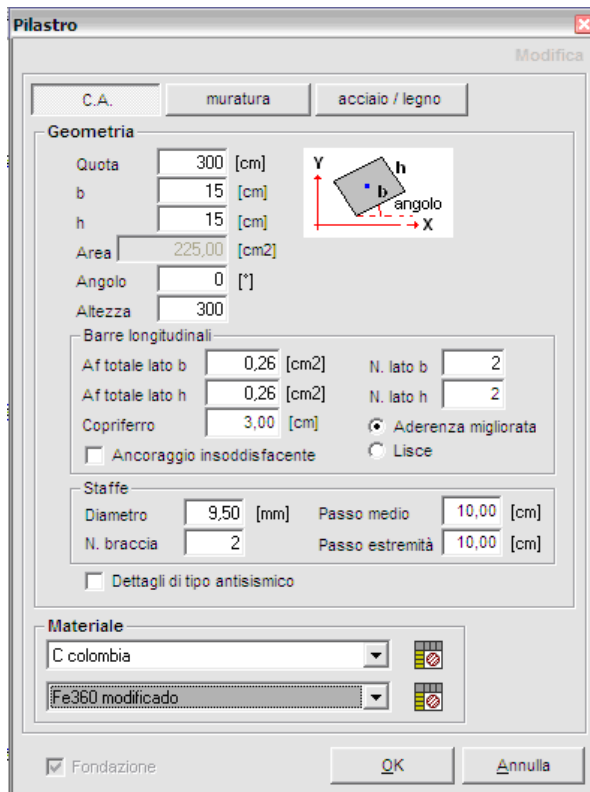


Figura 48 : Ventana de definición de columnas, casa zona 11 (3Muri)

En las siguientes vistas 3D se puede apreciar la conformación de la estructura completamente modelada.

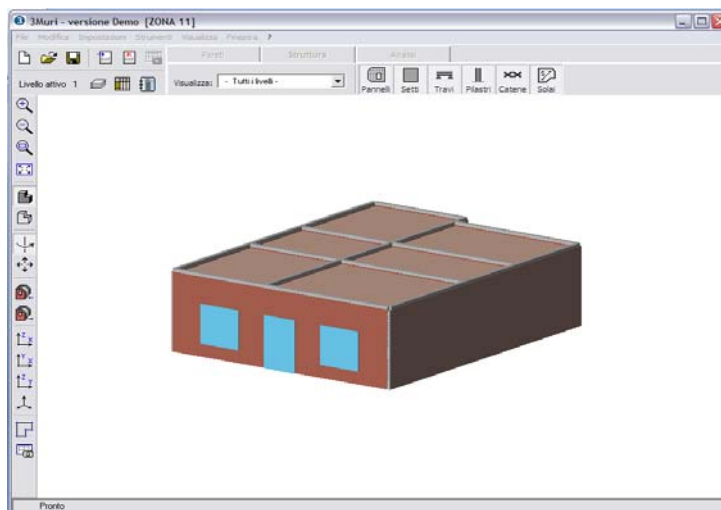


Figura 49 : Vista 3D con placa de la casa zona 11, 3Muri

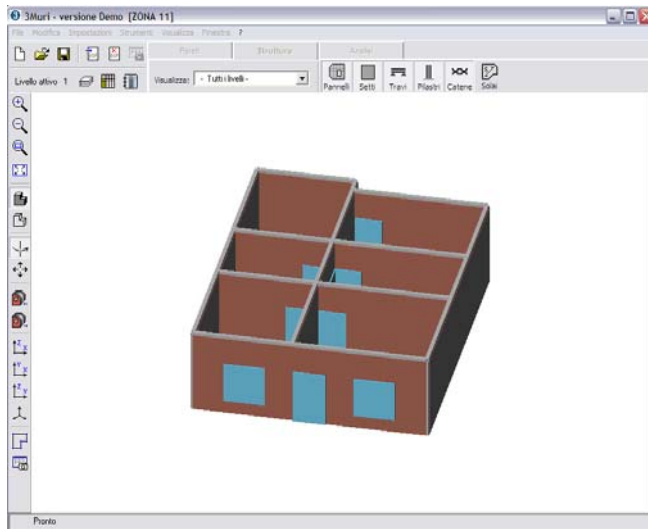


Figura 50 :Vista 3D de la casa sin placa de la zona 11, 3Muri

Después de tener completa la definición de la estructura se realizó el análisis sísmico de esta, empleando la norma italiana OPCM 3274 cómo se explicó anteriormente, se seleccionaron los valores del espectro más aproximados a los valores de este según la NSR-98, para los cuales corresponden *zona sísmica 2*, *tipo de suelo B* y *coeficiente de importancia*, los otros valores de las otras normas que aparecen en esta ventana no se modifican; esta configuración se realizó mediante la herramienta **Analisi/Carico**, donde aparece la ventana **Azione Sismica**

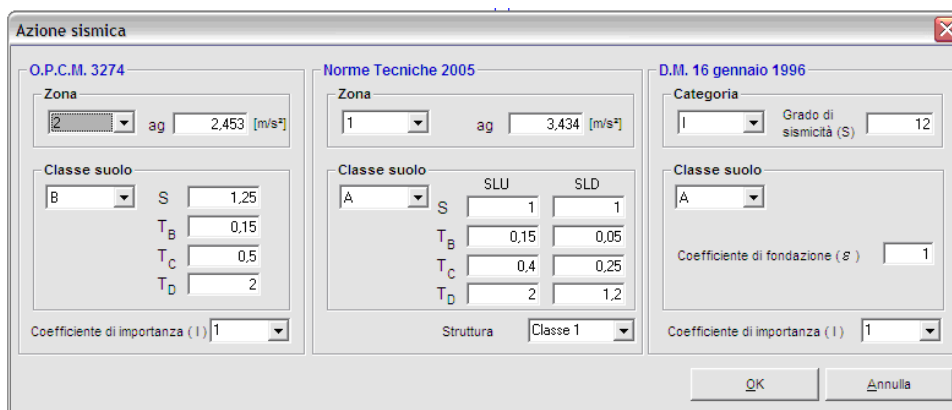


Figura 51 : Ventana de configuración de la acción sísmica, casa zona 11 (3Muri)

Definidas estas características se procedió al icono **Analisi/ Azione sísmica**, en esta ventana se seleccionó la carga sísmica para analizar la estructura y el nodo de aplicación de la misma; para este caso se definió la dirección de la carga sísmica en el eje X positivo, proporcional al primer modo de vibración, y el nodo No. 2 como nodo de control como se muestra en el siguiente gráfico:

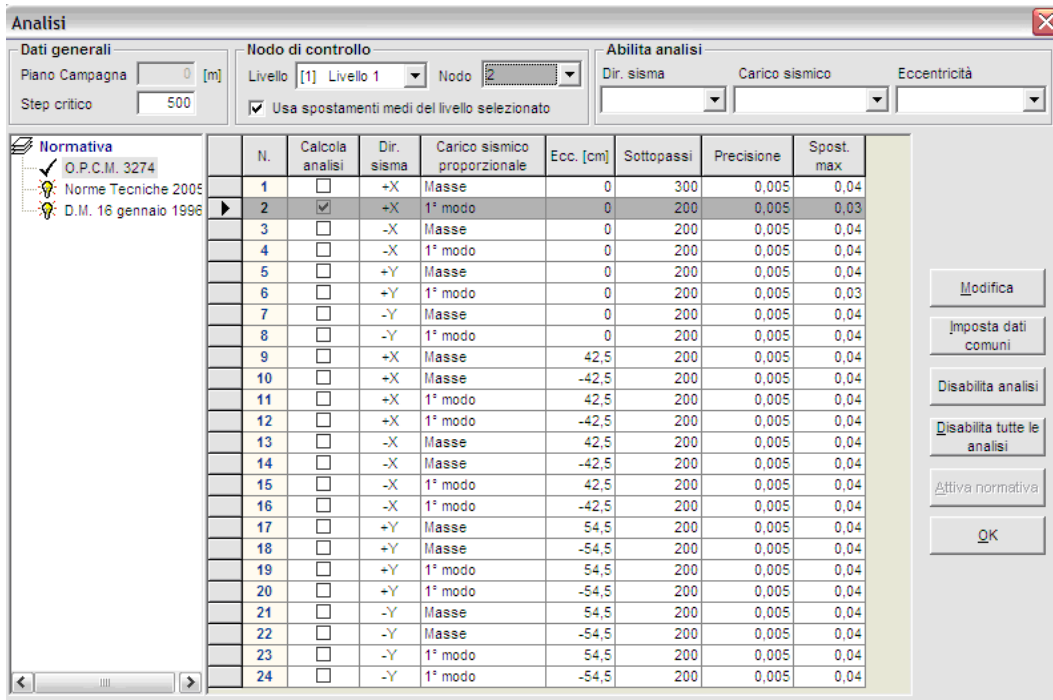


Figura 52 : Configuración del análisis sísmico, casa zona 11 (3Muri)

4.3.2.2. Resultados

Después de realizado el análisis se procedió a observar los resultados obtenidos, a través de la herramienta **Analisi/Visualizza risultati**, se conocieron los resultados, como se muestra a continuación:

N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Ecc. [cm]	Dmax SLU [cm]	Du SLU [cm]	q* SLU	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	Alfa u	Alfa e
2	<input type="checkbox"/>	+X	1° modo	0	0,231	9,402	1,218	0,052	0,566	2,463	3,703

Figura 53 :Vista parcial ventana de verificación de los resultados, casa zona 11

En esta ventana se puede observar que la estructura resulta satisfactoria tanto por análisis de Estado Límite Último (SLU) como por análisis de Estado Límite de Daño (SLD) la verificación resulta satisfactoria, y aparece en color verde.

En esta ventana aparece la opción **Visualizza dettagli analisi**, con la que se pueden apreciar más detalladamente los resultados obtenidos en el análisis, como se muestra a continuación:

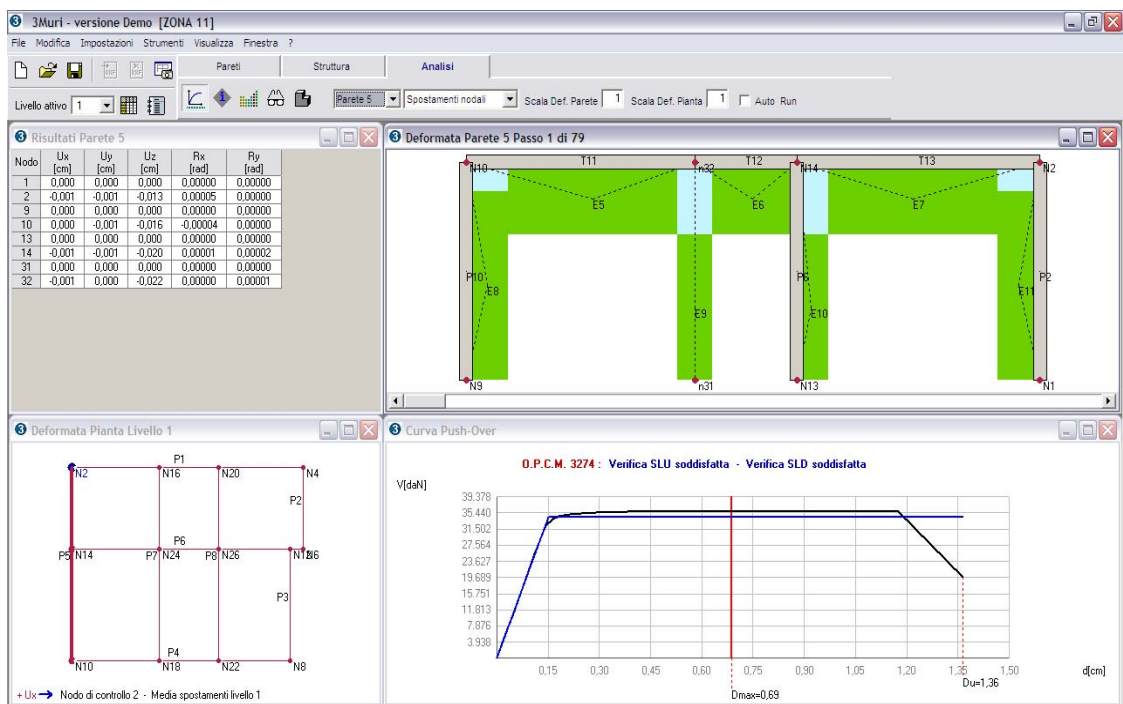


Figura 54 : Resultados obtenidos: deformada pared 5, curva push-over de la estructura, tabla de desplazamiento nodal, casa zona 11

Ya que las comparaciones que se realizarán entre el análisis en SAP2000 y 3Muri, sólo puede realizarse con los valores de la rigidez y el Período equivalente de las estructuras, no se presentarán las demás gráficas de resultados, sin embargo éstas están disponibles en el medio magnético que contiene este libro.

Para conocer un resumen de los detalles de las comprobaciones realizadas en este análisis, se empleó la herramienta **Dettaglio Verifiche**, estos se muestran a continuación:



Figura 55 : Ventana de resumen de análisis para la casa de la zona 11, 3Muri

Para ver la deformada de toda la edificación y no pared por pared se puede emplear la herramienta **Visualizza 3D de la Mesh**. El resultado es el siguiente:

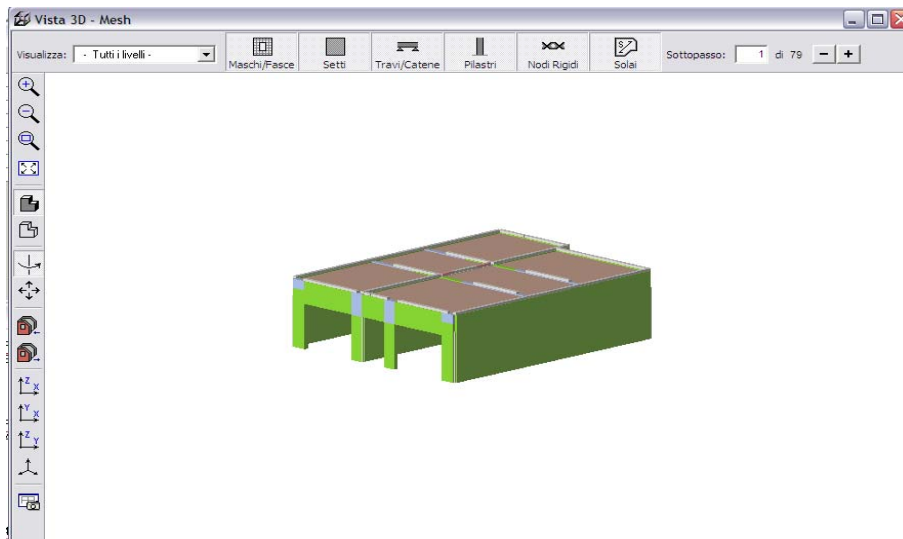


Figura 56 : Vista en 3D de la estructura analizada, casa zona 11 (3Muri)

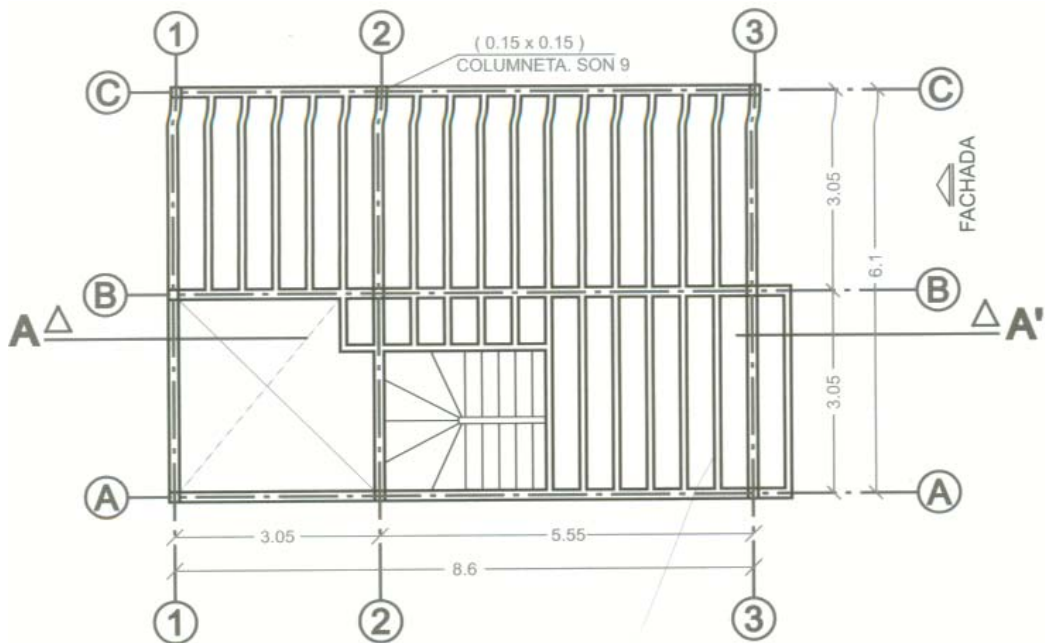
4.3.3. CASA 3 : ZONA 18

Esta zona se encuentra ubicada al norte de la ciudad, es altamente vulnerable al estar expuesta a los deslizamientos topográficos y a otros factores asociados a la falla de Bucaramanga- Santa Marta. En esta zona predomina el uso de la mampostería sin confinar.

Para la modelación se tuvo en cuenta una casa de mampostería no confinada solo de un nivel con una altura de 3 metros desde la fundación, ya que por restricciones de la versión del programa 3Muri con que se elaboró este proyecto, no se podían modelar edificaciones más grandes.

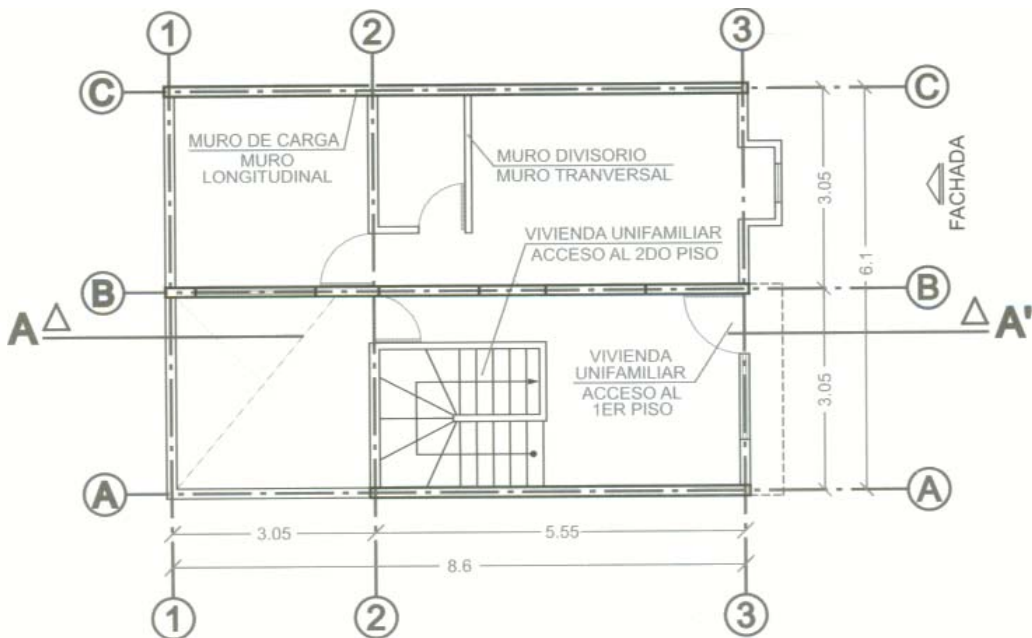
4.3.3.1. Modelación

Como anteriormente se habían explicado los comandos que componen el programa, y a su vez se expuso un ejemplo detallado del proceso de modelación, a continuación se mostrará la estructura a modelar y los pasos más importantes de este proceso, como también los resultados obtenidos.



PLACA DE ENTREPISO, ESC 1:150

Figura 57 : Placa de Entrepiso de la casa de la zona 18



PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE MUROS DEL PRIMER PISO, ESC 1:150

Arriba Figura 58 : Planta de distribución de muros, casa zona 18

Inicialmente se hizo el dibujo de apoyo en Autocad, el cual consta de una vista en planta de la distribución de las paredes, puertas y ventanas de la edificación (en centímetros). Posteriormente este dibujo se importó desde el software 3Muri mediante la herramienta **importa DXF**. El resultado fue el siguiente:

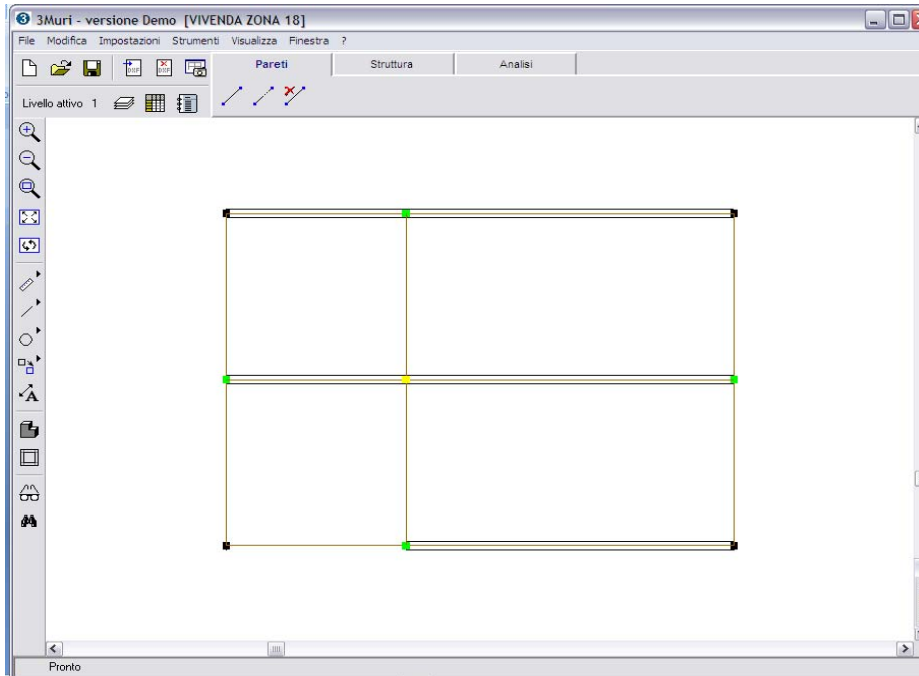


Figura 59 : Dibujo de apoyo importado desde ACAD, casa 18

Luego de este paso, se procedió a asignar las propiedades a las paredes insertadas, todas las paredes se definieron en mampostería con ladrillo de espesor de 19 centímetros y con una viga superior de concreto armado con sección transversal de 15X20 centímetros, con un refuerzo de cuatro barras No. 4 y estribos No. 3 cada 10 centímetros, y recubrimiento de 3 centímetros.

Todas las propiedades se encuentran consignadas en el siguiente cuadro. Las propiedades de los muros se definieron con la herramienta **Struttura/ assegna attributi segemeti parette**.

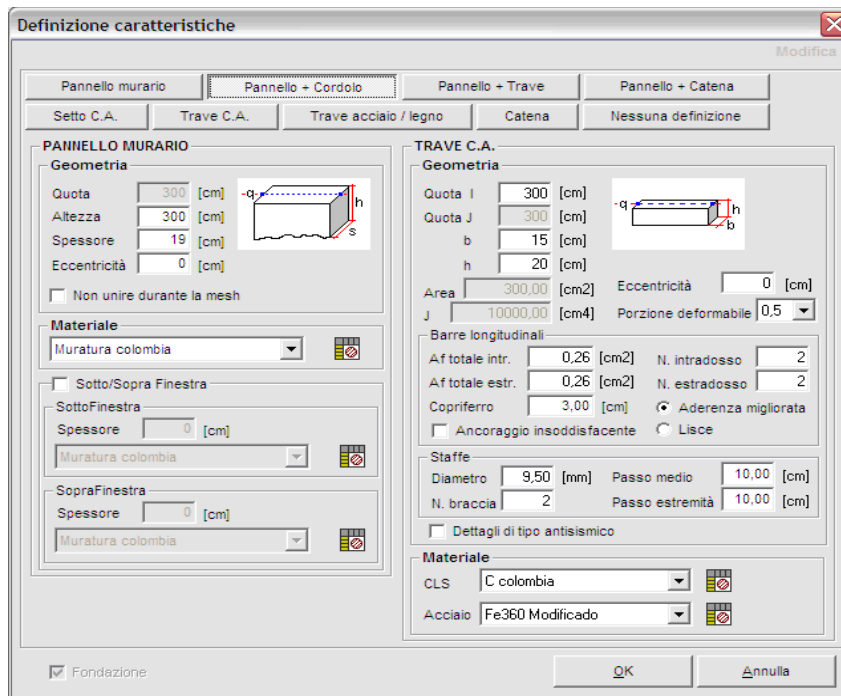


Figura 59 : Ventana de propiedades de los muros y vigas, casa zona 18 (3Muri)

En este cuadro, se seleccionó la opción **Pannello+Cordolo**, la cual corresponde a un muro en mampostería acompañado de una viga en la parte superior. Las propiedades de los materiales que intervienen en el muro son los mismos que los utilizados para la casa de la zona 4, son las siguientes:

- **Mampostería:**

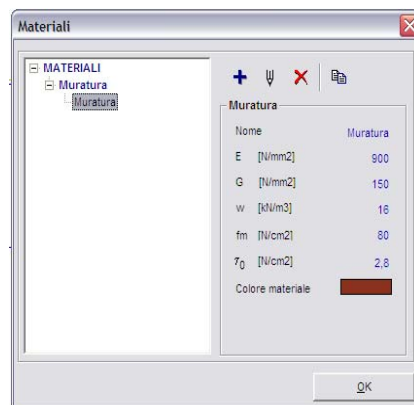


Figura 60 : Propiedades de la mampostería, casa 18

- **Concreto:**

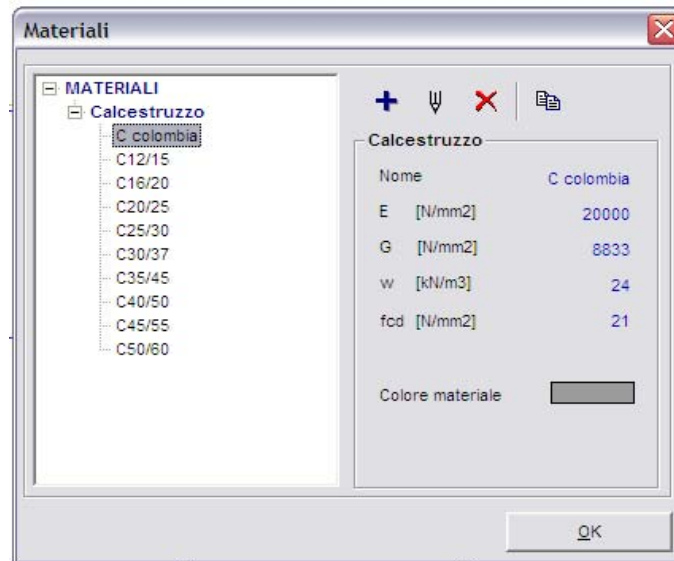


Figura 61 : Propiedades del concreto, casa zona 18

- **Acero:**

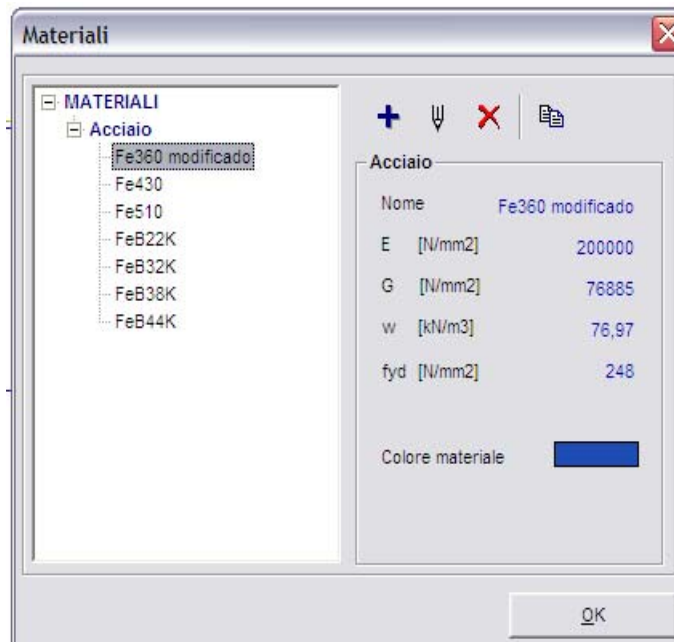


Figura 62 : Propiedades del acero, casa zona 18

Luego se procedió a insertar las puertas y las ventanas con el comando **Struttura/Apertura**, según la distribución que tenía la casa en estudio ubicada en la zona 18, puede servir de guía el dibujo de apoyo si en este se dejó el espacio o indicada la ubicación de las puertas y ventanas; de no haberse hecho esto, se pueden insertar simplemente dando click donde se deseen ubicar.

Modelación de la placa de entrepiso: para esta edificación se modeló la placa según la sección transversal existente, esta se muestra a continuación:



Figura 63 : Sección de Entrepiso casa zona 18

La carga muerta correspondiente a la placa es la siguiente:

Peso placa superior=	$(0,05 \cdot 24)$	= 1,2 Kn/m ²
Aligeramiento		= 0,25
Viguetas	$= \frac{0,10 \cdot 0,15 \cdot 24}{0,5}$	= 0,72
Placa inferior	$= (0,02 \cdot 23)$	= 0,46
	Peso propio Placa	= 2,63 Kn/m²
Acabados		= 1,5 kn/m ²
	WD	= 4,13 Kn/m²

La carga viva correspondiente según la NSR-98, para vivienda es: **WL= 1.8 Kn/m²**

Para el insertar la placa en el modelo se emplea la herramienta **Struttura/Solaio**, en esta ventana se introducen los valores calculados para carga viva y muerta, igualmente los coeficientes de mayoración de cargas que dependen del uso que se le va a dar a la placa (en este caso fueron valores para uso de vivienda), estos valores se escogen de una tabla que trae insertada esta ventana.

Esta placa se armó según la disposición de los muros cargueros establecidos en la planta de esta casa, la configuración de la placa quedó de la siguiente manera:

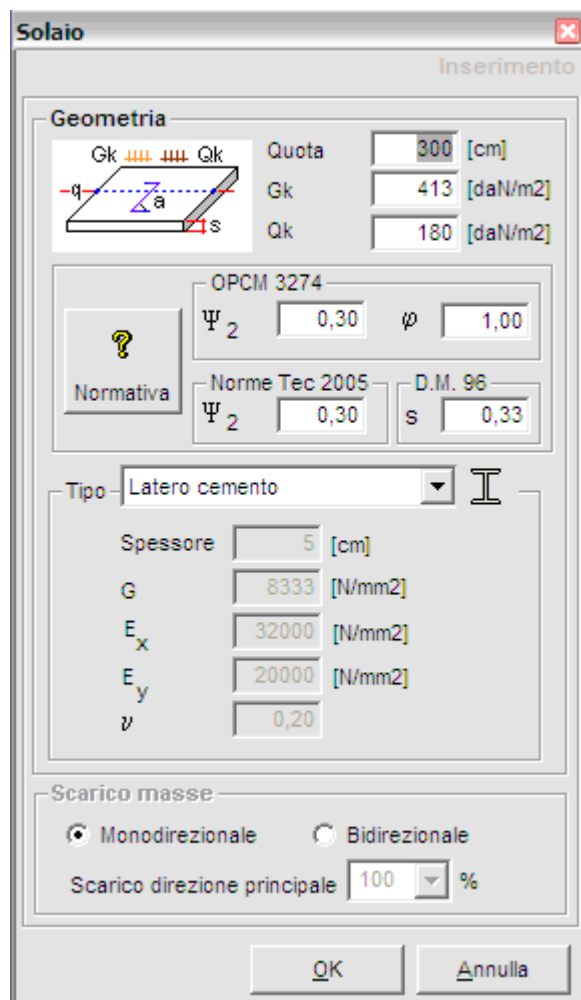


Figura 64 : Ventana de configuración de la placa, casa zona 18 (3Muri)

En la pestaña de tipo de placa, se seleccionó **Latero cemento**, que corresponde a una placa aligerada en concreto, las dimensiones están consignadas así:

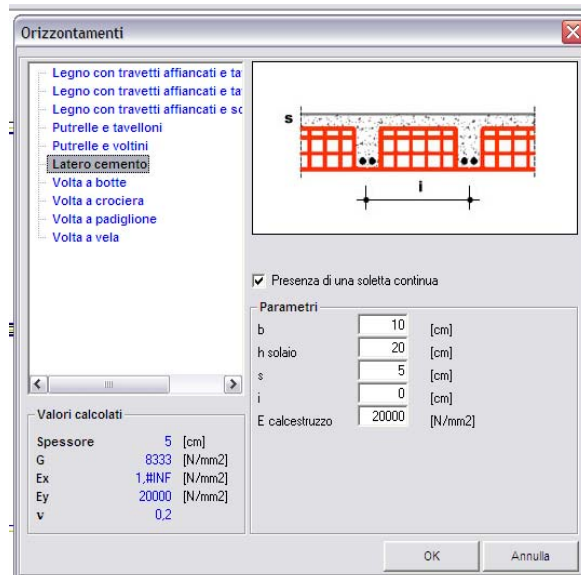


Figura 65 : Ventana de constitución de la placa, casa zona 18 (3Muri)

En las siguientes vistas 3D se puede apreciar la conformación de la estructura completamente modelada.

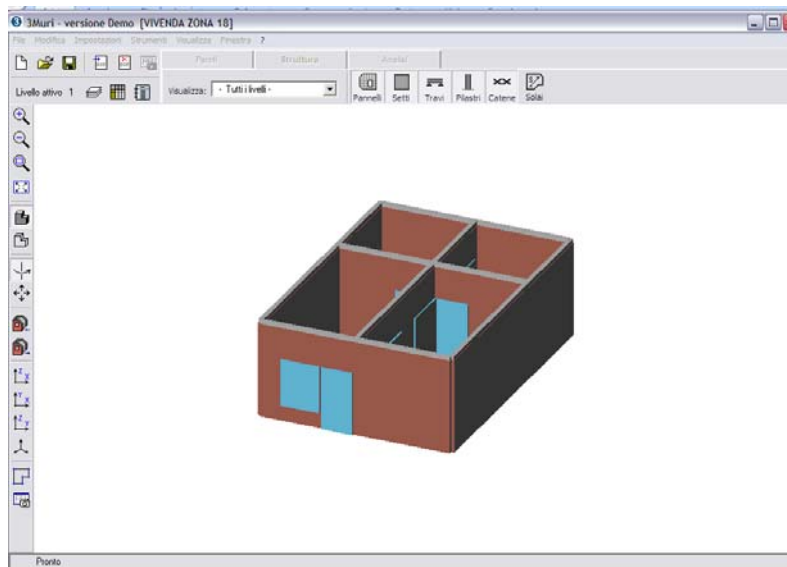


Figura 66 : Vista 3D sin placa, casa zona 18 (3Muri)

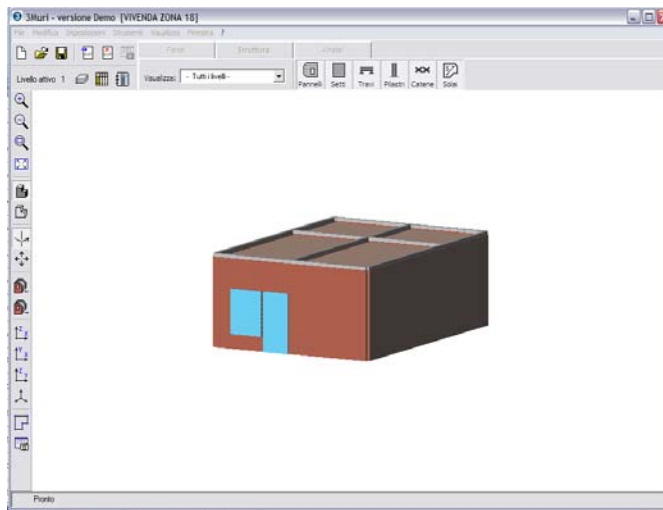


Figura 67 : Vista 3D con placa, casa zona 18 (3Muri)

Después de tener completa la definición de la estructura se realizó el análisis sísmico de esta, empleando la norma italiana OPCM 3274 cómo se explicó anteriormente, se seleccionaron los valores del espectro más aproximados a los valores de este según la NSR-98, para los cuales corresponden *zona sísmica 2*, *tipo de suelo B* y *coeficiente de importancia*, los otros valores de las otras normas que aparecen en esta ventana no se modifican; esta configuración se realizó mediante la herramienta **Analisi/Carico**, donde aparece la ventana **Azione Sismica**

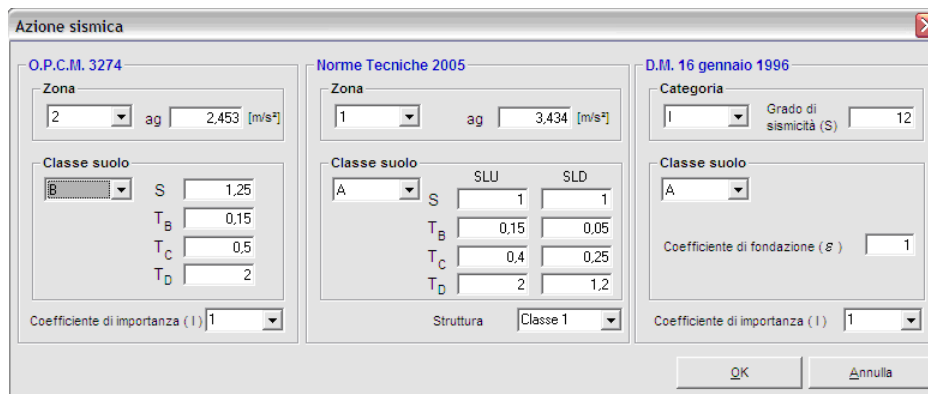


Figura 68 : Ventana de configuración de la acción sísmica, casa zona 18 (3Muri)

Definidas estas características se procedió al icono **Analisi/ Azione sísmica**, en esta ventana se seleccionó la carga sísmica para analizar la estructura y el nodo de aplicación de la misma; para este caso se definió la dirección de la carga sísmica en el eje X positivo, proporcional al primer modo de vibración, y el nodo No. 2 como nodo de control como se muestra en el siguiente gráfico:

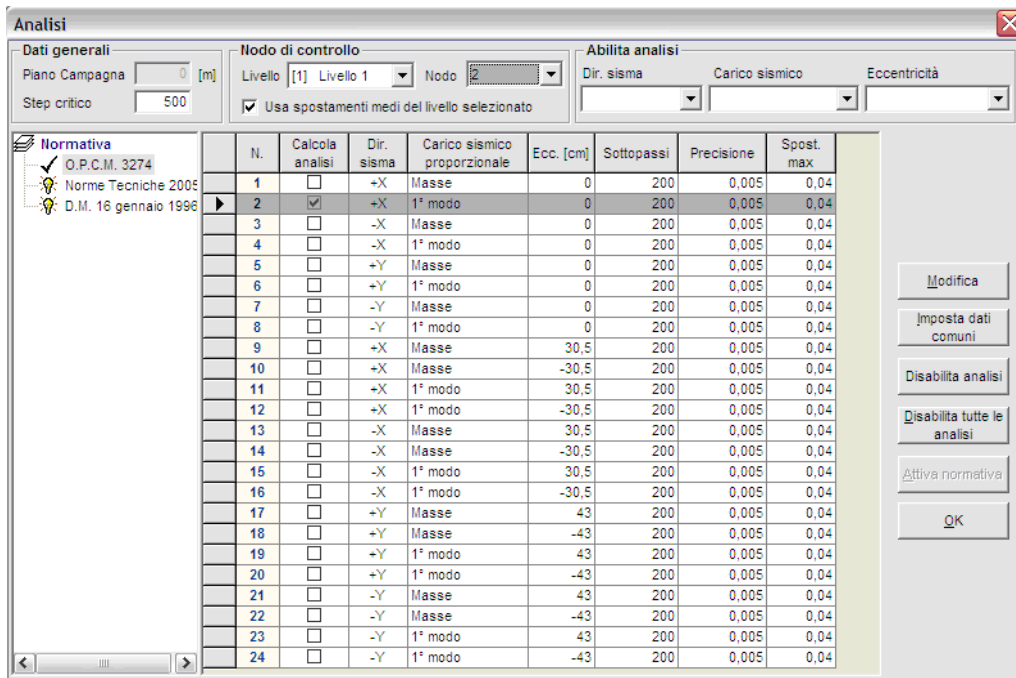


Figura 69 : Ventana de configuración del análisis sísmico, casa zona 18 (3Muri)

4.3.3.2. Resultados

Después de realizado el análisis se procedió a observar los resultados obtenidos, a través de la herramienta **Analisi/Visualizza risultati**, se conocieron los resultados, como se muestra a continuación:

N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Ecc. [cm]	Dmax SLU [cm]	Du SLU [cm]	q* SLU	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	Alfa u	Alfa e
2	<input type="checkbox"/>	+X	1° modo	0	0,302	1,216	1,199	0,075	0,181	2,048	2,152

Figura 70 : Vista parcial ventana de verificación de análisis, casa zona 18 (3Muri)

En esta ventana se puede observar que la estructura resulta satisfactoria tanto por análisis de Estado Límite Último (SLU) como por análisis de Estado Límite de Daño (SLD) la verificación resulta satisfactoria, y aparece en color verde.

En esta ventana aparece la opción **Visualizza dettagli analisi**, con la que se puede apreciar más detalladamente los resultados obtenidos en el análisis, como se muestra a continuación:

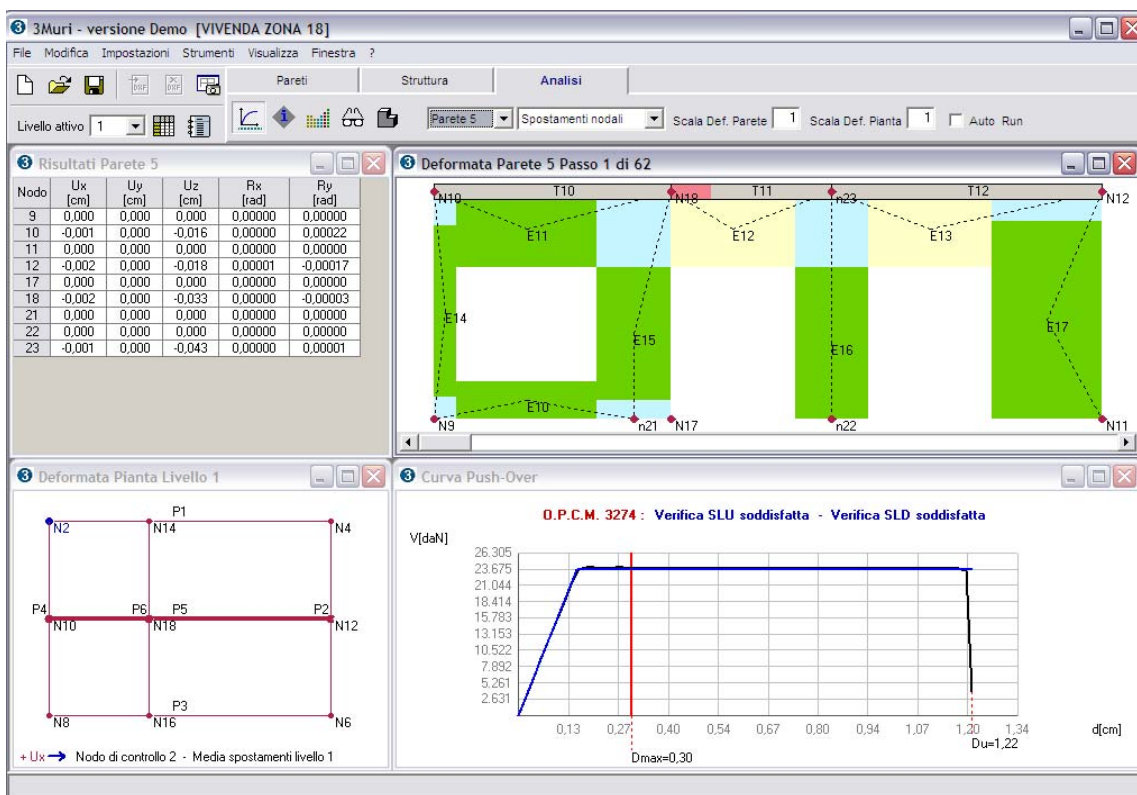


Figura 71 : Resultados obtenidos: deformada pared 5, curva push-over de la estructura, tabla de desplazamiento nodal. Casa zona 18 (3Muri)

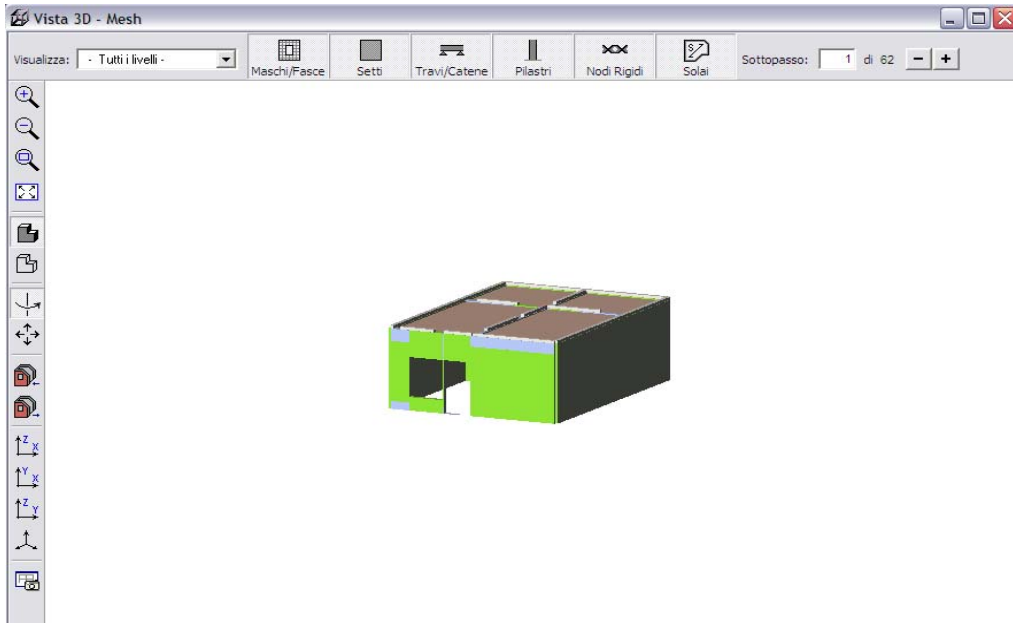
Ya que las comparaciones que se realizarán entre el análisis en SAP2000 y 3Muri, sólo pueden realizarse con los valores de la rigidez y el Período equivalente de las estructuras, no se presentarán las demás gráficas de resultados, sin embargo éstas están disponibles en el medio magnético que contiene este libro.

Para conocer un resumen de los detalles de las comprobaciones realizadas en este análisis, se empleó la herramienta **Dettaglio Verifiche**, estos se muestran a continuación:



Figura 72 : Ventana de resumen de análisis para la casa zona 18 (3Muri)

Para ver la deformada de toda la edificación y no pared por pared se puede emplear la herramienta **Visualizza 3D de la Mesh**. El resultado es el siguiente:



Vista en 3D de la estructura deformada

5. COMPARACION DE RESULTADOS

5.1. COMPARACIÓN DE RIGIDECES

A continuación se dispone la ubicar de las parejas de puntos (fuerza horizontal aplicada, deflexion) en el diagrama push-over arrojado por 3muri correspondiente a cada casa, esto con el fin de comparar las rigideces entre si. Se Halla también la rigidez calculada por ambos programas y el porcentaje:

- **CASA 1 : ZONA 4**

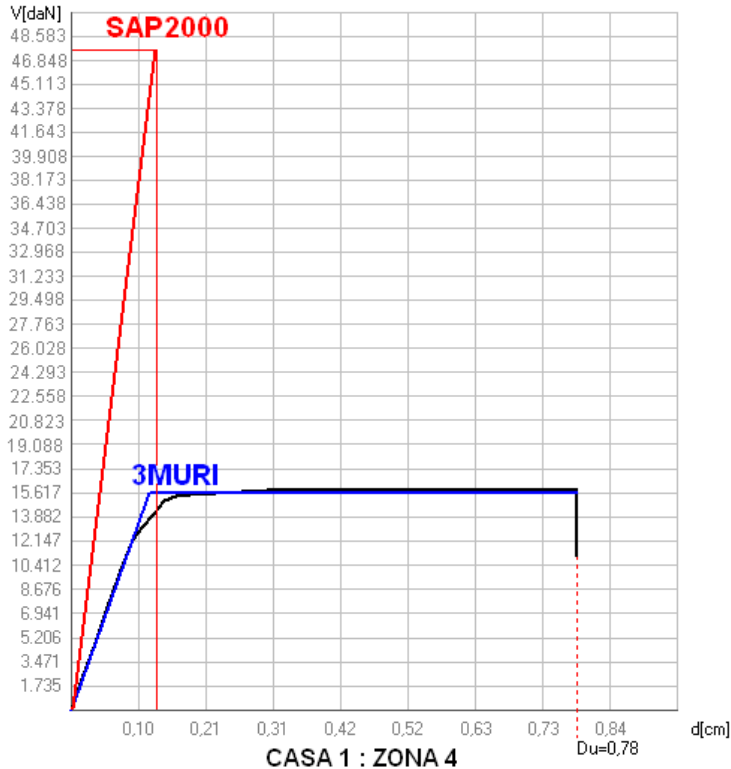


Gráfico 5. Rigidez calculada para el modelo de la casa 1 por SAP2000 y 3muri

Rigidez SAP2000: 473933 Nw/1.3mm : 364563.846 Nw/mm
 Rigidez 3muri : 121470 Nw/0.95mm : 127863.158 Nw/mm
 Diferencia: (127863.158 Nw/mm).100%/(364563,846 Nw/mm) : 35.07%

- **CASA 2 : ZONA 11**

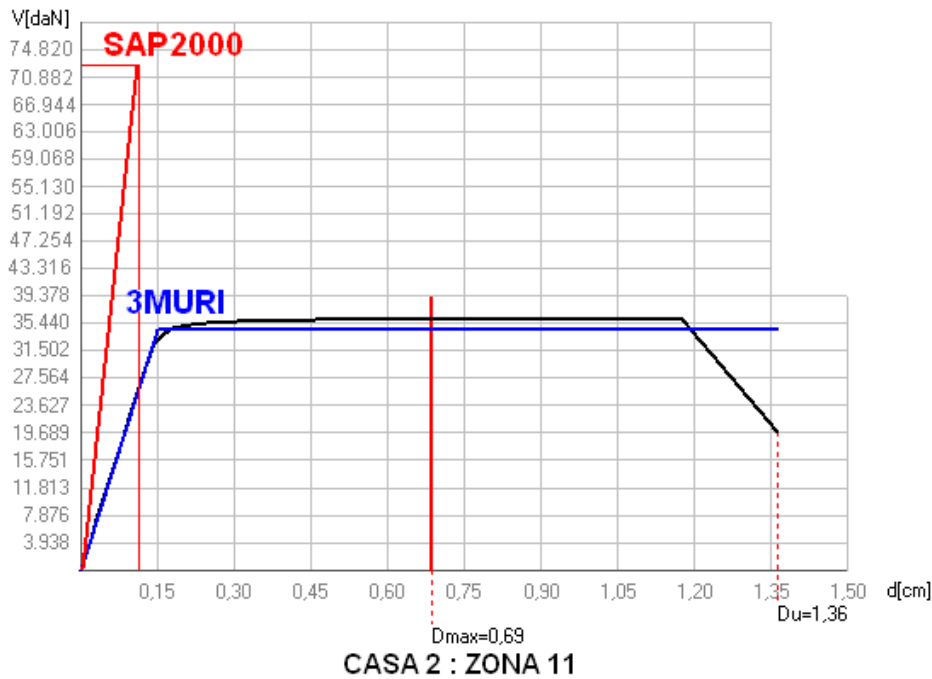


Grafico 6. Rigidez calculada para el modelo de la casa 2 por SAP2000 y 3muri

Rigidez SAP2000: 726810 Nw/1.2mm : 605675 Nw/mm
 Rigidez 3muri : 196890 Nw/1.5mm : 131260 Nw/mm
 Diferencia: (131260 Nw/mm).100%/(605675 Nw/mm) : 21.67%

- **CASA 3 : ZONA 18**

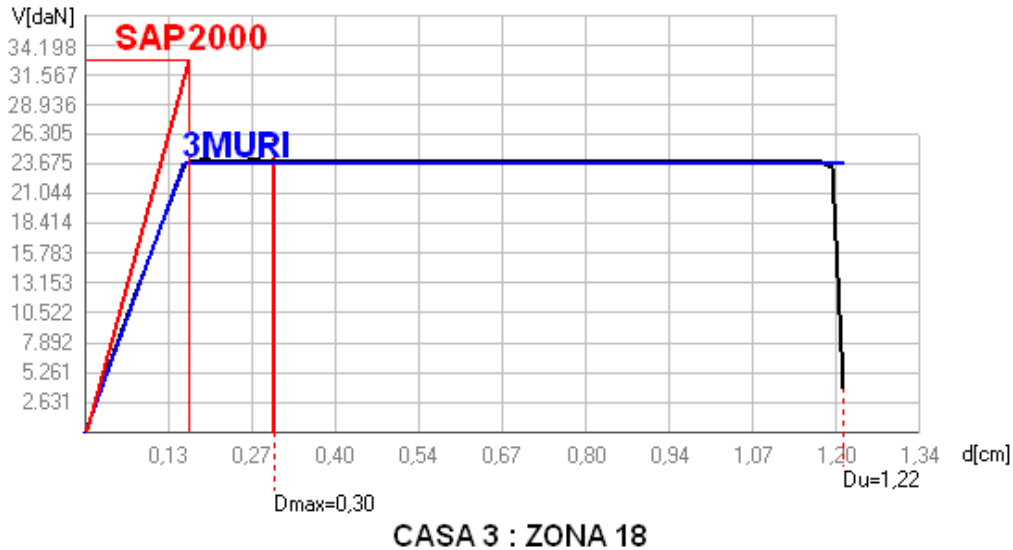


Gráfico 6. Rigidez calculada para el modelo de la casa 3 por SAP2000 y 3muri

Rigidez SAP2000: $340765 \text{ Nw}/1.6\text{mm}$: $212978.125 \text{ Nw}/\text{mm}$

Rigidez 3muri : $184140 \text{ Nw}/1.2\text{mm}$: $153450 \text{ Nw}/\text{mm}$

Diferencia: $(153450 \text{ Nw}/\text{mm}) \cdot 100\% / (212978.125 \text{ Nw}/\text{mm})$: 72.05%

Conclusión respecto a la rigidez: Al realizar los análisis de las edificaciones tanto en el programa SAP2000 como en el 3MURI, se observó que la rigidez de la estructura es mayor en el análisis que realiza el primer programa, como se puede ver en los gráficos anteriores. La diferencia entre estos valores de rigidez pueden ser atribuidos entre otros, a la forma en que el software 3muri simplifica los grados de libertad de los elementos (3 grados de libertad por nodo, desplazamiento en planta además de rotación en z), mientras que el análisis que hizo en SAP2000 tiene en cuenta la interacción de todos los efectos de traslación y rotación posibles en las 3 dimensiones para cada nodo que conforma cada elemento. Otra razón a la que se puede atribuir la diferencia de rigidez de los modelos puede ser la forma en la cual se concibe el muro en mampostería en cada software; SAP2000

idealiza el muro como un elemento homogéneo, sin huecos, de modulo de elasticidad igual al correspondiente para la mampostería, mientras que el software 3muri tiene en cuenta en su análisis que este elemento es heterogéneo, compuesto por bloques de mampostería, considerándolos bloques huecos, lo cual hace que conciba al elemento como algo menos rígido que si fuese homogéneo y macizo.

5.2. COMPARACIÓN DE PERIODOS

Como se puede apreciar en los resultados de análisis de los modelos de las casas típicas de Bucaramanga seleccionadas, los periodos obtenidos por cada uno de los software son los siguientes:

PERIODOS CALCULADOS POR LOS SOFTWARE PARA LA CARGA HORIZONTAL APLICADA			
CASA	Carga Horizontal (Kn) : m*.Se/1000	SAP2000	3MURI
		T (seg)	T (seg)
1 : ZONA 4	473,933	0.23	0,136
2 : ZONA 11	726,81	0.114	0,128
3 : ZONA 18	340,765	0.069	0,108

Tabla 18. Periodos equivalentes para el primer modo calculados por SAP2000 y 3muri

De la comparación de las rigideces obtenidas, concluimos que el software SAP2000 modela la estructura sobreestimando la rigidez de esta, por lo cual la rigidez del modelo calculado en este programa es mayor a la rigidez calculada por el software 3muri.

Analizando los resultados podemos apreciar que para todas las casas el periodo calculado por el software SAP2000 es menor que el calculado por el software 3muri, a excepción de la casa 1.

Conclusiones respecto al periodo fundamental de la estructura para el primer modo de vibración: Si tenemos en cuenta que:

$$\frac{1}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Podemos concluir que la rigidez de la estructura y su periodo son indirectamente proporcionales. Por lo tanto se espera que si el programa SAP2000 modela la estructura más rígida que los modelos del software 3muri, este programa presente periodos del sistema equivalente más pequeños que los calculados por el software 3muri. Podemos ver que el análisis expuesto se cumple para todas las casas a excepción de la casa 1, este error puede atribuirse a una sobreestimación de cargas en el momento de modelar la estructura en el software SAP2000 o un cálculo bajo del peso de la misma en el programa 3muri.

6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SOTWARE

6.1. VENTAJAS

- El programa 3muri está especialmente diseñado para analizar estructuras en muro. La empresa programadora STA DATA realizó investigaciones sobre el comportamiento de este tipo de material, lo cual podría justificar la simplificación que realiza para este análisis, en el que sólo tiene en cuenta desplazamientos en los ejes X y Y, y rotaciones en el eje Z.
- El programa 3muri puede calcular la curva push-over de la estructura, y permite visualizar el estado de daño de la misma a medida que se incrementa la carga, desde una carga igual a 0 hasta la carga que genera el colapso. La curva push-over nos permite conocer la carga horizontal que genera la fluencia en la estructura y la carga aproximada a la cual se presenta el colapso, caso contrario ocurre con SAP2000 puesto que este considera a la estructura elástica hasta ruptura.
- Enseña entre sus resultados una planta de cada pared de la estructura, en la cual indica con colores el daño que sufre cada segmento de pared a medida que se incrementa la carga en la curva push-over. Estos colores pueden ser interpretados fácilmente en daño, pues el programa cuenta con una herramienta en la que se enseña que tipo de daño indica cada color y por que sollicitación se presenta.

- Gracias a que el software 3muri realiza la curva push-over de la estructura, es posible realizar un diagnóstico de la edificación después de un evento sísmico, dividiendo la curva push-over en intervalos de daño en los cuales se establece el estado de daño.
- Permite realizar el modelamiento de la estructura, teniendo en cuenta los muros en mampostería y las propiedades del material que componen dichos muros, lo cual hace más precisos sus resultados pues se consideran las características reales de la edificación.
- Es de fácil manejo, cuenta con herramientas que hacen el proceso de modelación de la estructura más sencillo y rápido, además, cuenta con una herramienta de auto corrección que verifica si el modelo realizado cuenta con los requisitos mínimos necesarios para realizar un análisis correcto.
- Al realizar un análisis no lineal, permite conocer el verdadero comportamiento de la estructura, pues tiene en cuenta en el rango elástico e inelástico de los materiales que la componen; lo cual se aproxima más a la realidad.
- Permite la importación de gráficos de apoyo para la modelación en formato DXF lo cual facilita la modelación de la estructura.
- El software cuenta con una interfaz agradable y de fácil uso.
- El software es muy económico, y cuenta con 3 versiones que van desde \$900.000 hasta \$1'900.000 aproximadamente.

6.2. DESVENTAJAS

- El software original 3muri se encuentra en capacidad de analizar más modos de vibración de la estructura, sin embargo, contamos con una versión demo, la cual solo puede analizar el primer modo de vibración. Esto limitó el análisis que se podía realizar al software en este proyecto de grado.
- El programa no permite visualizar la carga sísmica con la que está realizando el análisis y por tanto no se puede conocer el cortante basal de la estructura.
- El programa no permite conocer las reacciones de la estructura en los nodos de las paredes.
- El programa trabaja solamente con normas técnicas de diseño italianas, las cuales son diferentes a la NSR-98, por esta razón está en desventaja con el programa SAP2000, el cual permite una adaptación a las normas colombianas.
- Es sólo un software útil para el análisis de la estructura ante carga sísmica mas no para su diseño.
- El software cuenta con interfaz de usuario únicamente en italiano, esto dificulta su manejo e interpretación de resultados, ya que la terminología técnica empleada por la norma italiana es diferente a la nuestra.
- Para la interpretación de resultados es necesario un conocimiento básico de la norma OPCM 3274.

7. CONCLUSIONES

- El programa 3muri está especialmente diseñado para analizar estructuras de mampostería mediante análisis no lineal, teniendo en cuenta el comportamiento real de los materiales que componen la edificación; además la empresa programadora STA DATA realizó investigaciones sobre el comportamiento de este tipo de material, permitiendo que el análisis realizado de estructuras de mampostería sea más aproximado a la realidad en comparación al análisis realizado por otros software disponibles en el mercado.
- Este programa de análisis no lineal de estructuras de mampostería puede calcular la curva push-over de la estructura, y permite visualizar el estado de daño y la causa del mismo a medida que se incrementa la carga; esta curva permite conocer la carga horizontal que genera la fluencia en la estructura y la carga aproximada a la cual se presenta el colapso, aspecto que convierte a este software en una herramienta útil para el diagnóstico de edificaciones después de un evento sísmico.
- Consideramos por las razones anteriormente expuestas que el software 3muri es un programa de gran ayuda para la evaluación del daño a escala global de las edificaciones de la ciudad de Bucaramanga, gran interés del grupo de investigación de la escuela de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander, razón justificable para que la universidad lo adquiera, además considerando que es un software económico en comparación a otros disponibles en el mercado.

- Pese a todas la ventajas presentadas por el software 3muri en el análisis de estructuras de mampostería, este no sería recomendado para su uso en los cursos electivos de análisis y diseño de viviendas en muro, pues aunque el programa es de fácil manejo y cuenta con herramientas que hacen de la modelación estructural un proceso más sencillo y rápido, sólo trabaja con normas técnicas de diseño italianas, las cuales son diferentes a la NSR-98, su interfaz de usuario se encuentra completamente en italiano y la terminología técnica empleada es diferente a la nuestra, esto dificulta la interpretación de resultados y exige que para hacerlo se tenga un conocimiento básico de la norma OPCM 3274.

BIBLIOGRAFÍA

NSR-98. (1998). Norma Colombiana Sismo Resistente, Colombia

OPCM 3274. Norma Técnica Italiana

MALDONADO, E. y CHIO, G. (2007). Visión Estructural de las edificaciones de la ciudad de Bucaramanga, Bucaramanga.

MALDONADO, E. y CHIO, G. (2004). Análisis sísmico de edificaciones, Bucaramanga.

S.T.A. DATA, (2003). 3Muri demo versión 2.1.4, Italia