

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**



DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE SIMETRÍA COMO HERRAMIENTA PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA CRISTALINO EN MODELOS DE CRISTALES DIGITALES 3D, PERTENECIENTES AL LABORATORIO DE MINERALOGÍA DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA, NÚCLEO BOLÍVAR, UNIVERSIDAD DE ORIENTE

**TRABAJO PRESENTADO
POR JOSÉ SIMÓN DE LA
T. GONZÁLEZ JIMENEZ
PARA ASCENDER A LA
CATEGORÍA DE
PROFESOR ASISTENTE**

CIUDAD BOLÍVAR, MAYO 2021

CONTENIDO

	Páginas
CONTENIDO	ii
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
SITUACIÓN A INVESTIGAR	2
1.1 Situación objeto de estudio.....	2
1.2 Objetivos de la investigación.....	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Alcance	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Mineral	5
2.2 Mineralogía	5
2.3 Cristal	6
2.4 Cristalografía	6
2.5 Estado cristalino	6
2.6 Elementos geométricos de un cristal	7
2.7 Elementos de simetría de un cristal	8
2.8 Sistemas y clases cristalinas	9
2.9 Aplicación SketchUp.....	11
2.10 Requerimientos de Hardware y Software.....	12
2.11 Herramientas de visualización.....	12

CAPÍTULO III	14
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	14
3.1 Visualización de los modelos de cristales	14
3.2 Elementos geométricos y elementos de simetría de los modelos de cristales ...	15
3.2.1 Modelo 3.....	16
3.2.2 Modelo 5.....	17
3.2.3 Modelo 6.....	18
3.2.4 Modelo 8.....	20
3.2.5 Modelo 10.....	21
3.2.6 Modelo 11.....	22
3.2.7 Modelo 12.....	24
3.2.8 Modelo 13.....	25
3.2.9 Modelo 14.....	26
3.2.10 Modelo 15.....	28
3.2.11 Modelo 16.....	29
3.2.12 Modelo 17.....	30
3.2.13 Modelo 19.....	32
3.2.14 Modelo 20.....	33
3.2.15 Modelo 21.....	34
3.2.16 Modelo 22.....	36
3.2.17 Modelo 23.....	37
3.2.18 Modelo 24.....	38
3.2.19 Modelo 32.....	40
3.2.20 Modelo 36.....	41
3.2.21 Modelo 40.....	42
3.2.22 Modelo 45.....	44
3.2.23 Modelo 46.....	45
3.2.24 Modelo 47.....	46

3.2.25 Modelo 48.....	48
3.2.26 Modelo 50.....	49
3.2.27 Modelo 52.....	50
3.2.28 Modelo 55.....	52
3.2.29 Modelo 59.....	53
3.2.30 Modelo 60.....	54
3.2.31 Modelo 65.....	56
3.2.32 Modelo 66.....	57
3.2.33 Modelo 67.....	58
3.2.34 Modelo 68.....	60
3.2.35 Modelo 71.....	61
3.2.36 Modelo 72.....	62
3.2.37 Modelo 73.....	64
3.2.38 Modelo 75.....	65
3.2.39 Modelo 76.....	66
3.2.40 Modelo 77.....	68
3.2.41 Modelo 78.....	69
3.2.42 Modelo 79.....	70
3.2.43 Modelo 83.....	72
3.2.44 Modelo 84.....	73
3.2.45 Modelo 85.....	74
3.2.46 Modelo 87.....	76
3.2.47 Modelo 88.....	77
3.2.48 Modelo 89.....	78
3.2.49 Modelo 90.....	80
3.2.50 Modelo 91.....	81
3.2.51 Modelo 93.....	82
3.2.52 Modelo 95.....	84

3.2.53 Modelo 120.....	85
3.2.54 Modelo 121.....	86
3.2.55 Modelo 128.....	88
3.2.56 Modelo 129.....	89
3.2.57 Modelo 130.....	90
3.2.58 Modelo 131.....	92
3.2.59 Modelo 136.....	93
3.2.60 Modelo 140.....	94
3.2.61 Modelo 147.....	96
3.2.62 Modelo 148.....	97
3.2.63 Modelo 149.....	98
3.2.64 Modelo 151.....	100
3.2.65 Modelo 153.....	101
3.2.66 Modelo 154.....	102
3.2.67 Modelo 155.....	104
3.2.68 Modelo 156.....	105
3.2.69 Modelo 157.....	106
3.2.70 Modelo 158.....	108
3.2.71 Modelo 160.....	109
3.2.72 Modelo 162.....	110
3.2.73 Modelo 163.....	112
3.2.74 Modelo 167.....	113
3.2.75 Modelo 170.....	114
3.2.76 Modelo 172.....	116
3.2.77 Modelo 174.....	117
3.2.78 Modelo 175.....	118
3.2.79 Modelo 176.....	120
3.2.80 Modelo 178.....	121

3.2.81 Modelo 179.....	122
3.2.82 Modelo 184.....	124
3.2.83 Modelo 186.....	125
3.2.84 Modelo 190.....	126
3.2.85 Modelo 192.....	128
3.3 Minerales más comunes que cristalizan en los sistemas cristalinos.....	129
3.3.1 Sistema Isométrico	129
3.3.2 Sistema Tetragonal	130
3.3.3 Sistema Hexagonal	131
3.3.4 Sistema Ortorrómbico	131
3.3.5 Sistema Monoclínico	132
3.3.6 Sistema Triclínico.....	133
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	134
Conclusiones	134
Recomendaciones	135
REFERENCIAS.....	136
APÉNDICES.....	137
APÉNDICE A.....	138

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 2.1 Las 32 clases cristalinas y su simetría (Klein y Hurlbut Jr, 1998)	10
Figura 2.2 Herramientas de Visualización de 3D Warehouse	13
Figura 3.1 Visualización en 3D.....	14
Figura 3.2 Elementos geométricos de un cristal	15
Figura 3.3 Modelo 3 en 3D (izq.) y madera (der.)	16
Figura 3.4 Visualización en 3D del Modelo 3	17
Figura 3.5 Modelo 5 en 3D (izq.) y madera (der.)	17
Figura 3.6 Visualización en 3D del modelo 5	18
Figura 3.7 Modelo 6 en 3D (izq.) y madera (der.)	19
Figura 3.8 Visualización en 3D del modelo 6.....	19
Figura 3.9 Modelo 8 en 3D (izq.) y madera (der.)	20
Figura 3.10 Visualización en 3D del modelo 8.....	21
Figura 3.11 Modelo 10 en 3D (izq.) y madera (der.)	21
Figura 3.12 Visualización en 3D del modelo 10.....	22
Figura 3.13 Modelo 11 en 3D (izq.) y madera (der.)	23
Figura 3.14 Visualización en 3D del modelo 11	23
Figura 3.15 Modelo 12 en 3D (izq.) y madera (der.)	24
Figura 3.16 Visualización en 3D del modelo 12.....	25
Figura 3.17 Modelo 13 en 3D (izq.) y madera (der.)	25
Figura 3.18 Visualización en 3D del modelo 13.....	26

Figura 3.19 Modelo 14 en 3D (izq.) y madera (der.)	27
Figura 3.20 Visualización en 3D del modelo 14.....	27
Figura 3.21 Modelo 15 en 3D (izq.) y madera (der.)	28
Figura 3.22 Visualización en 3D del modelo 15.....	29
Figura 3.23 Modelo 16 en 3D (izq.) y madera (der.)	29
Figura 3.24 Visualización en 3D del modelo 16.....	30
Figura 3.25 Modelo 17 en 3D (izq.) y madera (der.)	31
Figura 3.26 Visualización en 3D del modelo 17.....	31
Figura 3.27 Modelo 19 en 3D (izq.) y madera (der.)	32
Figura 3.28 Visualización en 3D del modelo 19.....	33
Figura 3.29 Modelo 20 en 3D (izq.) y madera (der.)	33
Figura 3.30 Visualización en 3D del modelo 20.....	34
Figura 3.31 Modelo 21 en 3D (izq.) y madera (der.)	35
Figura 3.32 Visualización en 3D del modelo 21	35
Figura 3.33 Modelo 22 en 3D (izq.) y madera (der.)	36
Figura 3.34 Visualización en 3D del modelo 22.....	37
Figura 3.35 Modelo 23 en 3D (izq.) y madera (der.)	37
Figura 3.36 Visualización en 3D del modelo 23.....	38
Figura 3.37 Modelo 24 en 3D (izq.) y madera (der.)	39
Figura 3.38 Visualización en 3D del modelo 24.....	39
Figura 3.39 Modelo 32 en 3D (izq.) y madera (der.)	40
Figura 3.40 Visualización en 3D del modelo 32.....	41
Figura 3.41 Modelo 36 en 3D (izq.) y madera (der.)	41

Figura 3.42 Visualización en 3D del modelo 36.....	42
Figura 3.43 Modelo 40 en 3D (izq.) y madera (der.)	43
Figura 3.44 Visualización en 3D del modelo.....	43
Figura 3.45 Modelo 45 en 3D (izq.) y madera (der.)	44
Figura 3.46 Visualización en 3D del modelo 45.....	45
Figura 3.47 Modelo 46 en 3D (izq.) y madera (der.)	45
Figura 3.48 Visualización en 3D del modelo 46.....	46
Figura 3.49 Modelo 47 en 3D (izq.) y madera (der.)	47
Figura 3.50 Visualización en 3D del modelo 47.....	47
Figura 3.51 Modelo 48 en 3D (izq.) y madera (der.)	48
Figura 3.52 Visualización en 3D del modelo 48.....	49
Figura 3.53 Modelo 50 en 3D (izq.) y madera (der.)	49
Figura 3.54 Visualización en 3D del modelo 50.....	50
Figura 3.55 Modelo 52 en 3D (izq.) y madera (der.)	51
Figura 3.56 Visualización en 3D del modelo 52.....	51
Figura 3.57 Modelo 55 en 3D (izq.) y madera (der.)	52
Figura 3.58 Visualización en 3D del modelo 55.....	53
Figura 3.59 Modelo 59 en 3D (izq.) y madera (der.)	53
Figura 3.60 Visualización en 3D del modelo 59.....	54
Figura 3.62 Visualización en 3D del modelo 60.....	55
Figura 3.63 Modelo 65 en 3D (izq.) y madera (der.)	56
Figura 3.64 Visualización en 3D del modelo 65.....	56
Figura 3.65 Modelo 66 en 3D (izq.) y madera (der.)	57

Figura 3.66 Visualización en 3D del modelo 66.....	58
Figura 3.67 Modelo 67 en 3D (izq.) y madera (der.)	58
Figura 3.68 Visualización en 3D del modelo 67.....	59
Figura 3.69 Modelo 68 en 3D (izq.) y madera (der.)	60
Figura 3.70 Visualización en 3D del modelo.....	60
Figura 3.71 Modelo 71 en 3D (izq.) y madera (der.)	61
Figura 3.72 Visualización en 3D del modelo 71	62
Figura 3.73 Modelo 72 en 3D (izq.) y madera (der.)	62
Figura 3.74 Visualización en 3D del modelo 72.....	63
Figura 3.75 Modelo 73 en 3D (izq.) y madera (der.)	64
Figura 3.76 Visualización en 3D del modelo 73.....	65
Figura 3.77 Modelo 75 en 3D (izq.) y madera (der.)	65
Figura 3.78 Visualización en 3D del modelo 75.....	66
Figura 3.79 Modelo 76 en 3D (izq.) y madera (der.)	67
Figura 3.80 Visualización en 3D del modelo 76.....	67
Figura 3.81 Modelo 77 en 3D (izq.) y madera (der.)	68
Figura 3.82 Visualización en 3D del modelo 77.....	69
Figura 3.83 Modelo 78 en 3D (izq.) y madera (der.)	69
Figura 3.84 Visualización en 3D del modelo 78.....	70
Figura 3.85 Modelo 79 en 3D (izq.) y madera (der.)	71
Figura 3.86 Visualización en 3D del modelo 79.....	71
Figura 3.87 Modelo 83 en 3D (izq.) y madera (der.)	72
Figura 3.88 Visualización en 3D del modelo 83.....	73

Figura 3.89 Modelo 84 en 3D (izq.) y madera (der.)	73
Figura 3.90 Visualización en 3D del modelo 84.....	74
Figura 3.91 Modelo 85 en 3D (izq.) y madera (der.)	75
Figura 3.92 Visualización en 3D del modelo 85	75
Figura 3.93 Modelo 87 en 3D (izq.) y madera (der.)	76
Figura 3.94 Visualización en 3D del modelo 87	77
Figura 3.95 Modelo 88 en 3D (izq.) y madera (der.)	77
Figura 3.96 Visualización en 3D del modelo 88.....	78
Figura 3.97 Modelo 89 en 3D (izq.) y madera (der.)	79
Figura 3.98 Visualización en 3D del modelo 89.....	79
Figura 3.99 Modelo 90 en 3D (izq.) y madera (der.)	80
Figura 3.100 Visualización en 3D del modelo 90.....	81
Figura 3.101 Modelo 91 en 3D (izq.) y madera (der.)	81
Figura 3.102 Visualización en 3D del modelo 91	82
Figura 3.103 Modelo 93 en 3D (izq.) y madera (der.)	83
Figura 3.104 Visualización en 3D del modelo 93.....	83
Figura 3.105 Modelo 95 en 3D (izq.) y madera (der.)	84
Figura 3.106 Visualización en 3D del modelo 95	85
Figura 3.107 Modelo 120 en 3D (izq.) y madera (der.)	85
Figura 3.108 Visualización en 3D del modelo 120.....	86
Figura 3.109 Modelo 121 en 3D (izq.) y madera (der.)	87
Figura 3.110 Visualización en 3D del modelo 121	87
Figura 3.111 Modelo 128 en 3D (izq.) y madera (der.)	88

Figura 3.112 Visualización en 3D del modelo 128.....	89
Figura 3.113 Modelo 129 en 3D (izq.) y madera (der.)	89
Figura 3.114 Visualización en 3D del modelo 129.....	90
Figura 3.115 Modelo 130 en 3D (izq.) y madera (der.)	91
Figura 3.116 Visualización en 3D del modelo 130.....	91
Figura 3.117 Modelo 131 en 3D (izq.) y madera (der.)	92
Figura 3.118 Visualización en 3D del modelo 131	93
Figura 3.119 Modelo 136 en 3D (izq.) y madera (der.)	93
Figura 3.120 Visualización en 3D del modelo 136.....	94
Figura 3.121 Modelo 140 en 3D (izq.) y madera (der.)	95
Figura 3.122 Visualización en 3D del modelo 140.....	95
Figura 3.123 Modelo 147 en 3D (izq.) y madera (der.)	96
Figura 3.124 Visualización en 3D del modelo 147.....	97
Figura 3.125 Modelo 148 en 3D (izq.) y madera (der.)	97
Figura 3.126 Visualización en 3D del modelo 148.....	98
Figura 3.127 Modelo 149 en 3D (izq.) y madera (der.)	99
Figura 3.128 Visualización en 3D del modelo 149.....	99
Figura 3.129 Modelo 151 en 3D (izq.) y madera (der.)	100
Figura 3.130 Visualización en 3D del modelo 151	101
Figura 3.131 Modelo 153 en 3D (izq.) y madera (der.)	101
Figura 3.132 Visualización en 3D del modelo 153.....	102
Figura 3.133 Modelo 154 en 3D (izq.) y madera (der.)	103
Figura 3.134 Visualización en 3D del modelo 154.....	103

Figura 3.135 Modelo 155 en 3D (izq.) y madera (der.)	104
Figura 3.136 Visualización en 3D del modelo 155.....	105
Figura 3.137 Modelo 156 en 3D (izq.) y madera (der.)	105
Figura 3.138 Visualización en 3D del modelo 156.....	106
Figura 3.139 Modelo 157 en 3D (izq.) y madera (der.)	107
Figura 3.140 Visualización en 3D del modelo 157.....	107
Figura 3.141 Modelo 158 en 3D (izq.) y madera (der.)	108
Figura 3.142 Visualización en 3D del modelo 158.....	109
Figura 3.143 Modelo 160 en 3D (izq.) y madera (der.)	109
Figura 3.144 Visualización en 3D del modelo 160.....	110
Figura 3.145 Modelo 162 en 3D (izq.) y madera (der.)	111
Figura 3.146 Visualización en 3D del modelo 162.....	111
Figura 3.147 Modelo 163 en 3D (izq.) y madera (der.)	112
Figura 3.148 Visualización en 3D del modelo 163.....	113
Figura 3.149 Modelo 167 en 3D (izq.) y madera (der.)	113
Figura 3.150 Visualización en 3D del modelo 167.....	114
Figura 3.151 Modelo 170 en 3D (izq.) y madera (der.)	115
Figura 3.152 Visualización en 3D del modelo 170.....	115
Figura 3.153 Modelo 172 en 3D (izq.) y madera (der.)	116
Figura 3.154 Visualización en 3D del modelo 172.....	117
Figura 3.155 Modelo 174 en 3D (izq.) y madera (der.)	117
Figura 3.156 Visualización en 3D del modelo 174.....	118
Figura 3.157 Modelo 175 en 3D (izq.) y madera (der.)	118

Figura 3.158 Visualización en 3D del modelo 175.....	119
Figura 3.159 Modelo 176 en 3D (izq.) y madera (der.)	120
Figura 3.160 Visualización en 3D del modelo 176.....	120
Figura 3.161 Modelo 178 en 3D (izq.) y madera (der.)	121
Figura 3.162 Visualización en 3D del modelo 178.....	122
Figura 3.163 Modelo 179 en 3D (izq.) y madera (der.)	122
Figura 3.164 Visualización en 3D del modelo 179.....	123
Figura 3.165 Modelo 184 en 3D (izq.) y madera (der.)	124
Figura 3.166 Visualización en 3D del modelo 184.....	124
Figura 3.167 Modelo 186 en 3D (izq.) y madera (der.)	125
Figura 3.168 Visualización en 3D del modelo 186.....	126
Figura 3.169 Modelo 190 en 3D (izq.) y madera (der.)	127
Figura 3.170 Visualización en 3D del modelo 190.....	127
Figura 3.171 Modelo 192 en 3D (izq.) y madera (der.)	128
Figura 3.172 Visualización en 3D del modelo 192.....	129

LISTA DE TABLAS

	Páginas
Tabla 3.1 Minerales que cristalizan en el sistema isométrico	130
Tabla 3.2 Minerales que cristalizan en el sistema tetragonal	130
Tabla 3.3 Minerales que cristalizan en el sistema hexagonal	131
Tabla 3.4 minerales que cristalizan en el sistema ortorrómbico	132
Tabla 3.5 Minerales que cristalizan en el sistema monoclinico	132
Tabla 3.6 Minerales que cristalizan en el sistema triclinico	133

INTRODUCCIÓN

El Laboratorio de Mineralogía, forma parte de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente (UDO) del Núcleo Bolívar, ubicado en Ciudad Bolívar – estado Bolívar, en la calle San Simón de La Sabanita. En este laboratorio se encuentran los modelos en madera de múltiples minerales, dichos modelos están digitalizados y se pueden visualizar en 3D para poder describir los elementos de simetría que presentan los cristales y que son fundamentales para definir el sistema cristalino de los mismos.

La identificación de los elementos de simetría contribuye en la práctica de cristalografía para clasificar los minerales en los seis (6) sistemas cristalinos, y a su vez, en alguna de las treinta y dos (32) posibles clases cristalinas.

En este trabajo se analizan ochenta y cinco (85) modelos digitales empleando la aplicación online gratuita de 3D Warehouse, un módulo de visualización de archivos desarrollada por Trimble Sketchup, como una herramienta útil para la identificación de los elementos de simetría presentes en ellos. Los modelos están disponibles para descarga y manipulación en la librería digital de modelos de 3D Warehouse.

A través de los modelos digitalizados se podrán estudiar las características morfológicas de los cristales, como es el caso de los elementos geométricos, contabilizando con mayor facilidad el número de caras, vértices y aristas, porque esta tarea se torna complicada en muchos de los modelos en madera debido a la gran cantidad de caras que presentan o por poseer aristas muy pequeñas. Los modelos tridimensionales también nos permiten visualizar directamente el interior de la estructura del cristal, accediendo de esta manera a los ejes de simetría, puntos de intersección de los ejes y medición de los mismos.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación objeto de estudio

El Laboratorio de Mineralogía se encuentra ubicado en la Escuela de Ciencias de la Tierra, en el edificio inaugurado el 12 de Febrero de 1974 que fue construido por gestión del Ministro-Presidente de la Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G.) Ingeniero Leopoldo Sucre Figarella.

Dicho laboratorio desarrolla un rol importante dentro del Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente, siendo parte de la cátedra de Mineralogía Descriptiva que abarca lo relativo el estudio de los minerales, impulsando el conocimiento de los mismos y fomentando descubrimiento de nuevos recursos. En el laboratorio se conservan muestras minerales y modelos hechos en madera de los mismos. Tiene funciones docentes y formativas no limitadas al estudiante regular sino extensiva a la comunidad general.

Esta investigación tiene como principal objeto de estudio el describir los elementos geométricos y los elementos de simetría que presentan los modelos de cristales localizados en el Laboratorio de Mineralogía desde una perspectiva en 3D, utilizando la aplicación 3DWarehouse como una herramienta de visualización para establecer sus sistemas cristalinos.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Describir los elementos de simetría como herramienta para el establecimiento del sistema cristalino en modelos de cristales digitales 3D que pertenecen al Laboratorio de Mineralogía de la Escuela de Ciencias de la Tierra, Núcleo Bolívar, Universidad de Oriente.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Visualizar en 3D los modelos de cristales que se encuentran en el laboratorio de mineralogía mediante la aplicación 3DWarehouse.
2. Determinar si los modelos corresponden a cristales regulares mediante la contabilización de sus elementos geométricos.
3. Identificar los elementos de simetría que presentan los modelos de cristales mediante su observación en 3D.
4. Definir el sistema cristalino y la clase cristalina de cada uno de los modelos de cristales a partir de los elementos de simetría encontrados.
5. Enumerar los minerales más comunes que cristalizan en los sistemas y clases cristalinas definidos.

1.3 Justificación

La importancia de este trabajo de grado se fundamenta en ampliar la información de los modelos de muestras de cristales existente en el Laboratorio de Mineralogía. En esta investigación se emplearan herramientas de visualización en 3D lo cual permitirá poder difundir con mayor facilidad los resultados obtenidos y contribuir con los conocimientos del estudiantado y público en general.

1.4 Alcance

A partir de la elaboración de este trabajo de ascenso, el estudiantado y público en general podrán obtener una nueva perspectiva al momento de realizar la descripción de modelos de cristales utilizando medios digitales

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Mineral

En términos geológicos un mineral es definido como cualquier sólido inorgánico natural que posea una estructura interna ordenada y una composición química definida. Por tanto, para que se considere mineral cualquier material terrestre, debe presentar las siguientes características (Lutgens , F. y Tarbuck, E., 2005):

1. Debe aparecer de forma natural.
2. Debe ser inorgánico.
3. Debe ser un sólido.
4. Debe poseer una estructura interna ordenada, es decir, sus átomos deben estar dispuestos según un modelo definido.
5. Debe tener una composición química definida, que puede variar dentro de unos límites

2.2 Mineralogía

Dentro del campo de las ciencias naturales la geología y la mineralogía estudian la estructura de la tierra. Mientras la geología investiga procesos a gran escala como la formación de montañas y macromovimientos de la corteza terrestre, los mineralogistas dirigen su atención hacia cada uno de los minerales que componen la roca determinando su forma externa (Medenbach, O. y Sussieck-Fornefeld, C., 1983). En su sentido más estricto la mineralogía es la ciencia que se encarga del estudio y la determinación de las propiedades físicas y químicas de los minerales.

2.3 Cristal

Los minerales, con pocas excepciones, poseen la distribución interna ordenada característica de los sólidos cristalinos. Cuando las condiciones son favorables, pueden estar limitados por caras planas y pulidas y adquirir formas geométricas regulares conocidas como cristales. Un cristal es un sólido con estructura interna ordenada, posea éste o no caras externas, pues estas, en general no son más que un accidente de su desarrollo y su ausencia no modifica en absoluto las propiedades fundamentales de un cristal. La cristalografía morfológica trata principalmente aquellos aspectos que se relacionan con la forma externa o morfología de los cristales (Klein, C. y Hurlbut Jr., C., 1998).

De acuerdo a su grado de desarrollo un sólido cristalino con caras bien desarrolladas es euédrico, si tiene caras semi-desarrolladas o imperfectamente desarrolladas es subédrico y si carece de caras será anédrico (Klein, C. y Hurlbut Jr., C., 1998).

2.4 Cristalografía

Es el estudio de los sólidos cristalinos y las leyes que gobiernan su crecimiento, forma externa y estructura interna. Aunque la cristalografía se desarrolló originalmente como una rama de la mineralogía, actualmente es una ciencia aparte que no solo se ocupa del estudio de los minerales sino también de toda la materia cristalina (Klein, C. y Hurlbut Jr., C., 1998).

2.5 Estado cristalino

Los minerales son compuestos químicos que por reacciones y fenómenos naturales se han ido formando en la Naturaleza. Son agrupaciones homogéneas de átomos y moléculas con una periodicidad tridimensional fija y constante para cada

especie mineral. Esta periodicidad proporciona a los minerales una estructura cristalina y organizada, que se traduce al exterior en superficies planas: cristales (Díaz Mauriño, C., 1976).

El hecho de que existan muchos minerales externamente masivos no excluye su perfecta organización interna. La formación de dichos minerales no ha tenido las condiciones favorables para poder desarrollar caras externas y formar cristales, sin embargo, tanto los minerales masivos como aquellos cristalizados se encuentran o pertenecen al estado cristalino (Díaz Mauriño, C., 1976).

2.6 Elementos geométricos de un cristal

En el estudio de la forma de los cuerpos cristalinos se pueden separar dos ramales; los elementos geométricos (aristas, vértices y caras) y los elementos ideales (elementos de simetría y cristalográficos).

En el caso de los elementos geométricos se enumeran para todo cristal las caras, las aristas y los vértices, siendo:

- a. Caras: son planos considerados como el lugar geométrico de las partículas donde la estructura interna cristalizada y la estructura del medio están en equilibrio.
- b. Aristas: son rectas terminales del cristal, producidas por intersección de dos caras.
- c. Vértices: son puntos donde concurren más de dos caras.

Los elementos geométricos de un cristal no están dispuestos al azar sino que se presentan de manera ordenada y están estrechamente relacionados con la estructura interna del cristal. Para comprobar la regularidad de los cristales y que sus elementos

geométricos se encuentran ordenados se puede aplicar el Teorema de Euler, que relaciona dichos elementos de la siguiente manera:

$$N^{\circ} \text{ caras} + N^{\circ} \text{ vértices} = N^{\circ} \text{ de aristas} + 2$$

2.7 Elementos de simetría de un cristal

Todos los cristales presentan una simetría definida por la disposición de sus caras, lo que permite agruparlos en diferentes clases. El lugar geométrico que ayuda a la visualización de la simetría de una distribución ordenada recibe el nombre de elemento de simetría. Los ejes de rotación (eje de simetría o eje de inversión rotatoria), los planos de simetría los centros de simetría son ejemplos tales de elementos de simetría. Los procesos de rotación alrededor de un eje, de reflexión en un plano o de inversión alrededor de un punto central se denominan colectivamente operaciones de simetría. Las operaciones de simetría fundamentales son (Klein, C. y Hurlbut Jr., C., 1998):

1. Rotación alrededor de un eje (eje de simetría o eje de rotación): es una línea imaginaria que atraviesa a un cristal, alrededor de la cual se gira el cristal y la cara (motivo unitario) original se repite una (1), dos (2), tres (3), cuatro (4) o seis (6) veces durante una rotación completa (360°). El eje se denota con la letra A (en mayúscula) acompañada del subíndice (n), número entero que representa el número de veces que una cara (motivo unitario) se repite durante la rotación completa. Los tipos de ejes encontrados en el orden interno de los cristales y también expresados en su forma externa (morfología) son de orden uno o monarios (A_1) se repite a sí mismo cada 360° , de orden dos o binarios (A_2) se repite cada 180° , de orden tres o ternarios (A_3) se repite cada 120° , de orden cuatro o cuaternarios (A_4) se repite cada 90° y ejes de orden seis o senarios (A_6) se repite cada 60° .

2. Rotación con inversión (eje de inversión rotatoria o eje de rotoinversión): Es una línea imaginaria que combina la rotación alrededor de un eje con una inversión. Para denotarlo se le coloca una barra sobre el nombre del eje, por ejemplo, un eje de inversión rotatoria $\bar{3}$ es el equivalente a un eje de rotación ternario A_3 y un centro de simetría i .
3. Reflexión sobre un plano (plano de simetría): es un plano imaginario que atraviesa al cristal y lo divide en dos mitades, siendo cada mitad (en un cristal con caras perfectamente desarrolladas) la imagen especular de la otra. Se denota como m .
4. Centro de simetría: el cristal posee un centro de simetría si cada cara tiene otra idéntica en el lado opuesto de este centro. Un centro de simetría se presenta en un cristal cuando una línea imaginaria puede pasar desde cualquier punto de su superficie a través de su centro y un punto semejante se encuentra sobre la línea a una distancia igual más allá del centro. Esto es equivalente a $\bar{1}$ o inversión. Un centro de simetría se representa por i , para la inversión.

2.8 Sistemas y clases cristalinas

El reconocimiento de los elementos de simetría en los cristales o modelos pone de manifiesto su morfología, de acuerdo a los elementos de simetría identificados en un cristal se puede establecer la existencia de treinta y dos (32) grupos puntuales o clases cristalinas. Estos grupos puntuales definidos únicamente por su simetría están relacionados en la tabla de la Figura 2.1 donde cada grupo puntual o clase del cristal viene definido por su notación Hermann-Mauguin.

Asimismo, en la tabla de la Figura 2.1 puede apreciarse que ciertos grupos de clases cristalinas presentan características de simetría comunes, estas agrupaciones de clases se llaman sistemas cristalinos. Los sistemas cristalinos son seis (6) y cada uno de ellos presenta elementos de simetría característicos (Klein, C. y Hurlbut Jr., C., 1998):

TABLA 2.4 Las treinta y dos clases de cristales y su simetría

Sistema cristalino	Clase de cristal	Contenido de la simetría	Sistema cristalino	Clase de cristal	Contenido de la simetría
Triclínico	1	nada	Hexagonal*	3	IA_3
	$\bar{1}$	i		$\bar{3}$	$I\bar{A}_3 (n \neq IA_3)$
Monoclínico	2	IA_2		32	$IA_2, 3A_2$
	m	Im		3m	$IA_2, 3m$
Ortorrómbico	2/m	i, IA_2, Im		$\bar{3} 2/m$	$I\bar{A}_2, 3A_2, 3m$ $(I\bar{A}_2 = i + IA_2)$
	222	$3A_2$		6	IA_6
	$m\bar{m}2$	$IA_2, 2m$		$\bar{6}$	$I\bar{A}_6 (= IA_3 + m)$
Tetragonal	$2/m2/m2/m$	$i, 3A_2, 3m$		6/m	i, IA_4, Im
	4	IA_4		622	$IA_4, 6A_2$
	$\bar{4}$	$I\bar{A}_4$		6mm	$IA_4, 6m$
	4/m	i, IA_4, m	$\bar{6}m2$	$I\bar{A}_4, 3A_2, 3m$ $(I\bar{A}_4 = IA_4 + m)$	
	422	$IA_4, 4A_2$	$6/m2/m2/m$	$i, IA_4, 6A_2, 7m$	
	4mm	$IA_4, 4m$	23	$3A_2, 4A_2$	
	$\bar{4} 2m$	$I\bar{A}_4, 2A_2, 2m$	$2/m \bar{3}$	$3A_2, 3m, 4\bar{3}$ $(I\bar{A}_4 = IA_4 + i)$	
$4/m2/m2/m$	$i, IA_4, 4A_2, 5m$	Isométrico	432	$3A_2, 4A_2, 6A_2$	
			$\bar{4} 3m$	$I\bar{A}_4, 4A_2, 6m$	
			4/m $\bar{3} 2/m$	$3A_2, 4\bar{3}, 6A_2, 9m$ $(I\bar{A}_4 = IA_4 + i)$	

* En esta tabla todas las clases de cristales (grupos puntuales) que comienzan por 6, $\bar{6}$, 3 y $\bar{3}$ están agrupados en el sistema hexagonal. En ediciones anteriores del *Manual de Mineralogía*, el sistema hexagonal se clasificaba en las divisiones hexagonal y romboédrica. El uso de estas dos subdivisiones, basadas en la presencia de 6 o $\bar{6}$ frente a los ejes 3 o $\bar{3}$ en la simetría morfológica de un cristal, da lugar a confusión cuando las investigaciones subsiguientes con rayos X muestran, por ejemplo, un cristal específico de simetría 32 basado en una red hexagonal. Este es el caso del cuarzo bajo que presenta una simetría morfológica 32, pero que está basado en una red hexagonal primitiva, resultando un grupo espacial $P3_121$ ó $P3_221$. Sin embargo, el sistema hexagonal, según su simetría de red puede dividirse en hexagonal (ótro 2/m 2/m) y romboédrico (32/m). Esto da lugar a los siguientes agrupamientos:

Hexagonal (división de red hexagonal)	Romboédrico (división de red romboédrica)
6/m2/m2/m	$\bar{3} 2/m$
6/m2	3m
6mm	23
6 2 2	3
6/m	3
6	3
6	

Figura 2.1 Las 32 clases cristalinas y su simetría (Klein, C. y Hurlbut Jr., C., 1998)

1. Sistema Isométrico: Todos los cristales del sistema Isométrico tienen cuatro ejes de simetría ternarios y los ejes cristalográficos son perpendiculares entre sí y de igual longitud.
2. Sistema tetragonal: Los cristales del sistema tetragonal se caracterizan por tener un solo eje cuaternario Sistema hexagonal: Todos los cristales del sistema hexagonal tienen un eje de simetría ternario o senario. Se toman cuatro ejes cristalográficos; tres ejes horizontales, iguales entre sí, que se cortan en ángulos de 120° , siendo el cuarto de longitud diferente a aquéllos y perpendicular al plano de los otros tres.

3. Sistema hexagonal: Todos los cristales del sistema hexagonal tienen un eje de simetría ternario o senario.
4. Sistema Ortorrómbico: Los cristales del sistema ortorrómbico tienen tres elementos de simetría binaria, es decir, planos de simetría o ejes binarios.
5. Sistema monoclinico: Los cristales del sistema monoclinico se caracterizan por poseer un eje binario o un plano de simetría, o la combinación de un eje binario y un plano.
6. Sistema triclinico: Los cristales en el sistema triclinico tienen un eje monario como única simetría. Este puede ser un eje giratorio sencillo o un eje monario de inversión rotatoria.

2.9 Aplicación SketchUp

SketchUp es un programa diseñado para usarlo de manera sencilla y flexible, en comparación con otros programas de modelado en 3D. El programa fue diseñado para crear modelos rápidos y sencillos sin importar quien lo utilice, permite modelar imágenes en 3D de edificios, autos, personas, y cualquier objeto o artículo. Adicionalmente consta de una galería de objetos modelados y texturizados, que se pueden utilizar en diferentes proyectos.

Actualmente SketchUp ofrece dos versiones de su programa: una versión comercial a través de pagos anuales y una versión de uso gratuito que no requiere de instalación ya que se ejecuta directamente desde los servidores de la compañía. Aunque la versión gratuita tiene menos funciones que la versión comercial, es completamente funcional permitiendo que los usuarios realicen gran variedad de cambios y manipulación en los modelos

SketchUp fue inicialmente desarrollado por la compañía @Last Software. Su primera versión fue lanzada al mercado en agosto de 2000, con el propósito general de ofrecer una herramienta para la creación de edificios en 3D. En el año 2012 fue adquirida por la compañía Trimble Navigation Limited, quien actualmente posee su licencia, y posee integración completa con la galería online de Google 3D Warehouse.

2.10 Requerimientos de Hardware y Software

Si bien es cierto que las aplicaciones 3D, como SketchUp, utilizan abundantes recursos del sistema, para el desarrollo de este trabajo únicamente se empleará el visualizador web de 3D Warehouse que no requiere de equipamiento especializado, básicamente cualquier computador con conexión a internet a través de los navegadores recomendados (Chrome, Firefox o Microsoft Edge) permitirá la manipulación visual de los modelos que se emplearon. En cuanto al sistema se debe contar con al menos un procesador Intel a 2,1 Ghz y de 4 Gb de memoria RAM, y una tarjeta gráfica integrada con base de 512 Mb.

2.11 Herramientas de visualización

La visualización de los modelos es sumamente intuitiva, una vez seleccionado el modelo a estudiar se debe esperar a que se cargue el módulo de 3D para el cristal elegido, lo cual se hace automáticamente y dependerá de la velocidad de la conexión a internet disponible.

Una vez cargado el modelo, al pasar el puntero del ratón sobre el área de trabajo se observará un cambio gráfico en el icono del puntero, luego solo es necesario mantener presionado en botón principal del ratón para girar libremente la representación del cristal.

Adicionalmente la herramienta de visualización de 3D Warehouse cuenta con 4 funciones adicionales, que se despliegan al pulsar el botón en forma de flecha ubicado en el lateral derecho del área de trabajo, a saber: Vistas, Orbitar (herramienta que se inicia por defecto al cargar la vista 3D), Desplazar, Zoom y Ver modelo centrado (Figura 2.2).

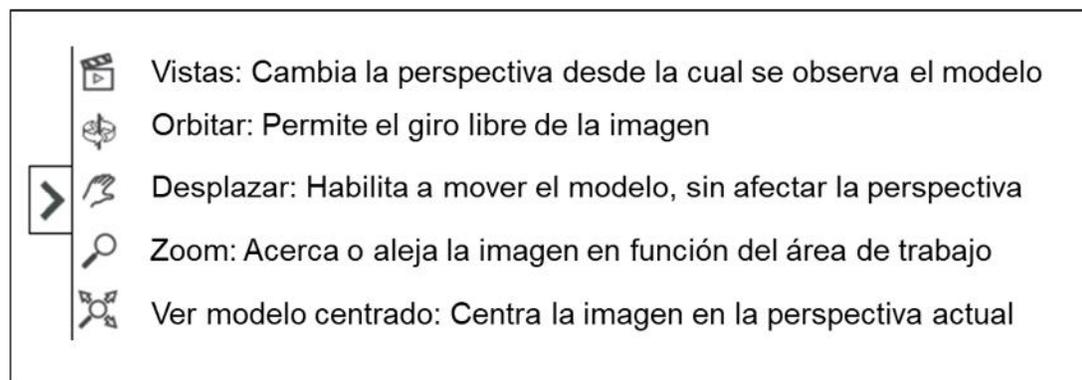


Figura 2.2 Herramientas de Visualización de 3D Warehouse

CAPÍTULO III

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Visualización de los modelos de cristales

Se tomaron como muestra para este trabajo un total de ochenta y cinco (85) modelos de cristales pertenecientes al laboratorio de mineralogía, cada uno de ellos está identificado por un número grabado y los mismos se cargaron digitalizados en el formato ".skp" luego se procedió a visualizarlos utilizando la aplicación 3D Warehouse, en la pantalla de visualización se establecieron líneas de referencia para moverlos, girarlos y ampliarlos pudiendo de esta manera analizarlos detalladamente (Figura 3.1) (Apéndice A).

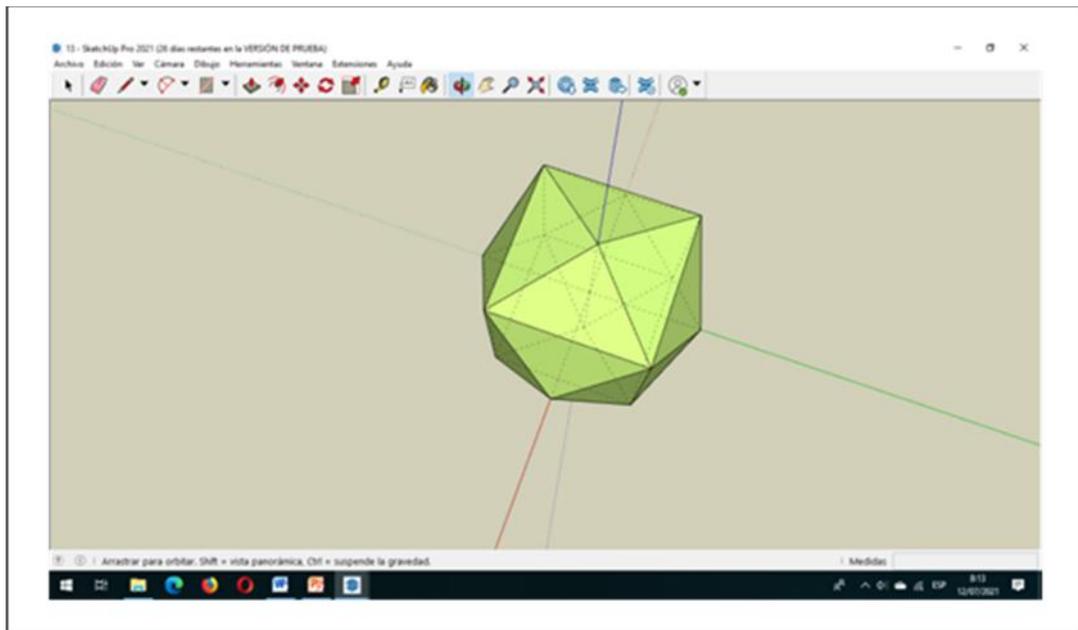


Figura 3.1 Visualización en 3D

3.2 Elementos geométricos y elementos de simetría de los modelos de cristales

Los ochenta y cinco (85) modelos de cristales presentaron los elementos de geométricos (caras, aristas y vértices) (Figura 3.2), en cada uno de ellos se contabilizaron dichos elementos y se introdujeron en el teorema de Euler (número de caras + número de vértices = número de aristas + 2) determinándose que todos cumplen con el teorema, por lo tanto, son cristales regulares.

Asimismo, con la ayuda de la aplicación 3D Warehouse se identificaron los elementos de simetría (ejes, planos, centro) que presentaban los 85 modelos de cristales y se estableció para cada uno de ellos el sistema cristalino y la clase cristalina.

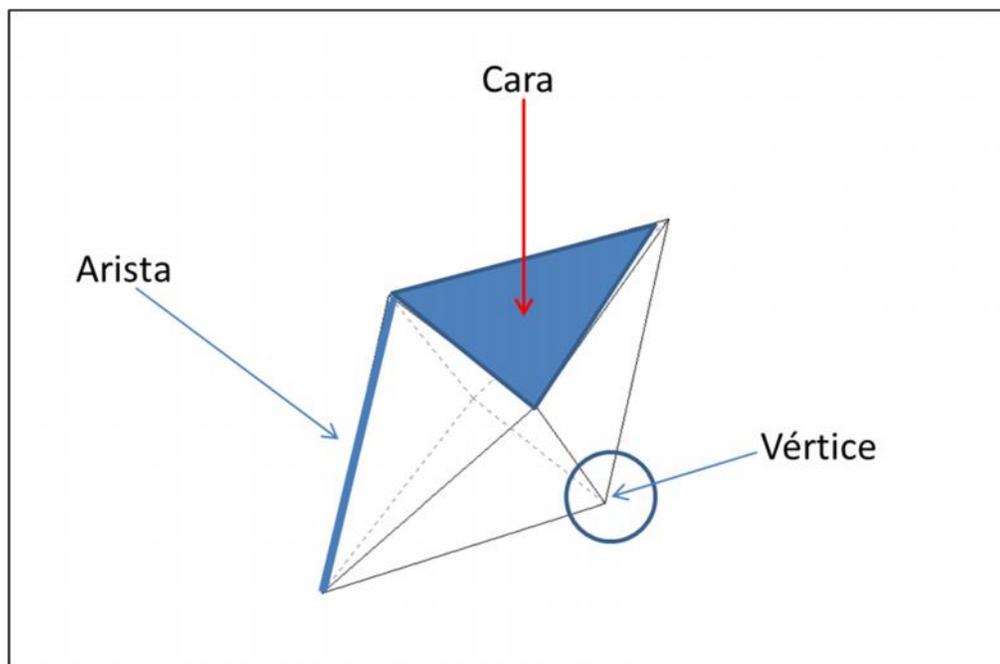


Figura 3.2 Elementos geométricos de un cristal

3.2.1 Modelo 3

El Modelo 3 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 20 caras, 36 aristas y 18 vértices (Figura 3.3).

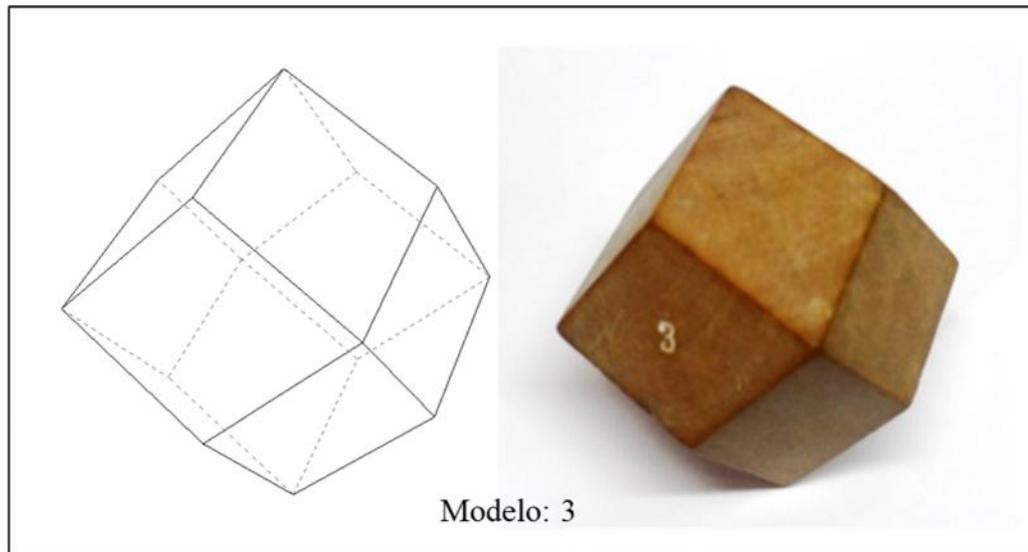


Figura 3.3 Modelo 3 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (donde $1_3 = 1A_3 + i$), esta combinación de elementos de simetría es indicativa de la máxima simetría posible en cristales (Figura 3.4).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4, 4C_3, 6A_2, 9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

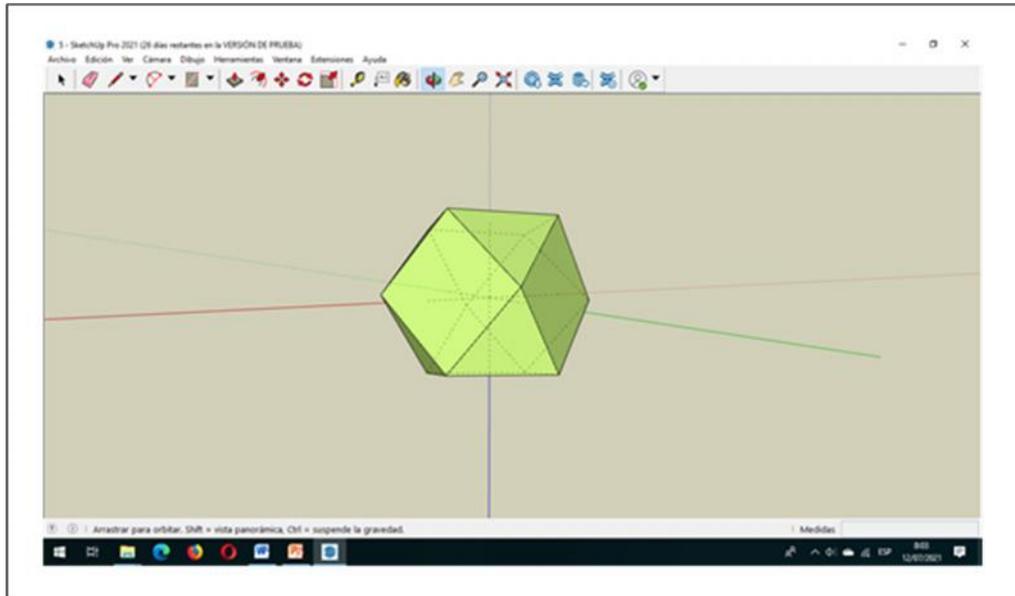


Figura 3.4 Visualización en 3D del Modelo 3

3.2.2 Modelo 5

El Modelo 5 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 14 caras, 24 aristas y 12 vértices (Figura 3.5).

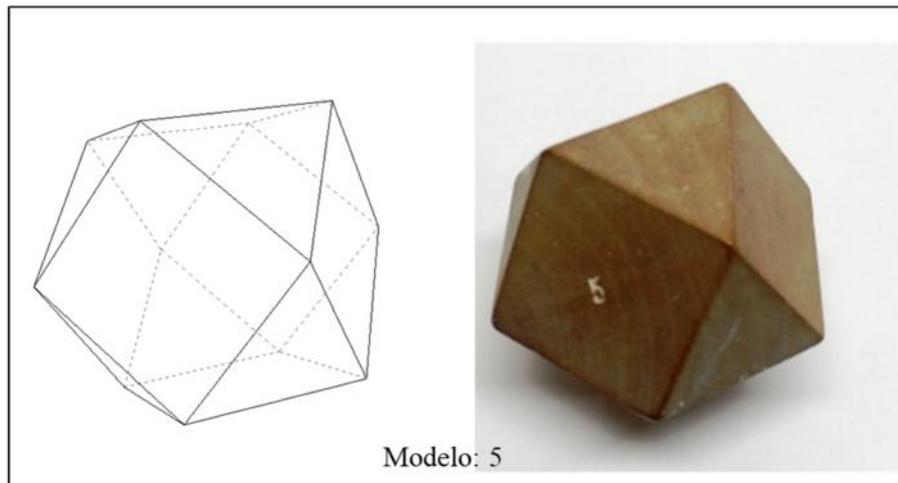


Figura 3.5 Modelo 5 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.6).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4, 4C_3, 6A_2, 9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

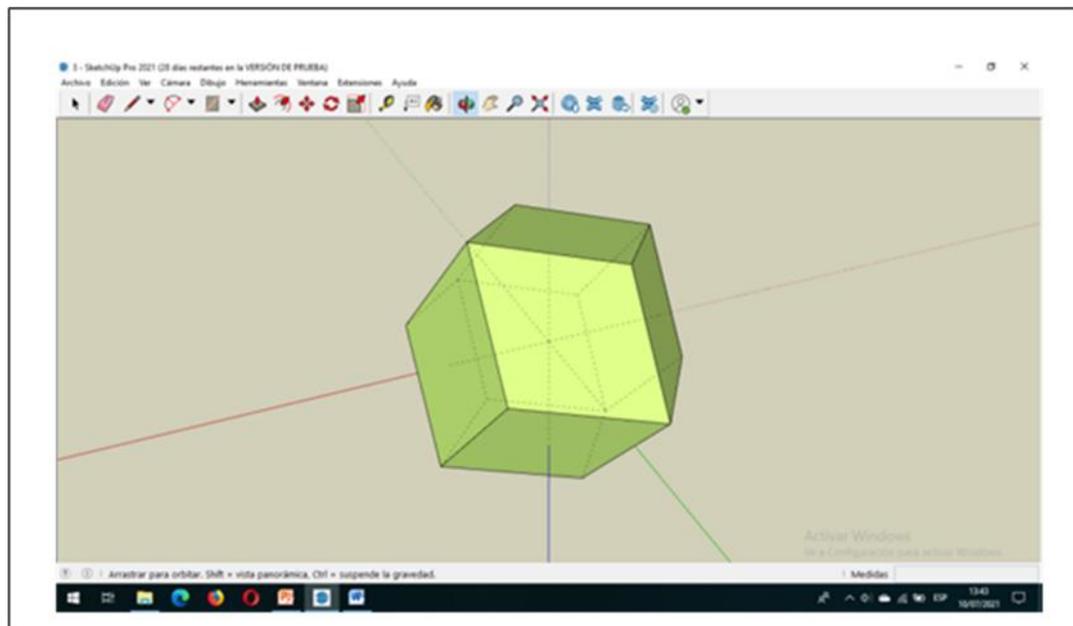


Figura 3.6 Visualización en 3D del modelo 5

3.2.3 Modelo 6

El Modelo 6 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 14 caras, 36 aristas y 24 vértices (Figura 3.7).

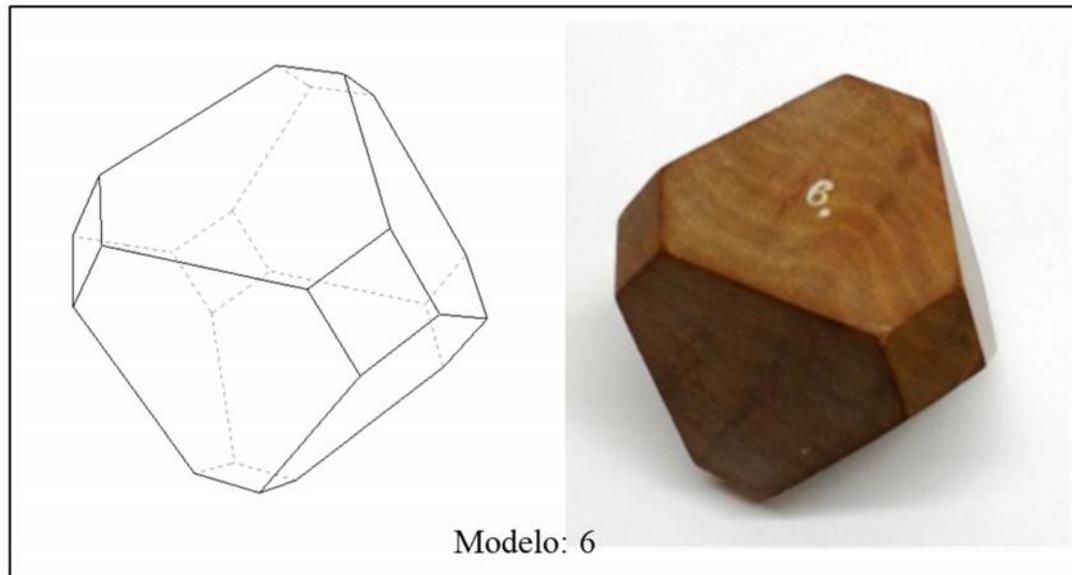


Figura 3.7 Modelo 6 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.8).

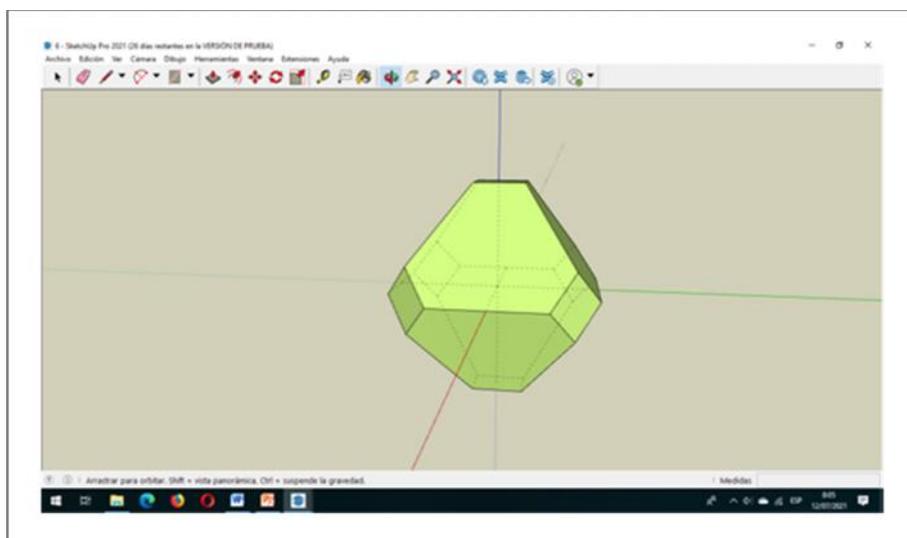


Figura 3.8 Visualización en 3D del modelo 6

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $\bar{3}A_4$, $4\bar{3}, 6A_2, 9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

3.2.4 Modelo 8

El Modelo 8 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 20 caras, 48 aristas y 30 vértices (Figura 3.9).

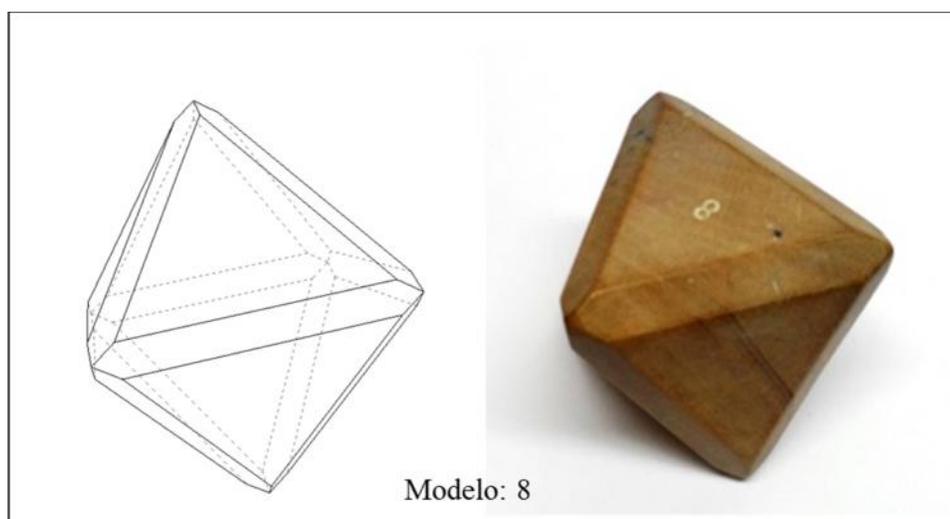


Figura 3.9 Modelo 8 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.10).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $\bar{3}A_4$, $4\bar{3}, 6A_2, 9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

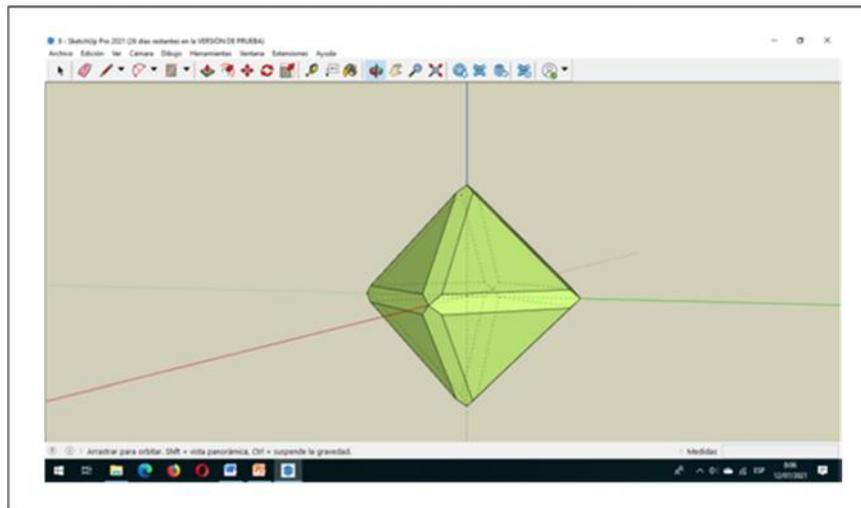


Figura 3.10 Visualización en 3D del modelo 8

3.2.5 Modelo 10

El Modelo 10 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 18 caras, 48 aristas y 32 vértices (Figura 3.11).

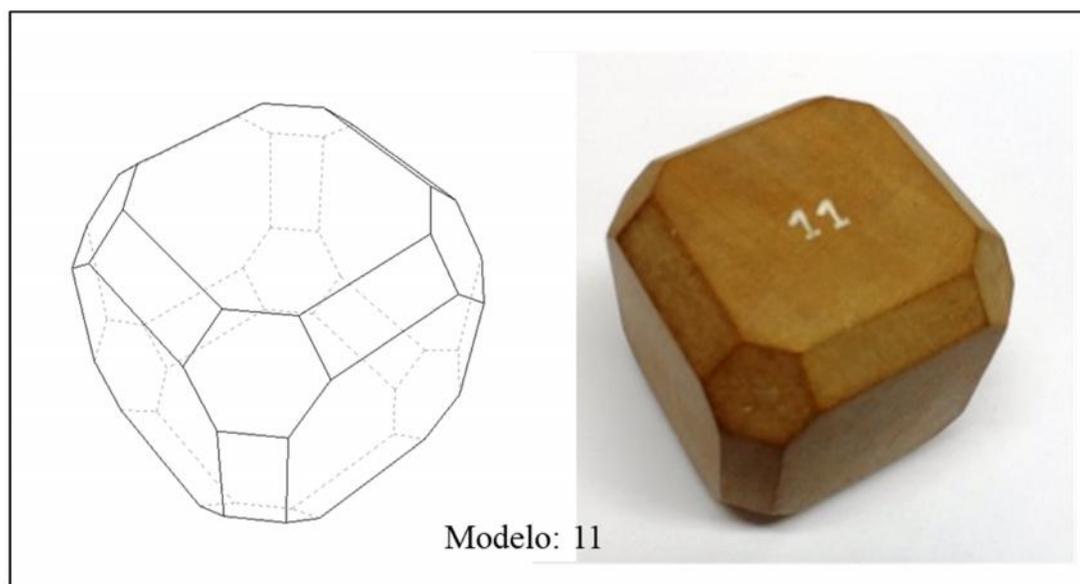


Figura 3.11 Modelo 10 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.12).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4$, $4C_3$, $6A_2$, $9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

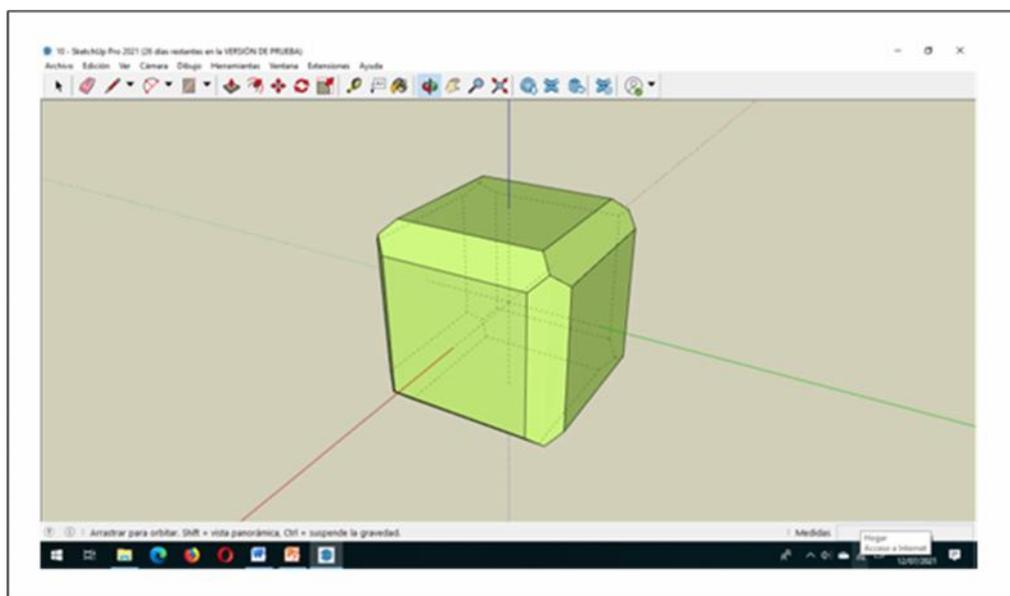


Figura 3.12 Visualización en 3D del modelo 10

3.2.6 Modelo 11

El Modelo 11 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 26 caras, 72 aristas y 48 vértices (Figura 3.13).

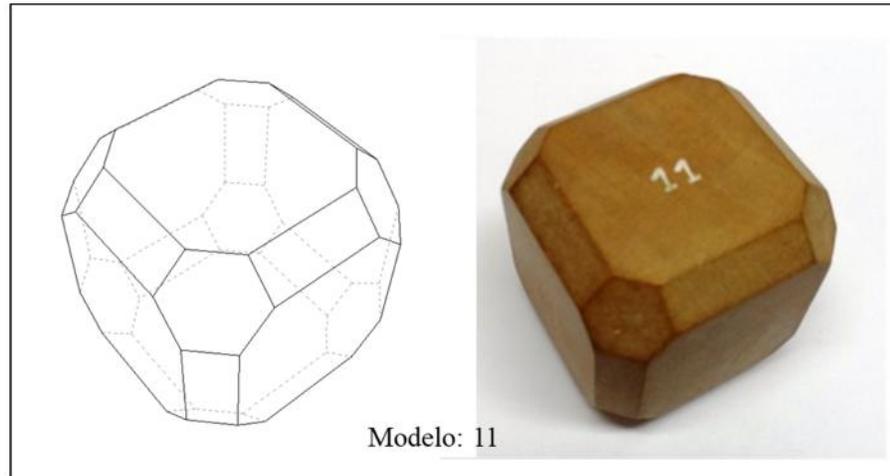


Figura 3.13 Modelo 11 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.14).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4$, $4C_3$, $6A_2$, $9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

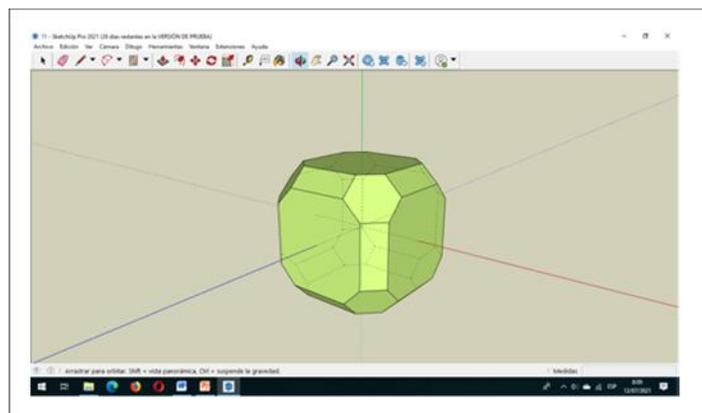


Figura 3.14 Visualización en 3D del modelo 11

3.2.7 Modelo 12

El Modelo 12 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 26 caras, 72 aristas y 48 vértices (Figura 3.15).

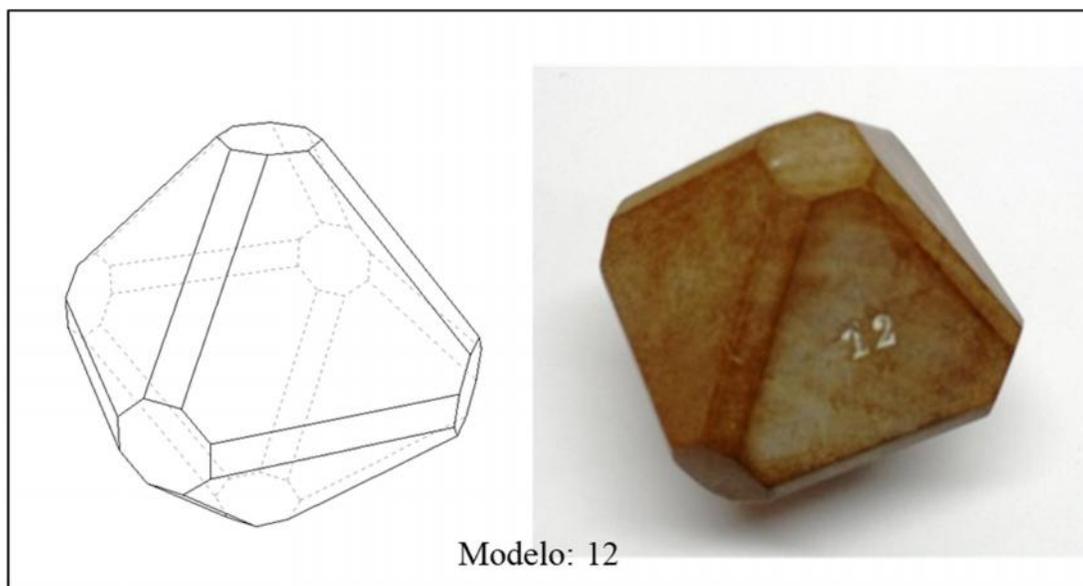


Figura 3.15 Modelo 12 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.16).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4, 4C_3, 6A_2, 9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

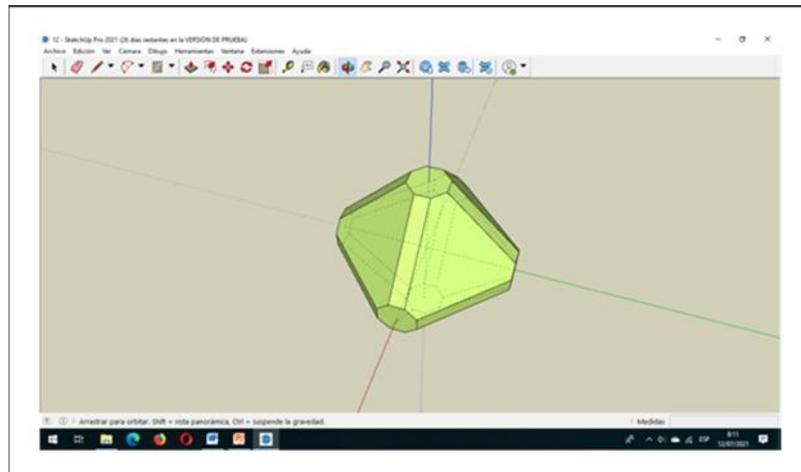


Figura 3.16 Visualización en 3D del modelo 12

3.2.8 Modelo 13

El Modelo 13 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 24 caras, 36 aristas y 14 vértices (Figura 3.17).

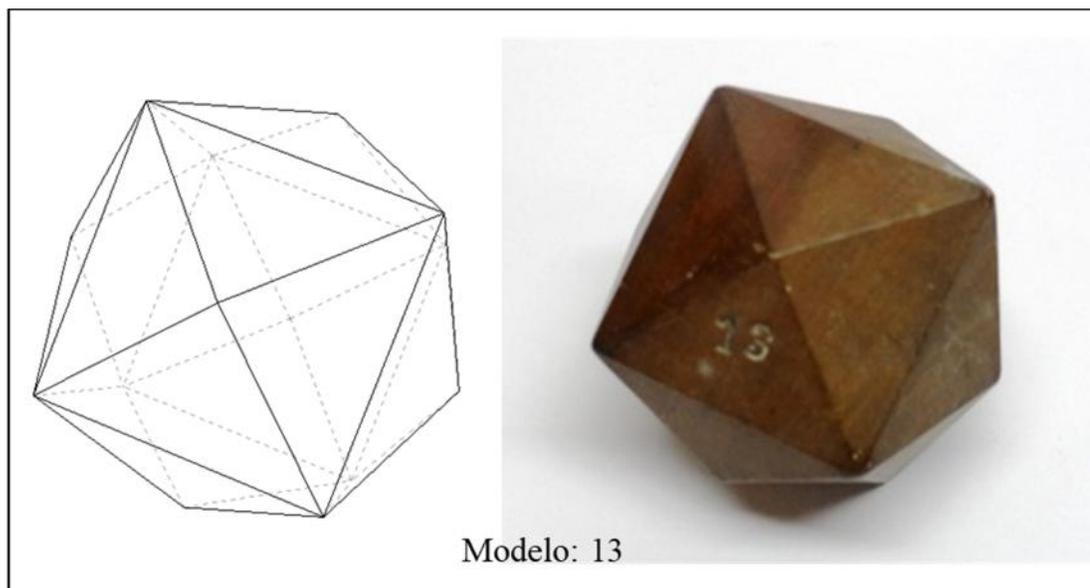


Figura 3.17 Modelo 13 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.18).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4$, 4_3 , $6A_2$, $9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

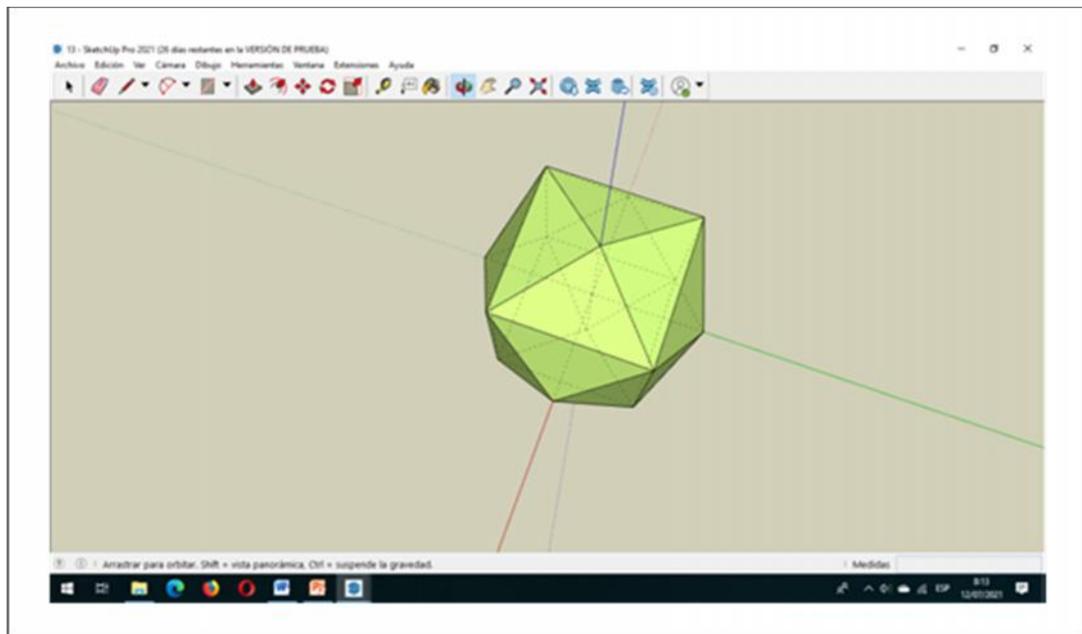


Figura 3.18 Visualización en 3D del modelo 13

3.2.9 Modelo 14

El Modelo 14 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 24 caras, 36 aristas y 14 vértices (Figura 3.19).

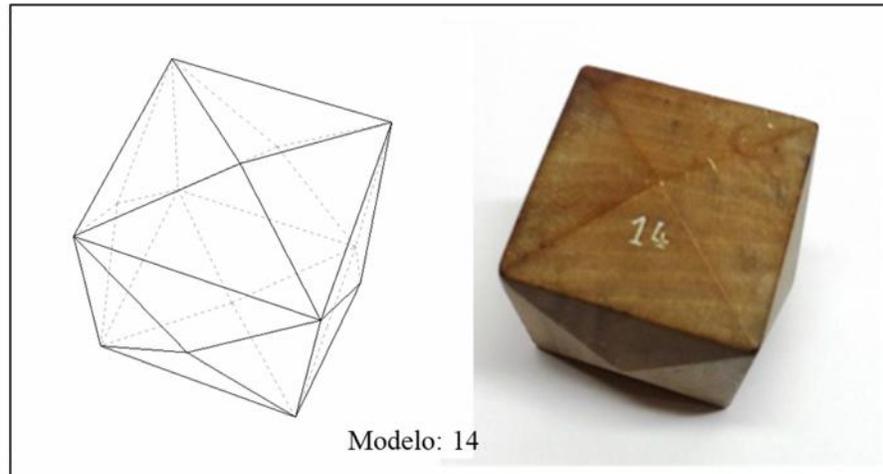


Figura 3.19 Modelo 14 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.20).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4, 4C_3, 6A_2, 9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

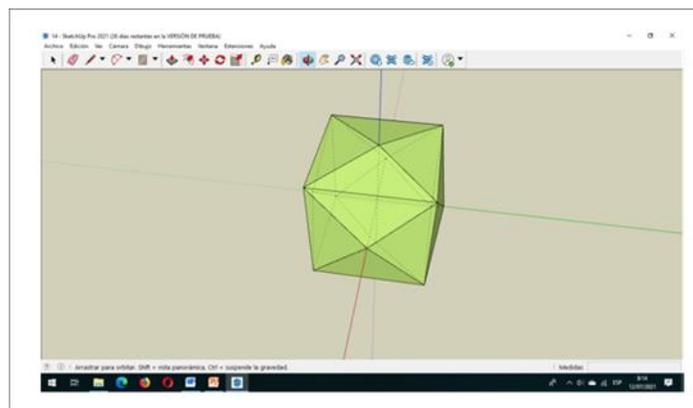


Figura 3.20 Visualización en 3D del modelo 14

3.2.10 Modelo 15

El Modelo 15 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 24 caras, 36 aristas y 14 vértices (Figura 3.21).

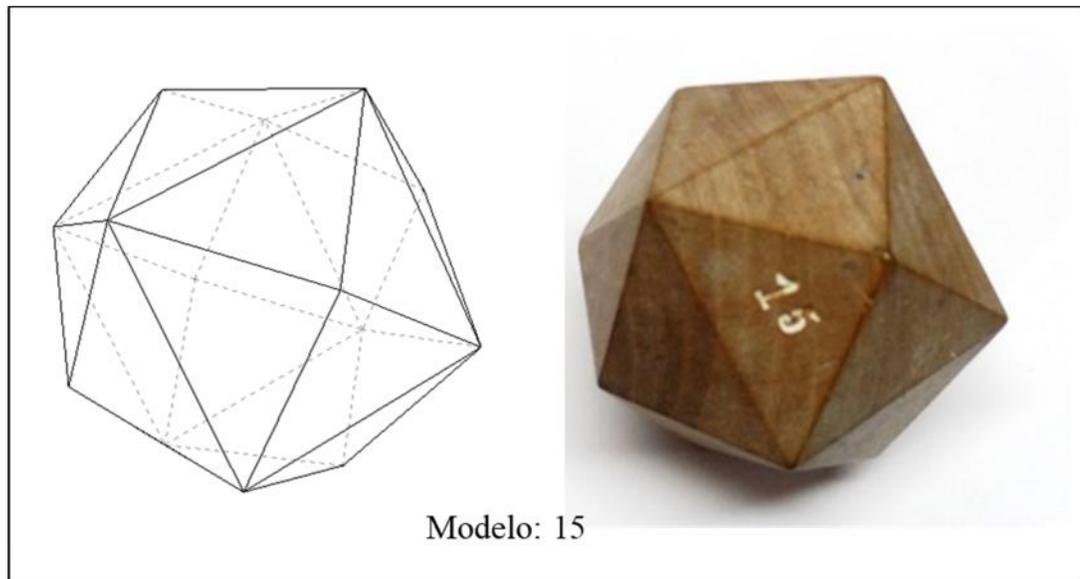


Figura 3.21 Modelo 15 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.22).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4, 4C_3, 6A_2, 9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

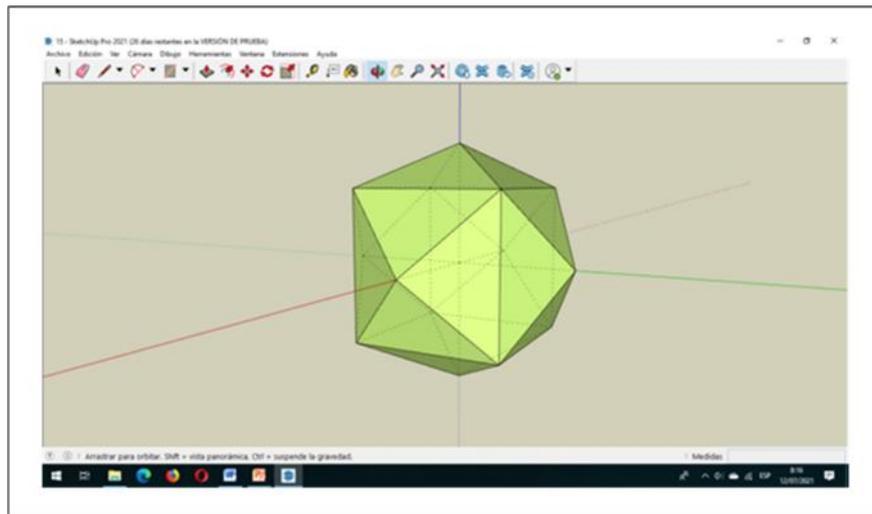
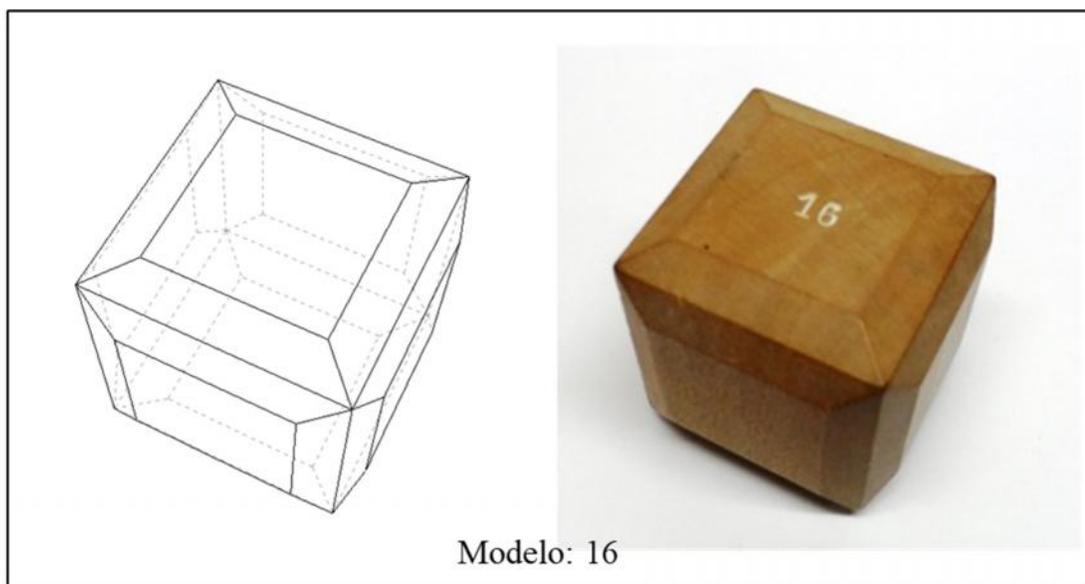


Figura 3.22 Visualización en 3D del modelo 15

3.2.11 Modelo 16

El Modelo 16 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 30 caras, 60 aristas y 32 vértices (Figura 3.23).



Modelo: 16

Figura 3.23 Modelo 16 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.24).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4$, 4_3 , $6A_2$, $9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

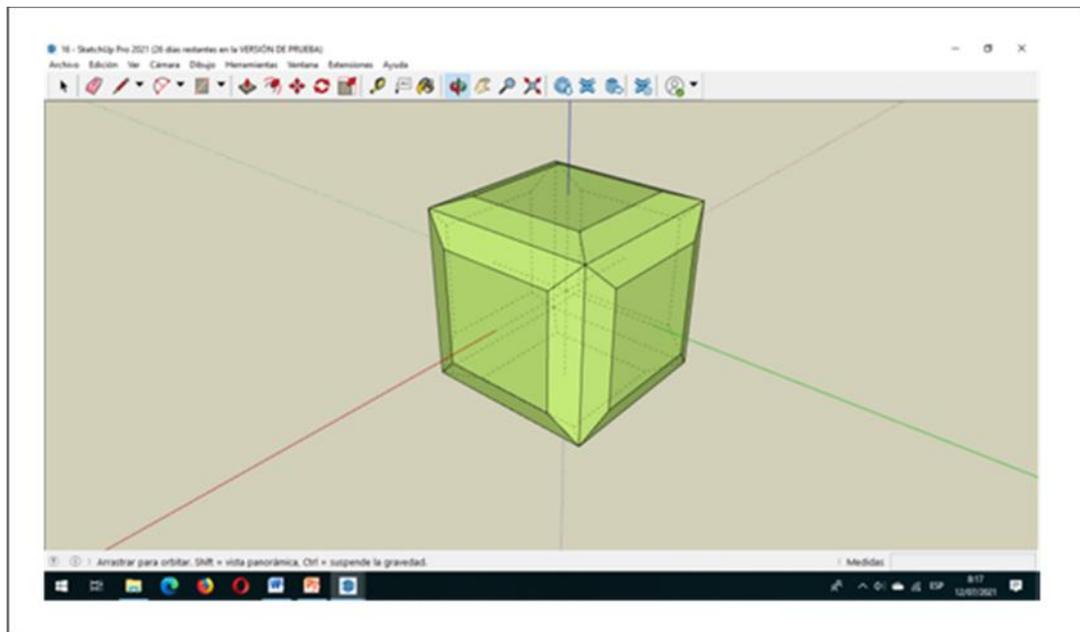


Figura 3.24 Visualización en 3D del modelo 16

3.2.12 Modelo 17

El Modelo 17 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 32 caras, 84 aristas y 64 vértices (Figura 3.25).

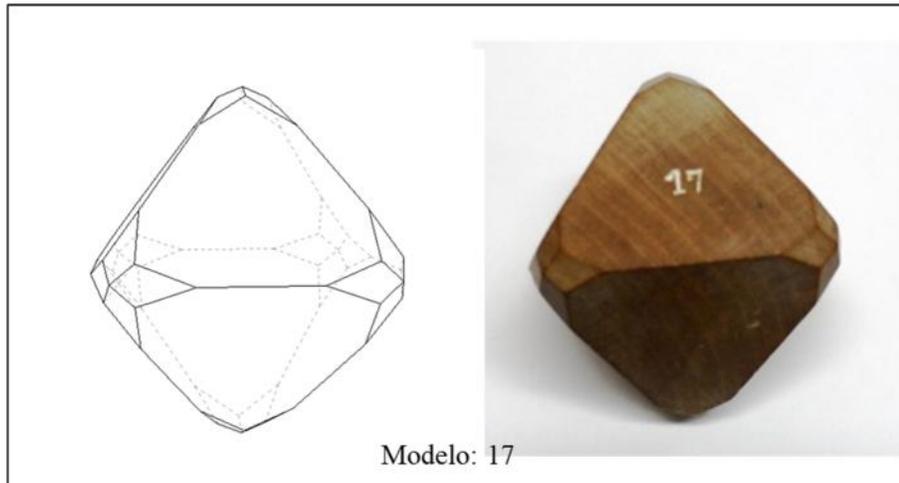


Figura 3.25 Modelo 17 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.26).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4, 4C_3, 6A_2, 9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

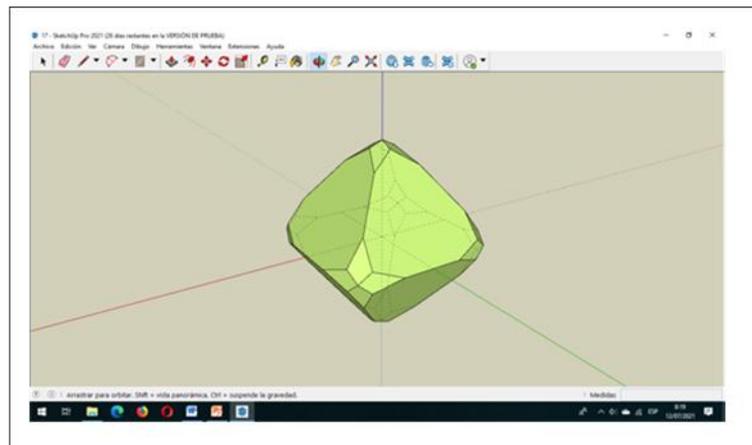


Figura 3.26 Visualización en 3D del modelo 17

3.2.13 Modelo 19

El Modelo 19 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 24 caras, 36 aristas y 14 vértices (Figura 3.27).

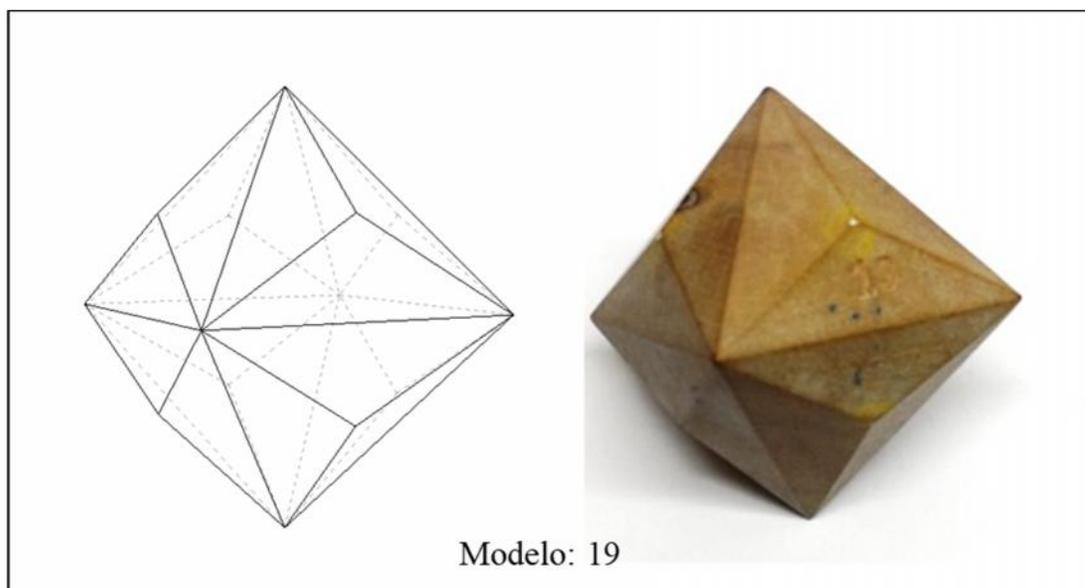


Figura 3.27 Modelo 19 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.28).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4, 4_3, 6A_2, 9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

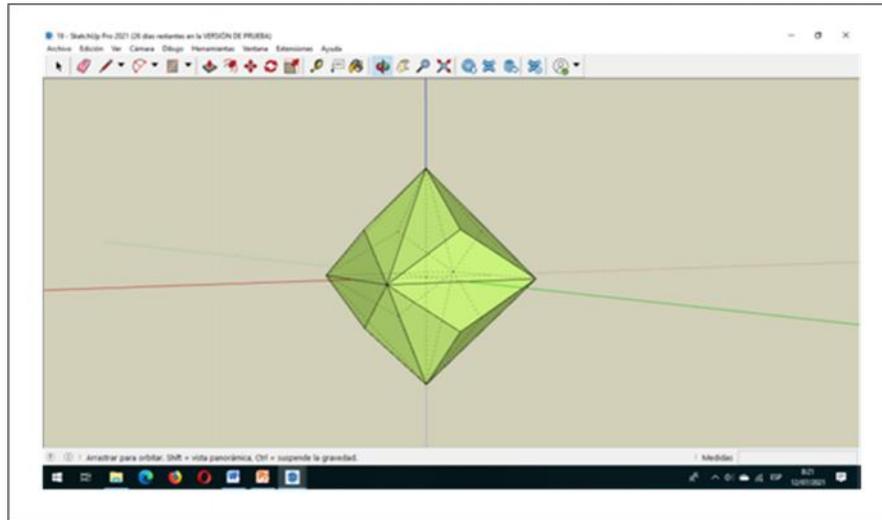


Figura 3.28 Visualización en 3D del modelo 19

3.2.14 Modelo 20

El Modelo 20 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 30 caras, 84 aristas y 56 vértices (Figura 3.29).

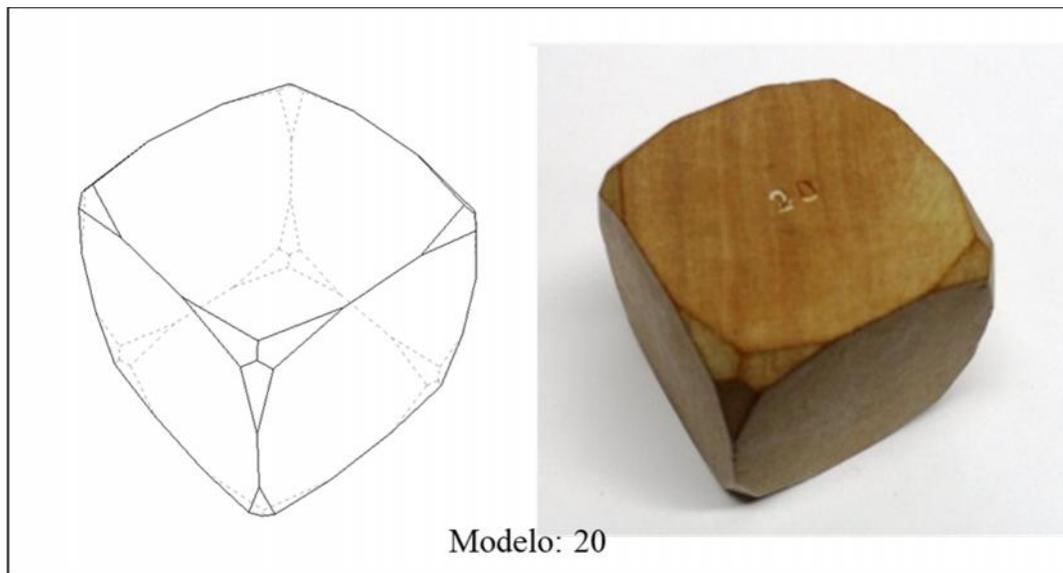


Figura 3.29 Modelo 20 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.30).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4$, $4C_3$, $6A_2$, $9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

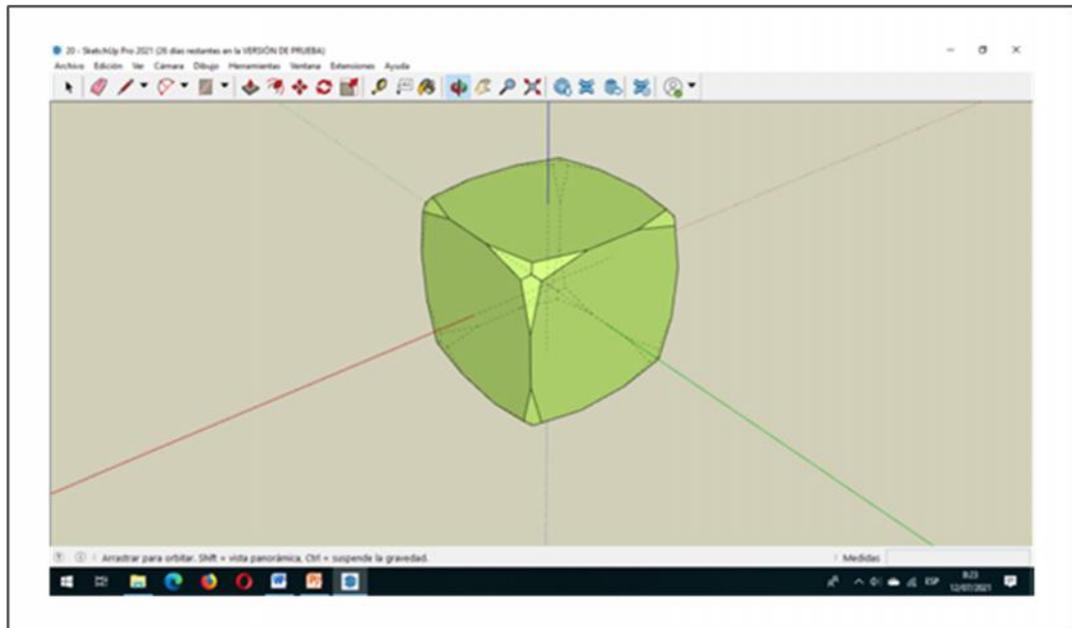


Figura 3.30 Visualización en 3D del modelo 20

3.2.15 Modelo 21

El Modelo 21 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 32 caras, 60 aristas y 30 vértices (Figura 3.31).

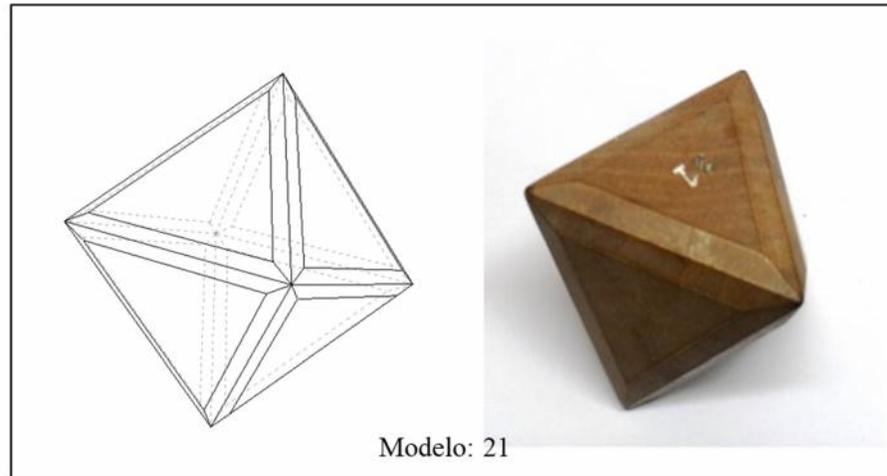


Figura 3.31 Modelo 21 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.32).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4$, $4C_3$, $6A_2$, $9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

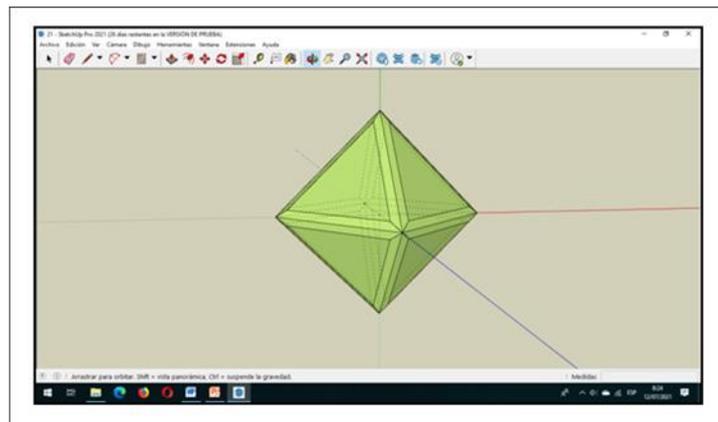


Figura 3.32 Visualización en 3D del modelo 21

3.2.16 Modelo 22

El Modelo 22 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 24 caras, 48 aristas y 26 vértices (Figura 3.33).

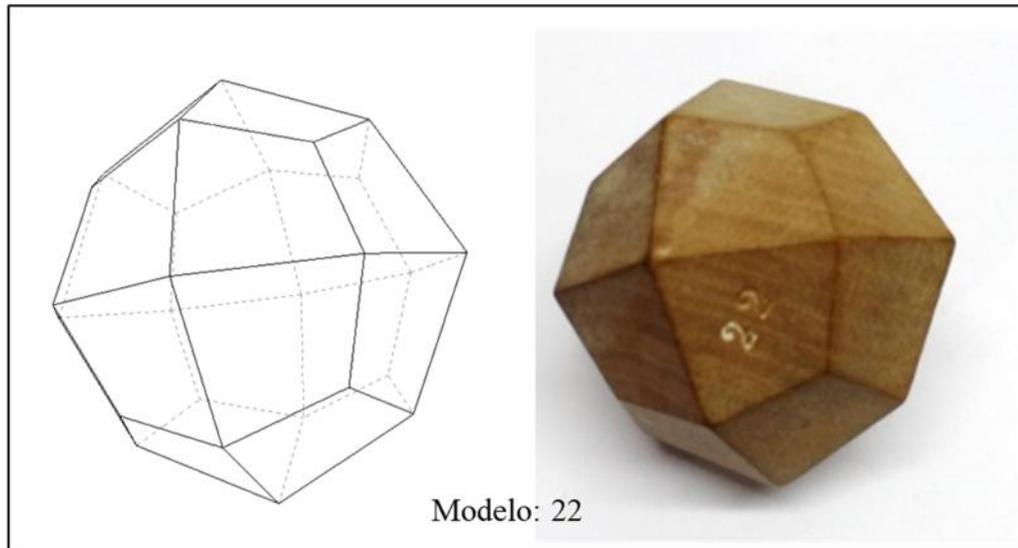


Figura 3.33 Modelo 22 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.34).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4$, 4_3 , $6A_2$, $9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

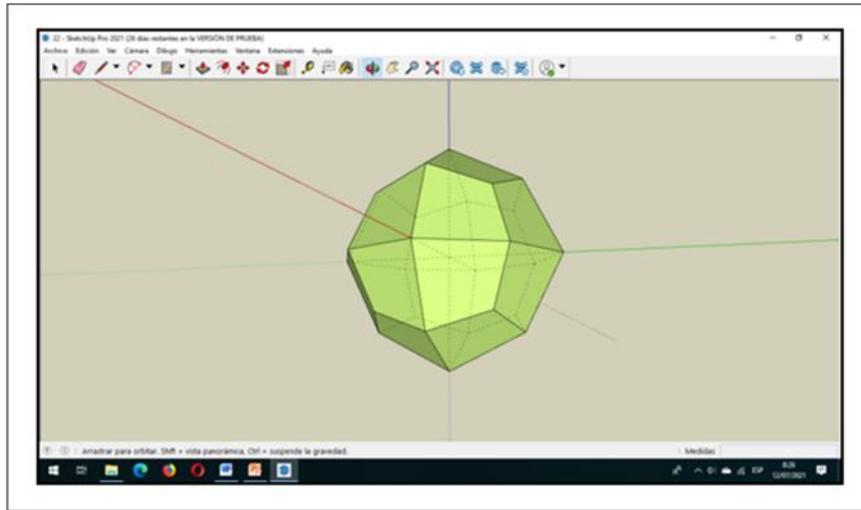


Figura 3.34 Visualización en 3D del modelo 22

3.2.17 Modelo 23

El Modelo 23 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 24 caras, 48 aristas y 26 vértices (Figura 3.35).

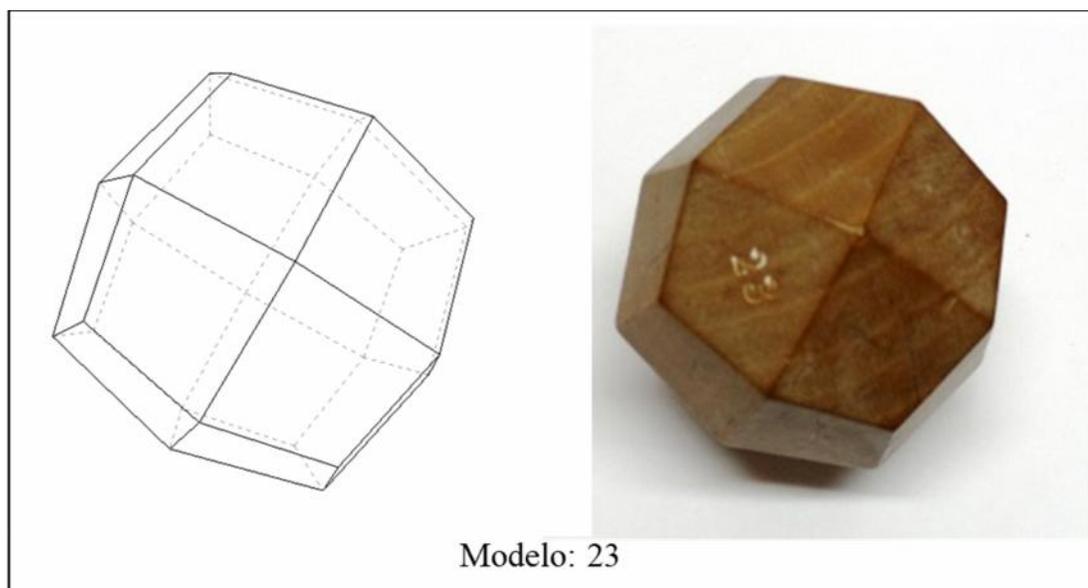


Figura 3.35 Modelo 23 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.36).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4$, 4_3 , $6A_2$, $9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

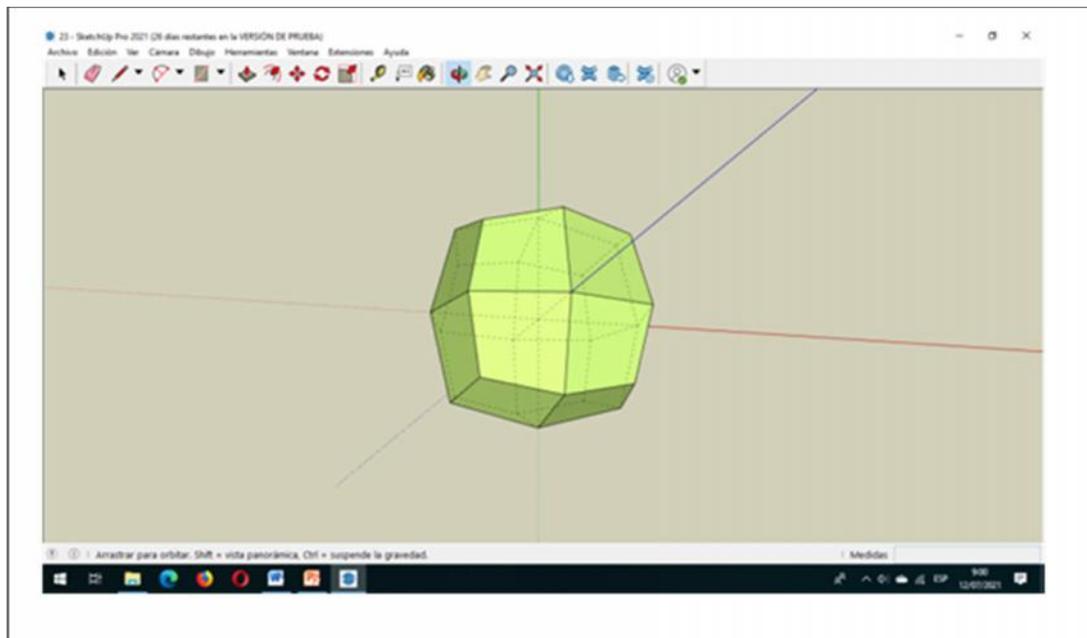


Figura 3.36 Visualización en 3D del modelo 23

3.2.18 Modelo 24

El Modelo 24 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 30 caras, 60 aristas y 32 vértices (Figura 3.37).

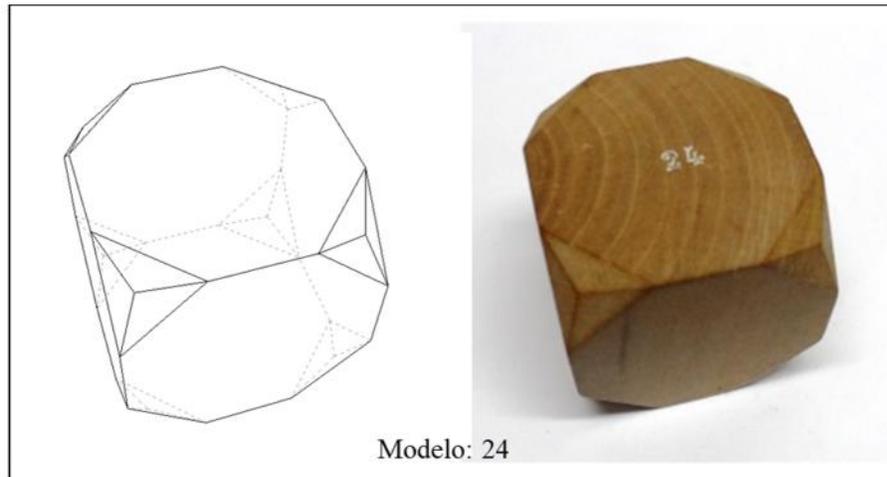


Figura 3.37 Modelo 24 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.38).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4, 4C_3, 6A_2, 9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

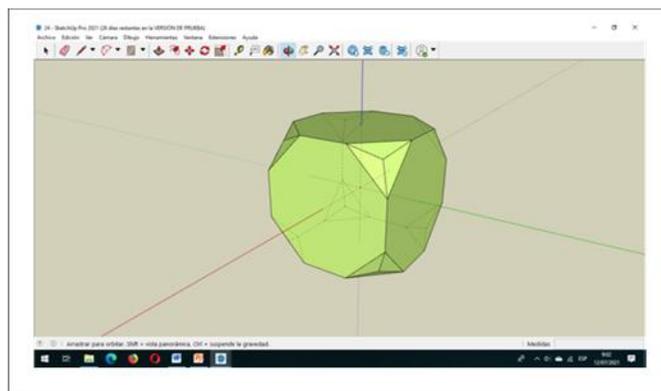


Figura 3.38 Visualización en 3D del modelo 24

3.2.19 Modelo 32

El Modelo 32 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 54 caras, 108 aristas y 56 vértices (Figura 3.39).

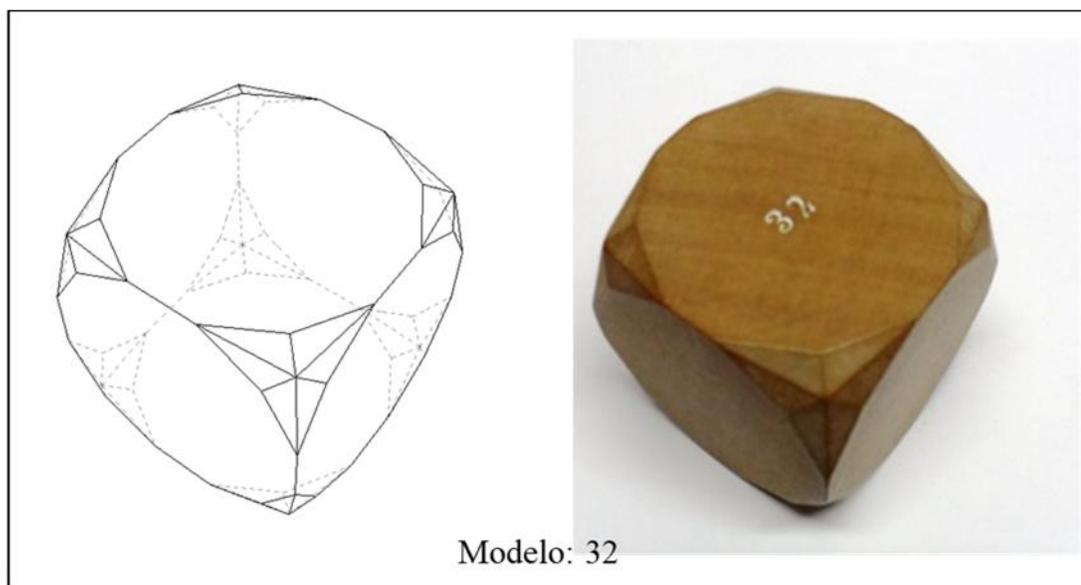


Figura 3.39 Modelo 32 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios, cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), seis (6) ejes binarios, nueve (9) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.40).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_4, 4C_3, 6A_2, 9m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $4/m\bar{3}2/m$.

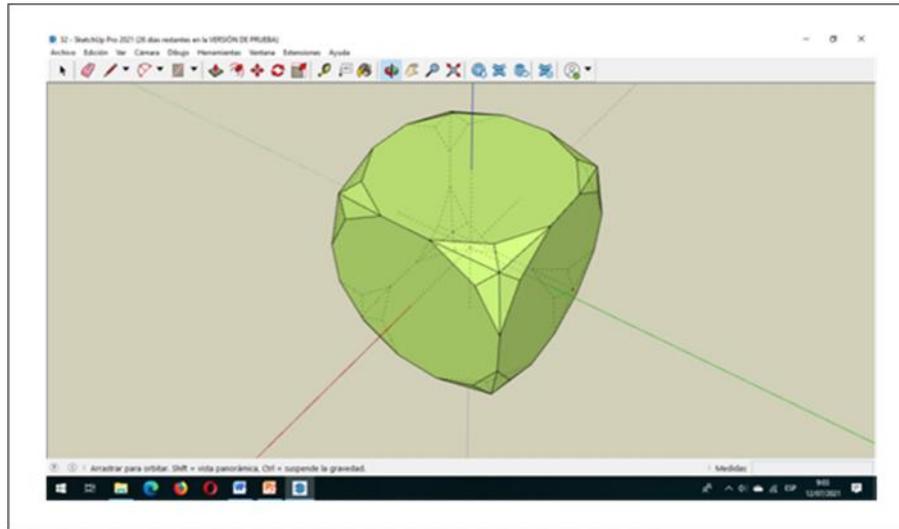


Figura 3.40 Visualización en 3D del modelo 32

3.2.20 Modelo 36

El Modelo 36 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 18 caras, 48 aristas y 32 vértices (Figura 3.41).

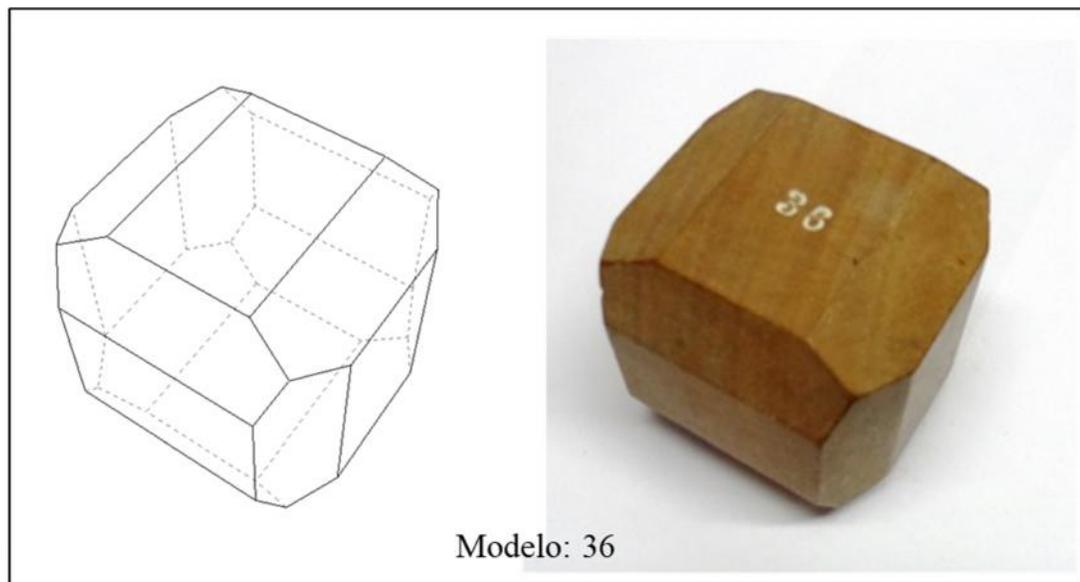


Figura 3.41 Modelo 36 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (donde $1_3 = 1A_3 + i$) (Figura 3.42).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_2$, $4\bar{A}_3$, $3m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $2/m\bar{3}$.

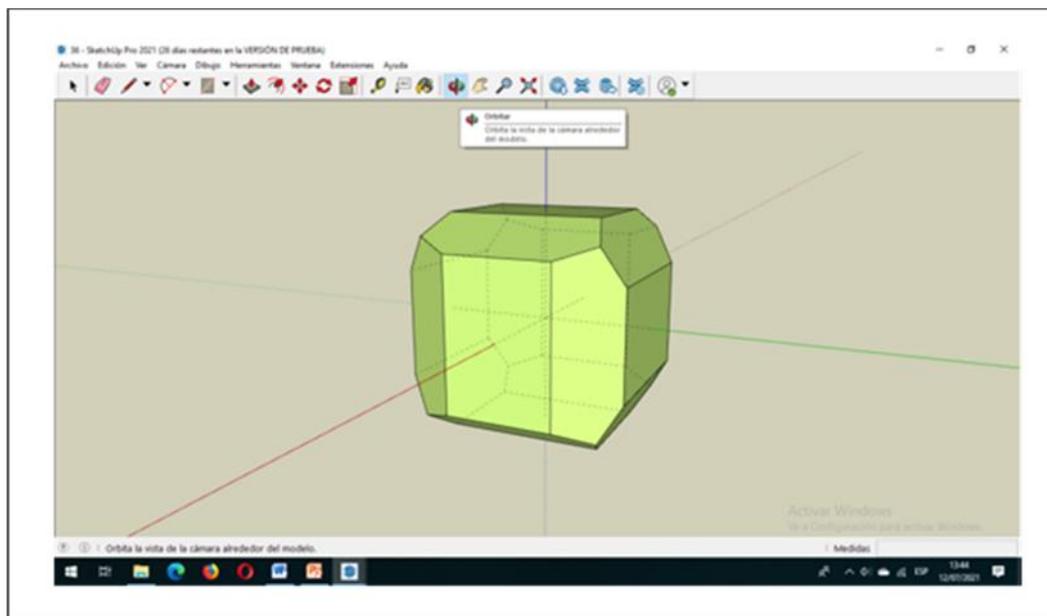


Figura 3.42 Visualización en 3D del modelo 36

3.2.21 Modelo 40

El Modelo 40 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 30 caras, 84 aristas y 56 vértices (Figura 3.43).

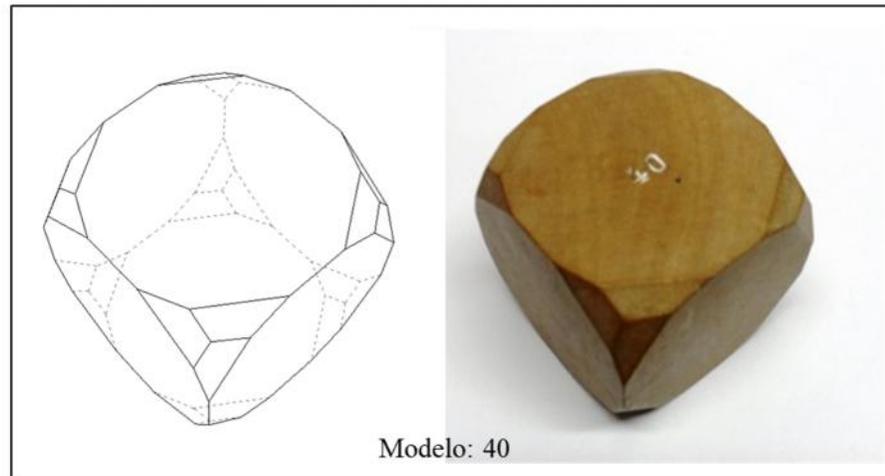


Figura 3.43 Modelo 40 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.44).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_2, 4\bar{A}_3, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $2/m\bar{3}$.

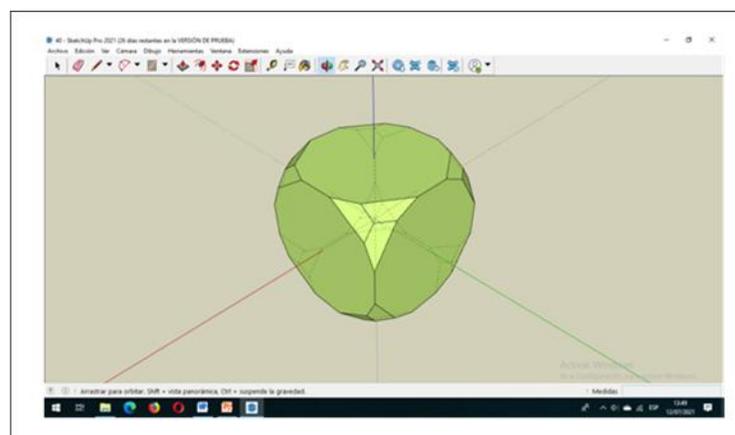


Figura 3.44 Visualización en 3D del modelo 40

3.2.22 Modelo 45

El Modelo 45 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 8 caras, 18 aristas y 12 vértices (Figura 3.45).

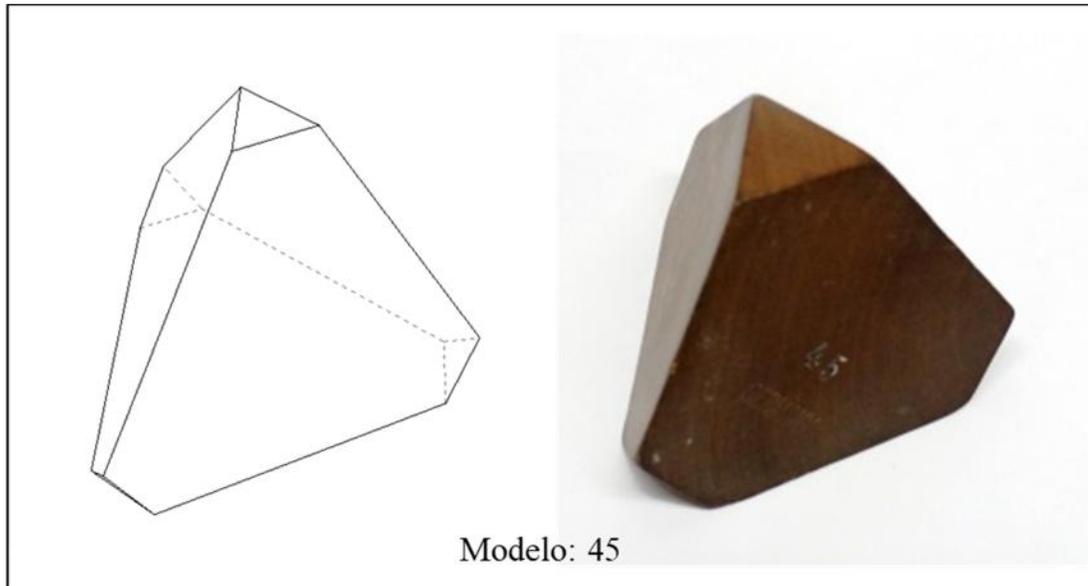


Figura 3.45 Modelo 45 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios (de inversión rotatoria), cuatro (4) ejes ternarios, seis (6) planos de simetría (Figura 3.46).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3_4, 4A_3, 6m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $\bar{4}3m$.

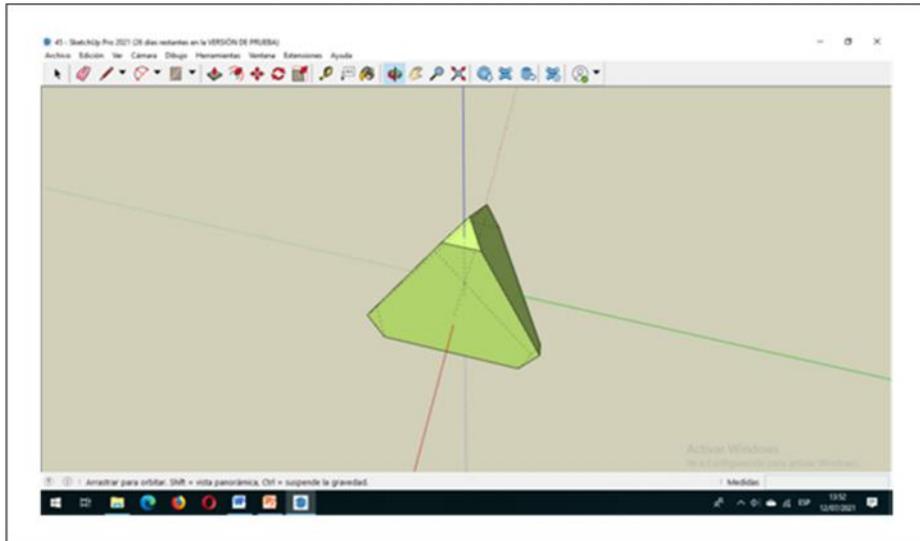


Figura 3.46 Visualización en 3D del modelo 45

3.2.23 Modelo 46

El Modelo 46 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 10 caras, 24 aristas y 16 vértices (Figura 3.47).

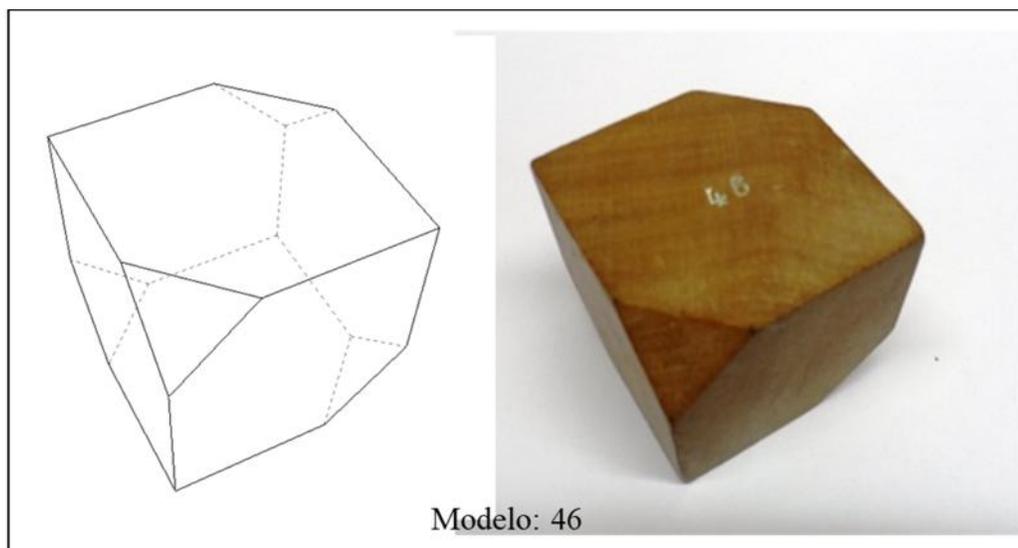


Figura 3.47 Modelo 46 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios (de inversión rotatoria), cuatro (4) ejes ternarios, seis (6) planos de simetría (Figura 3.48).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3_4, 4A_3, 6m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $\bar{4}3m$.

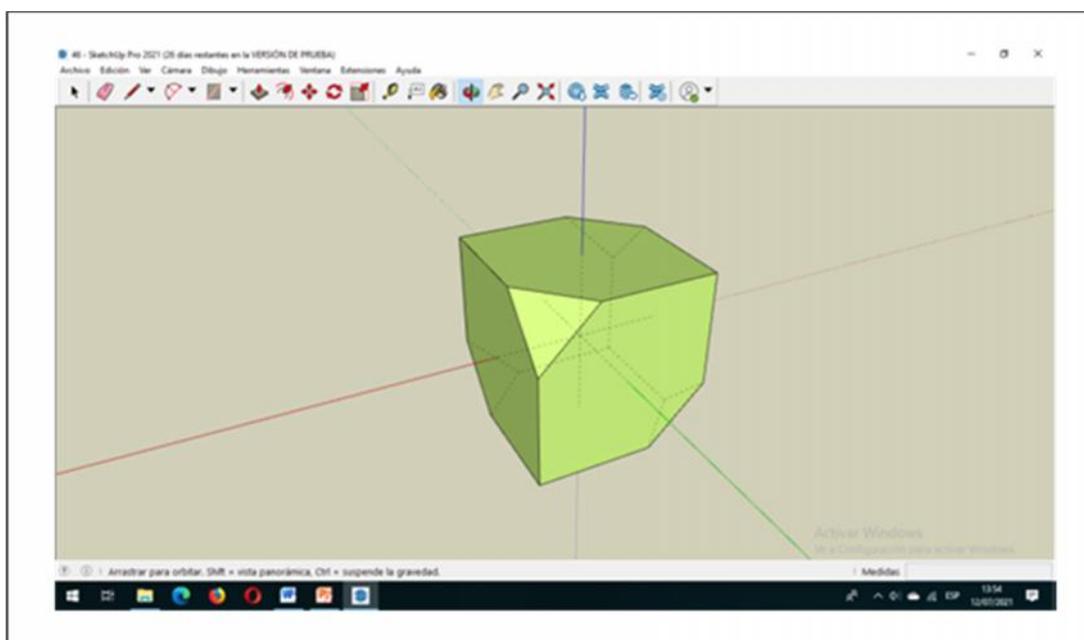


Figura 3.48 Visualización en 3D del modelo 46

3.2.24 Modelo 47

El Modelo 47 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 10 caras, 24 aristas y 16 vértices (Figura 3.49).

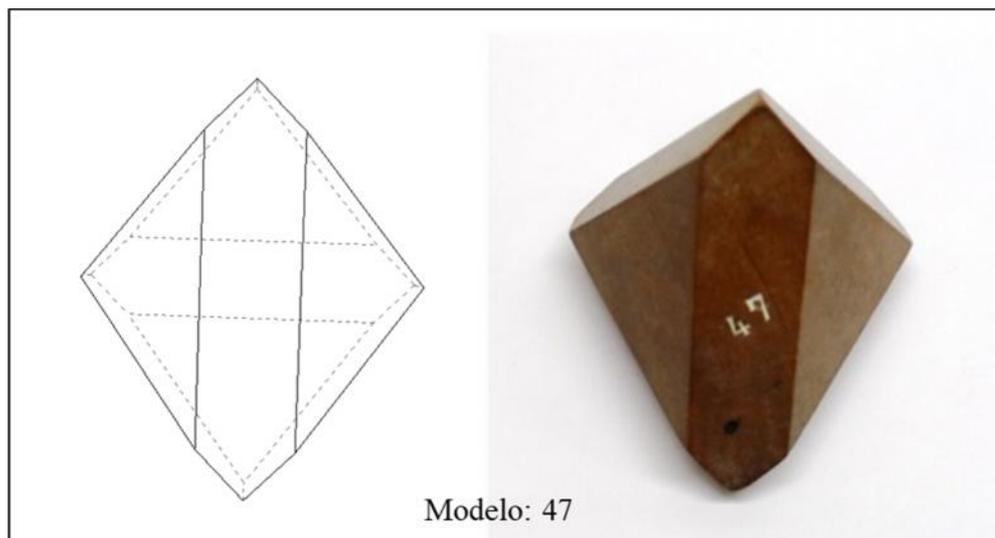


Figura 3.49 Modelo 47 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios (de inversión rotatoria), cuatro (4) ejes ternarios, seis (6) planos de simetría (Figura 3.50).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3_4, 4A_3, 6m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $\bar{4}3m$.

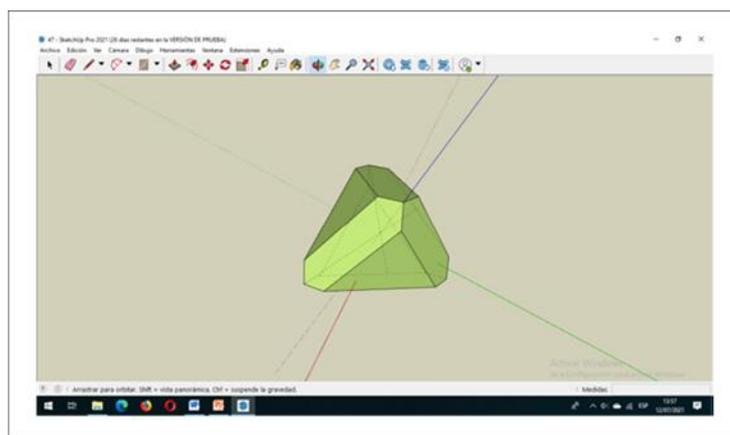


Figura 3.50 Visualización en 3D del modelo 47

3.2.25 Modelo 48

El Modelo 48 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 16 caras, 30 aristas y 16 vértices (Figura 3.51).

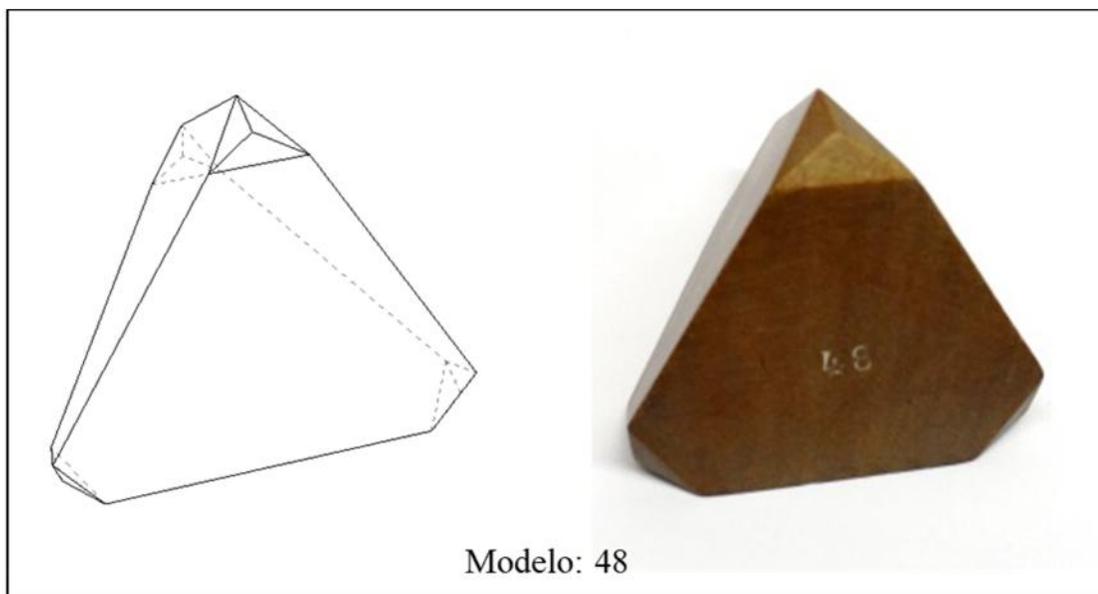


Figura 3.51 Modelo 48 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios (de inversión rotatoria), cuatro (4) ejes ternarios, seis (6) planos de simetría (Figura 3.52).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3_2, 4A_3, 6m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $\bar{4}3m$.

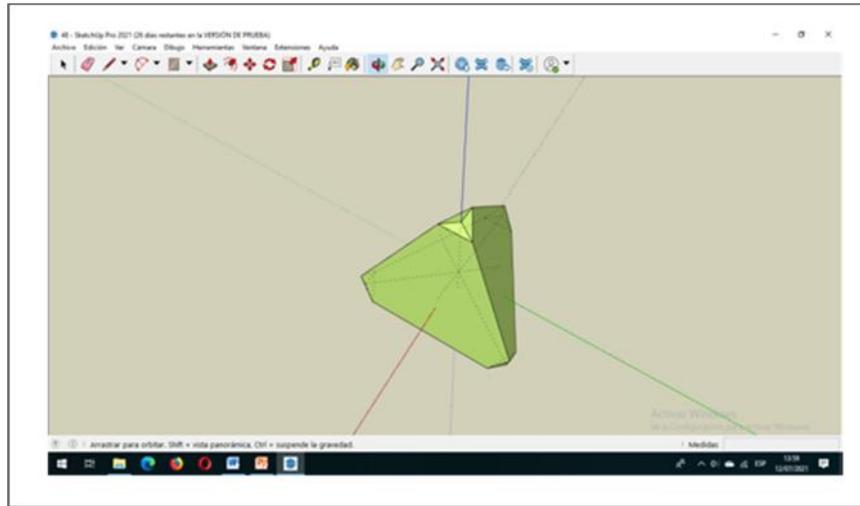


Figura 3.52 Visualización en 3D del modelo 48

3.2.26 Modelo 50

El Modelo 50 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 12 caras, 24 aristas y 14 vértices (Figura 3.53).

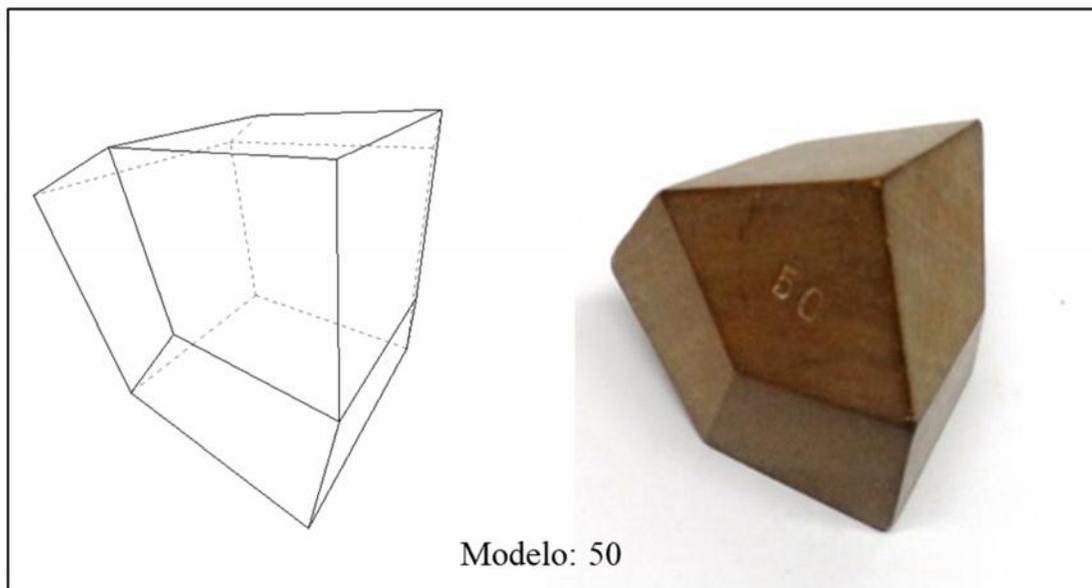


Figura 3.53 Modelo 50 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios (de inversión rotatoria), cuatro (4) ejes ternarios, seis (6) planos de simetría (Figura 3.54).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3_4, 4A_3, 6m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $\bar{4}3m$.

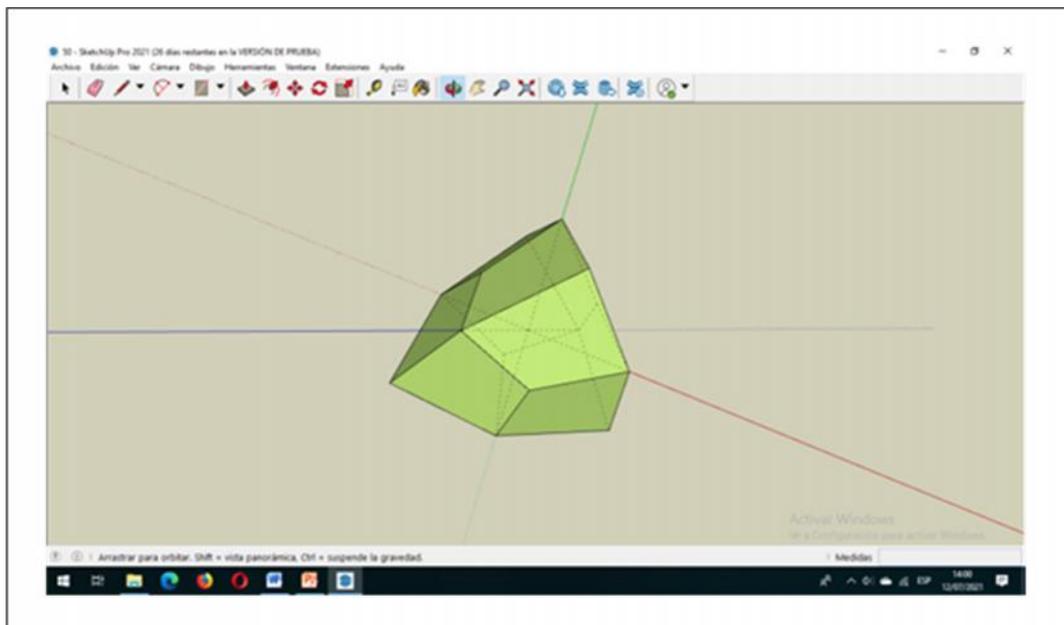


Figura 3.54 Visualización en 3D del modelo 50

3.2.27 Modelo 52

El Modelo 52 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 24 caras, 36 aristas y 14 vértices (Figura 3.55).

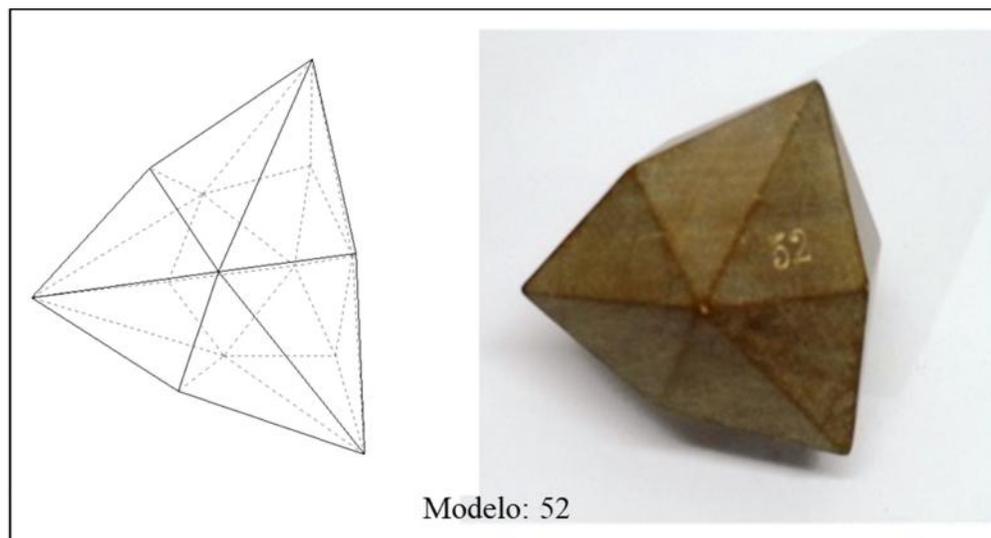


Figura 3.55 Modelo 52 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes cuaternarios (de inversión rotatoria), cuatro (4) ejes ternarios, seis (6) planos de simetría (Figura 3.56).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3_4, 4A_3, 6m$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $\bar{4}3m$.

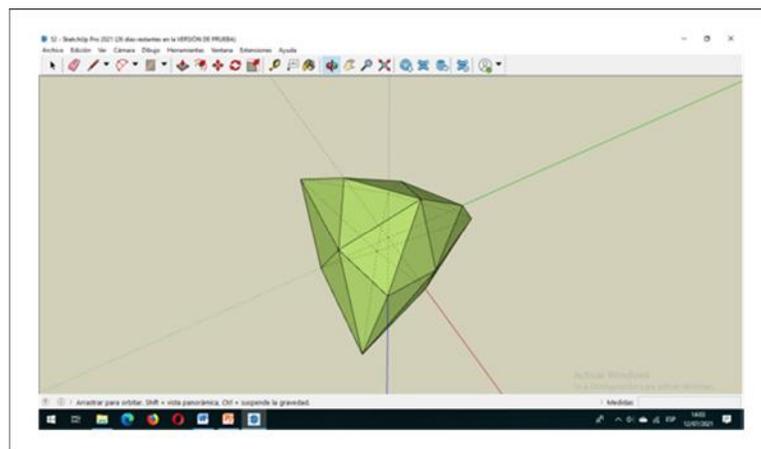


Figura 3.56 Visualización en 3D del modelo 52

3.2.28 Modelo 55

El Modelo 55 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 62 caras, 180 aristas y 120 vértices (Figura 3.57).

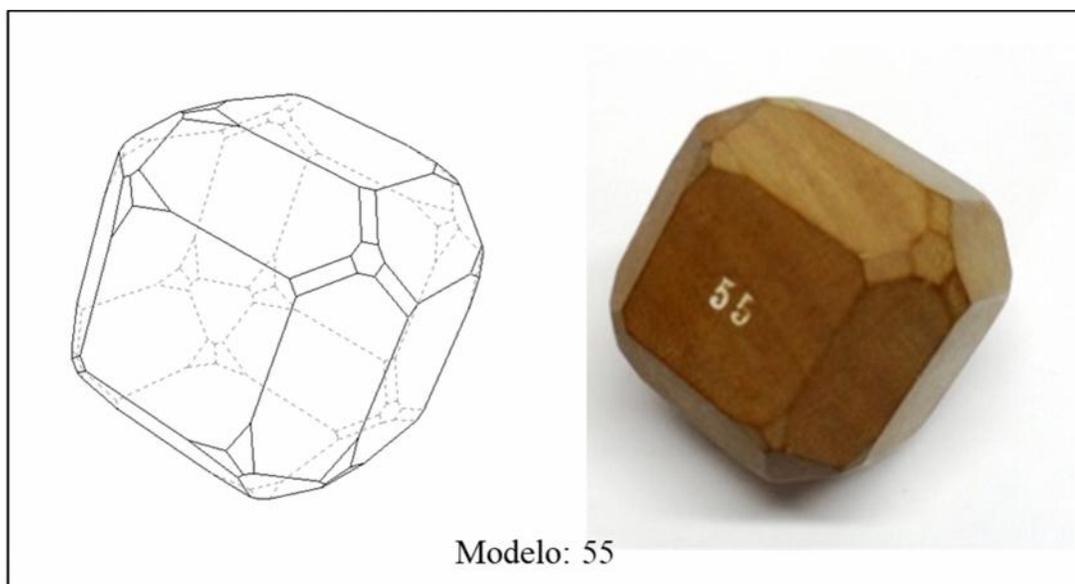


Figura 3.57 Modelo 55 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron cuatro (4) ejes ternarios (de inversión rotatoria), tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.58).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_2, 4C_3, 3C_2, 3\sigma, i$, que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería $2/m\bar{3}$.

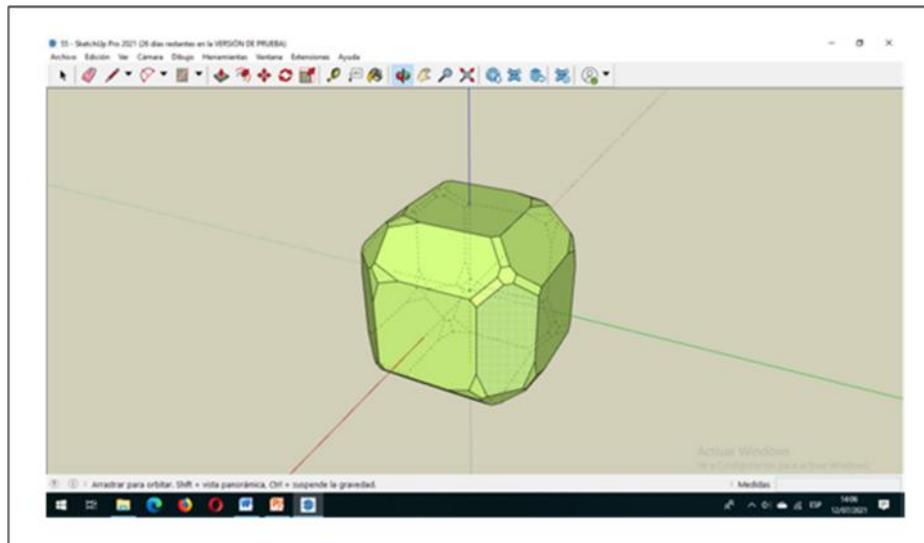


Figura 3.58 Visualización en 3D del modelo 55

3.2.29 Modelo 59

El Modelo 59 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 12 caras, 30 aristas y 20 vértices (Figura 3.59).

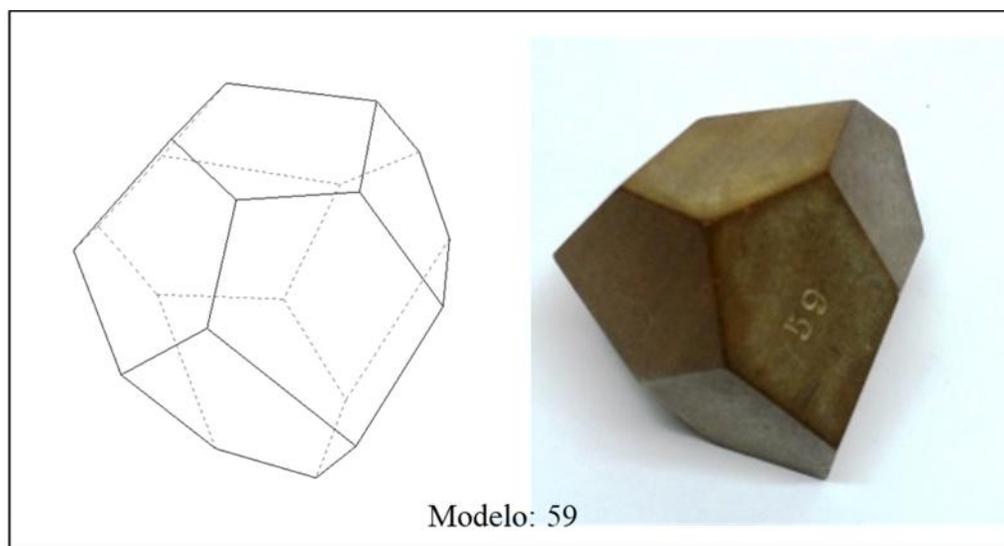


Figura 3.59 Modelo 59 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron cuatro (4) ejes ternarios y tres (3) ejes binarios (Figura 3.60).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_2, 4A_3$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería 23.

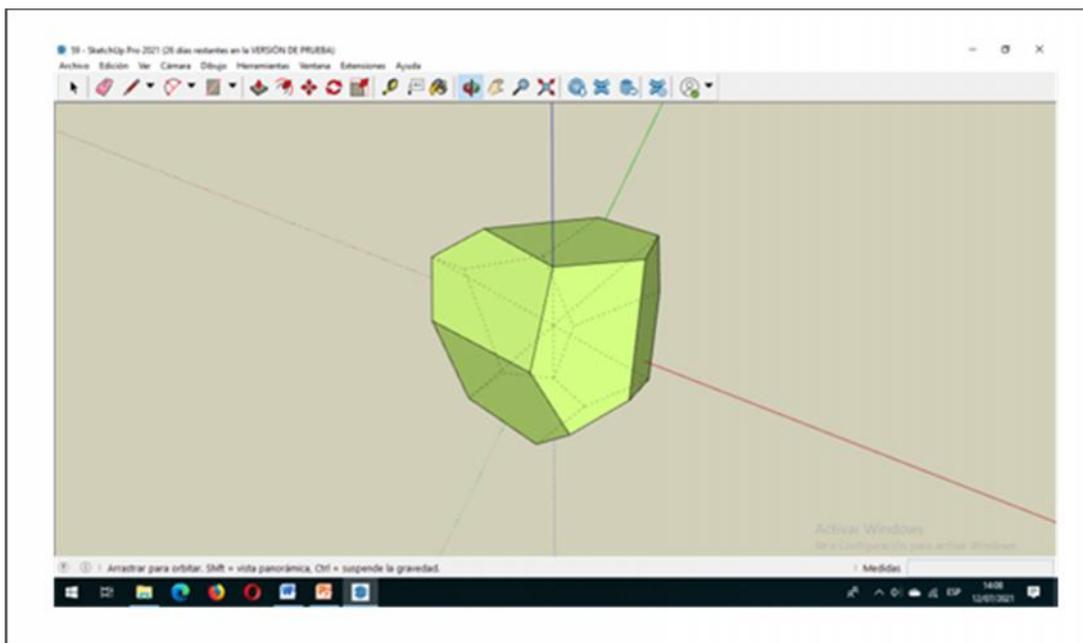


Figura 3.60 Visualización en 3D del modelo 59

3.2.30 Modelo 60

El Modelo 60 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 12 caras, 30 aristas y 20 vértices (Figura 3.61).

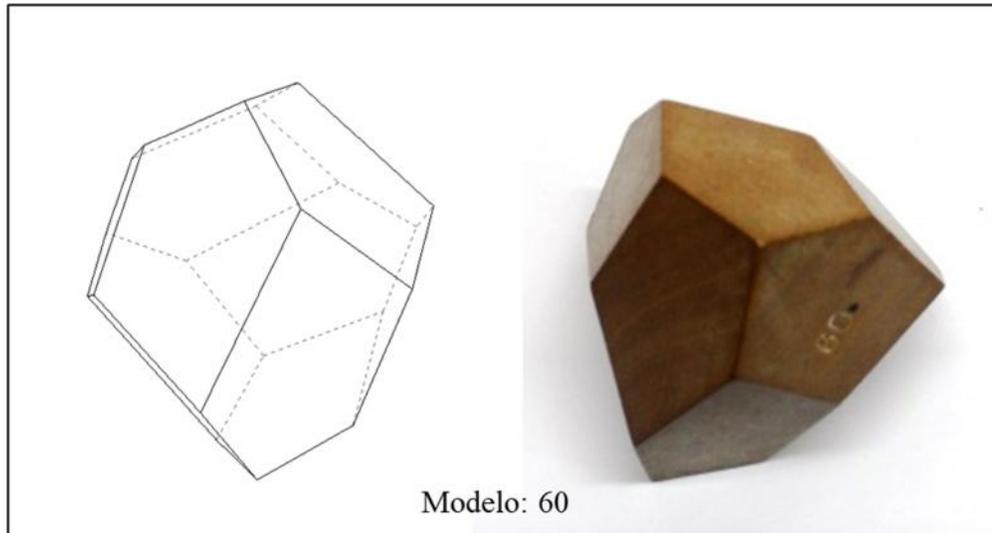


Figura 3.61 Modelo 60 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron cuatro (4) ejes ternarios y tres (3) ejes binarios (Figura 3.62).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $3A_2, 4A_3$ que pertenece al sistema cristalino Isométrico y la clase cristalina sería 23.

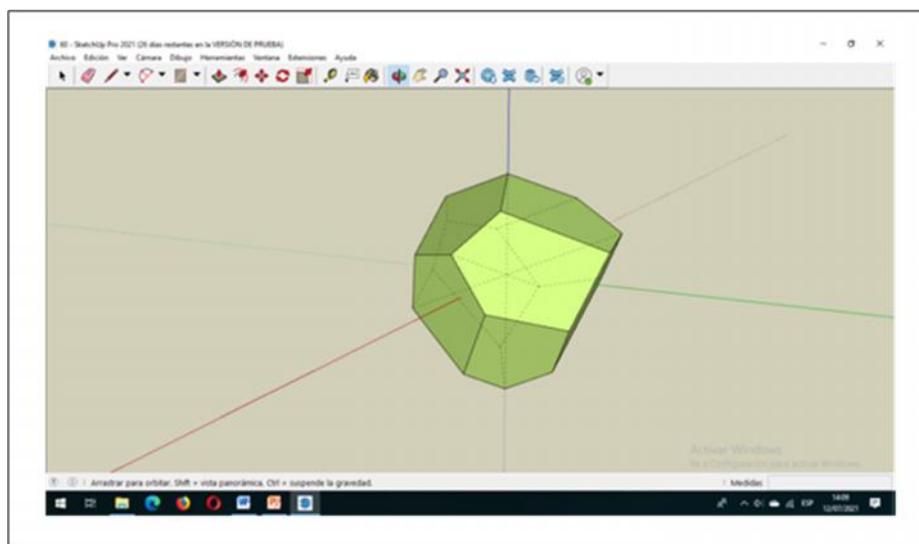


Figura 3.62 Visualización en 3D del modelo 60

3.2.31 Modelo 65

El Modelo 65 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 8 caras, 12 aristas y 6 vértices (Figura 3.63).

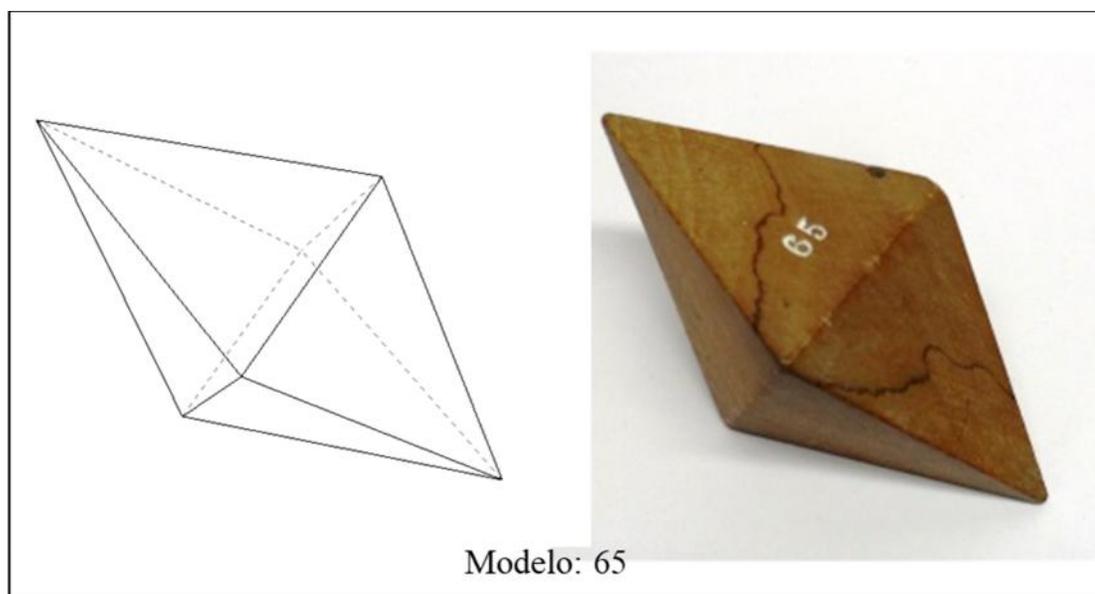


Figura 3.63 Modelo 65 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, cuatro (4) ejes binarios, cinco (5) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.64).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 1A_4, 4A_2, 5m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m2/m2/m$.

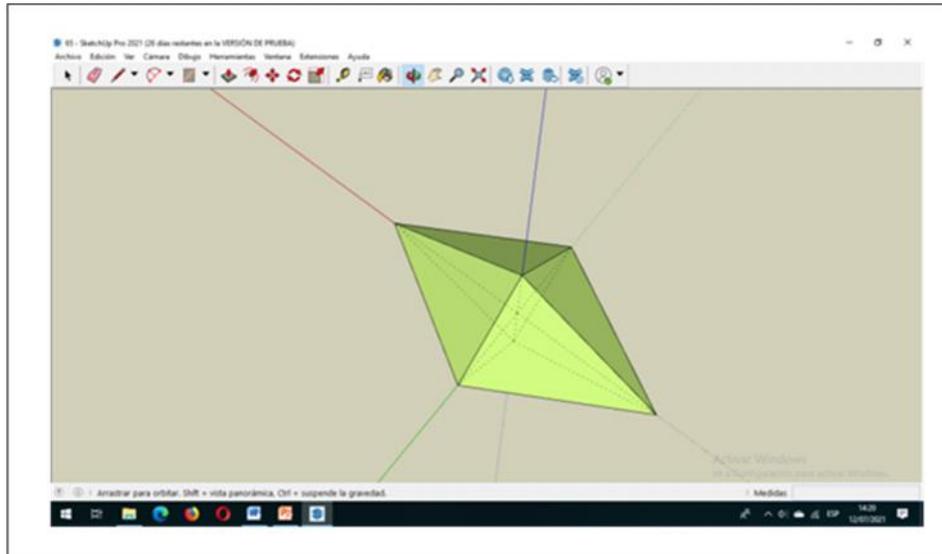


Figura 3.64 Visualización en 3D del modelo 65

3.2.32 Modelo 66

El Modelo 66 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 12 caras, 20 aristas y 10 vértices (Figura 3.65).

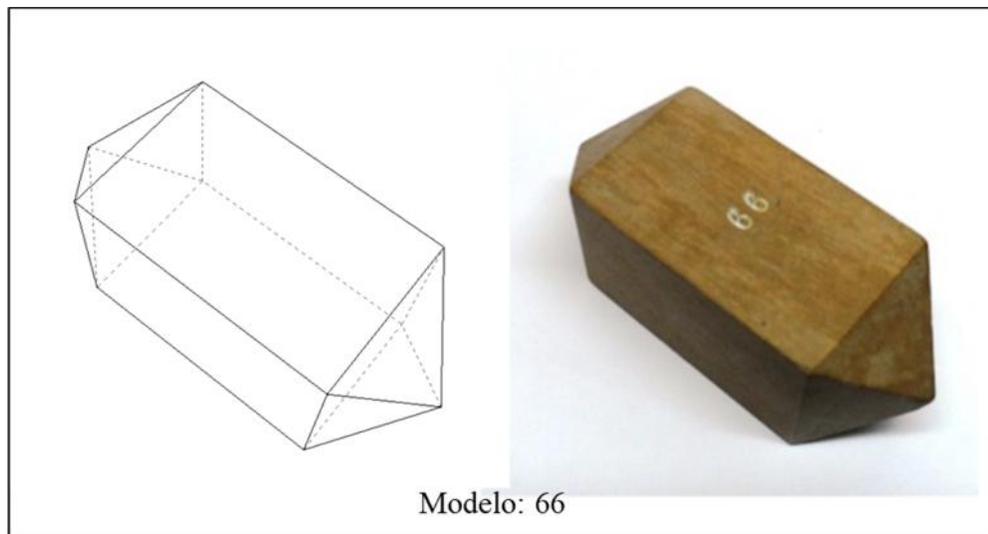


Figura 3.65 Modelo 66 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, cuatro (4) ejes binarios, cinco (5) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.66).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i , $1A_4$, $4A_2$, $5m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m2/m2/m$.

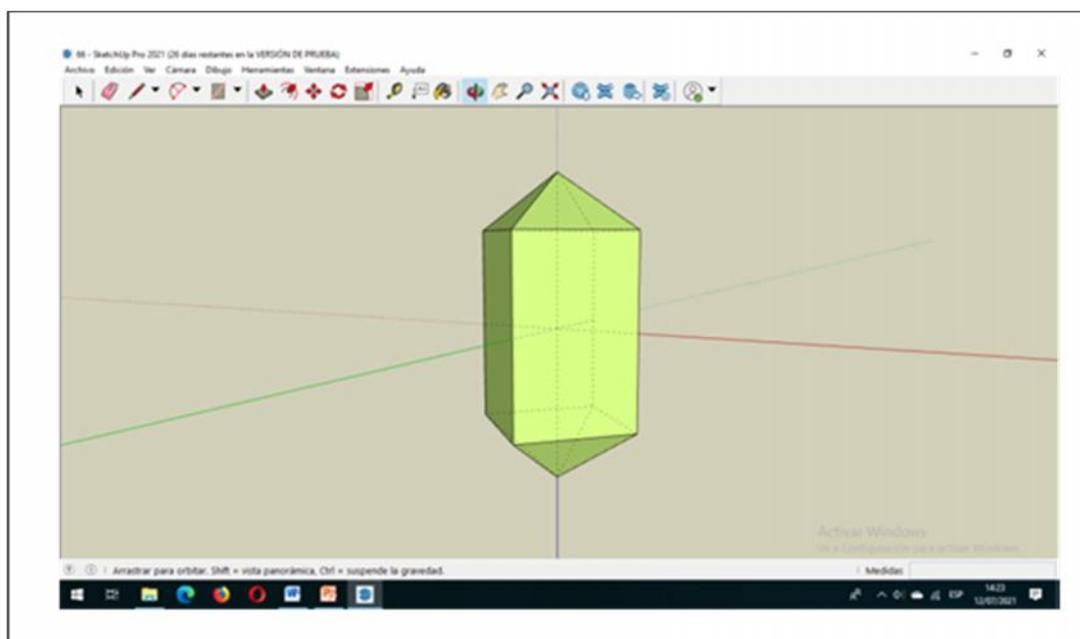


Figura 3.66 Visualización en 3D del modelo 66

3.2.33 Modelo 67

El Modelo 67 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 20 caras, 36 aristas y 18 vértices (Figura 3.67).

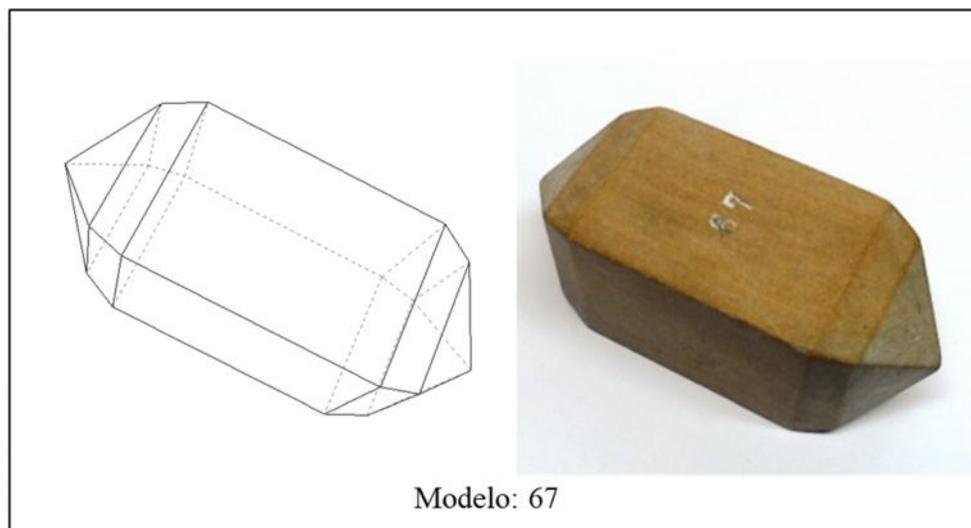


Figura 3.67 Modelo 67 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, cuatro (4) ejes binarios, cinco (5) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.68).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i , $1A_4$, $4A_2$, $5m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m2/m2/m$.

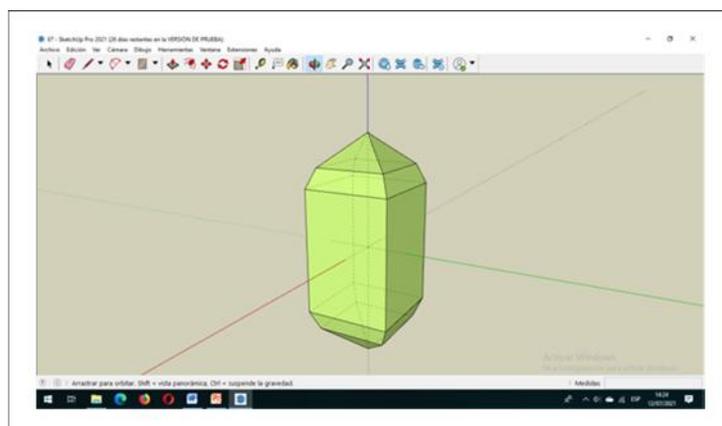


Figura 3.68 Visualización en 3D del modelo 67

3.2.34 Modelo 68

El Modelo 68 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 12 caras, 28 aristas y 18 vértices (Figura 3.69).

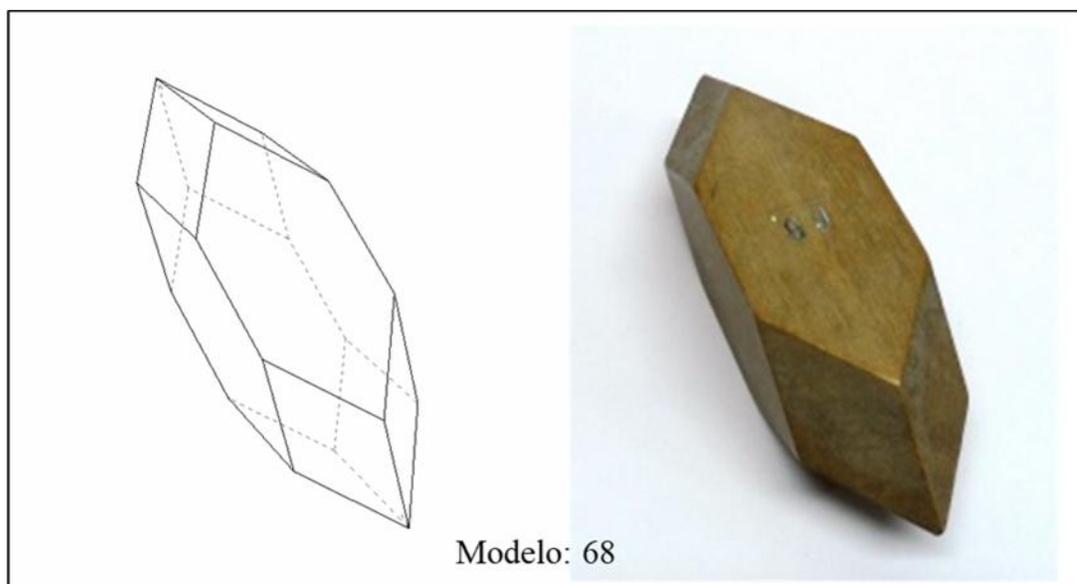


Figura 3.69 Modelo 68 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, cuatro (4) ejes binarios, cinco (5) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.70).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 1A_4, 4A_2, 5m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m2/m2/m$.

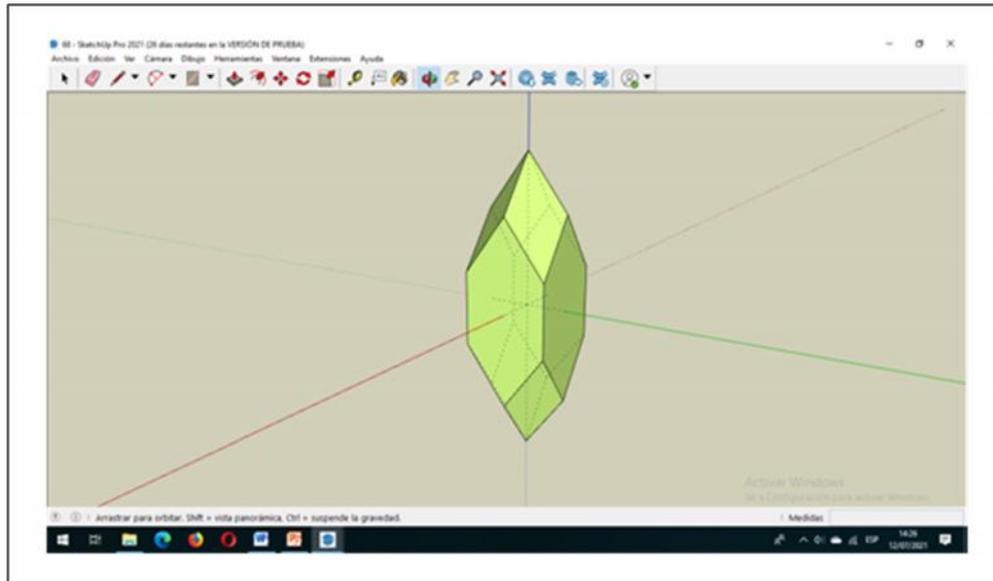


Figura 3.70 Visualización en 3D del modelo 68

3.2.35 Modelo 71

El Modelo 71 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 24 caras, 64 aristas y 42 vértices (Figura 3.71).

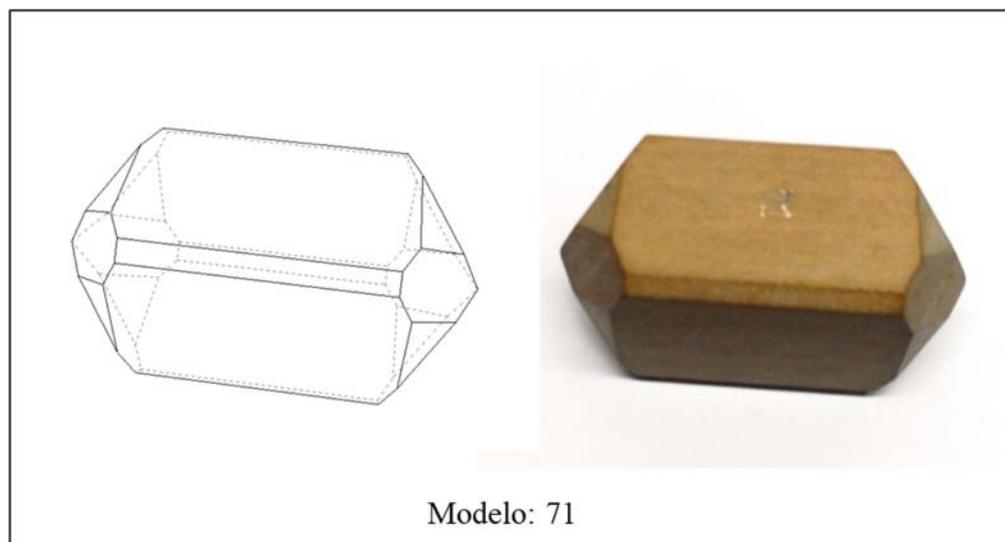


Figura 3.71 Modelo 71 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, cuatro (4) ejes binarios, cinco (5) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.72).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 1A_4, 4A_2, 5m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m2/m2/m$.

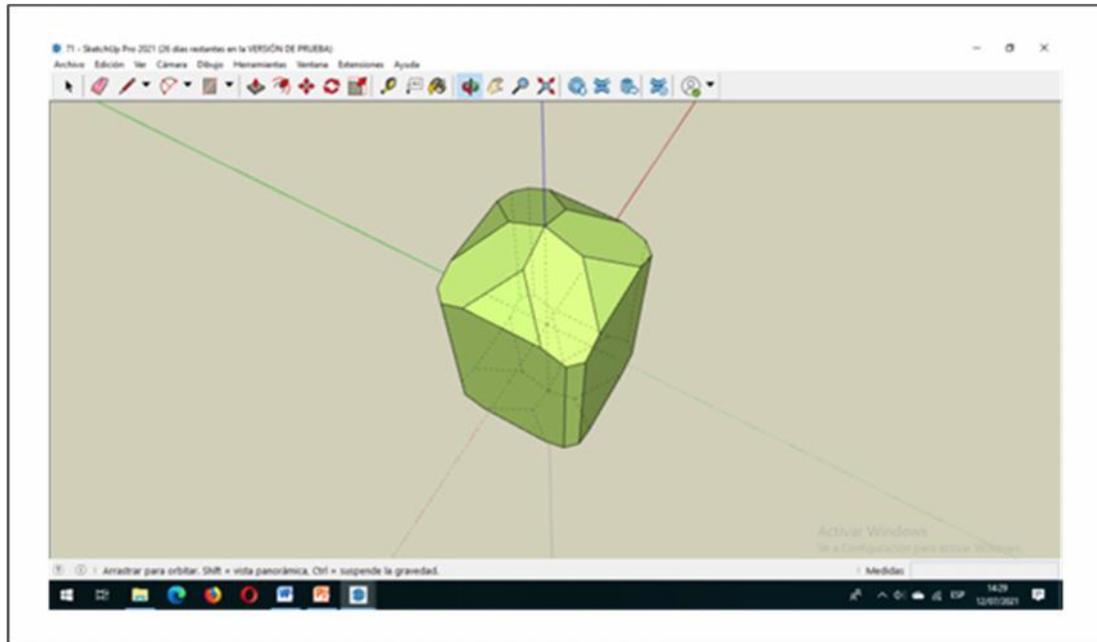


Figura 3.72 Visualización en 3D del modelo 71

3.2.36 Modelo 72

El Modelo 72 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 14 caras, 28 aristas y 16 vértices (Figura 3.73).

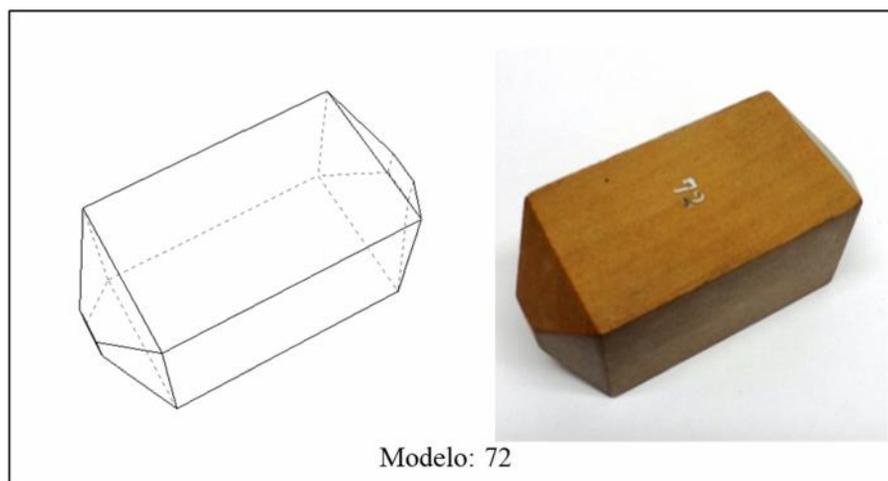


Figura 3.73 Modelo 72 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, cuatro (4) ejes binarios, cinco (5) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.74).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i , $1A_4$, $4A_2$, $5m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m2/m2/m$.

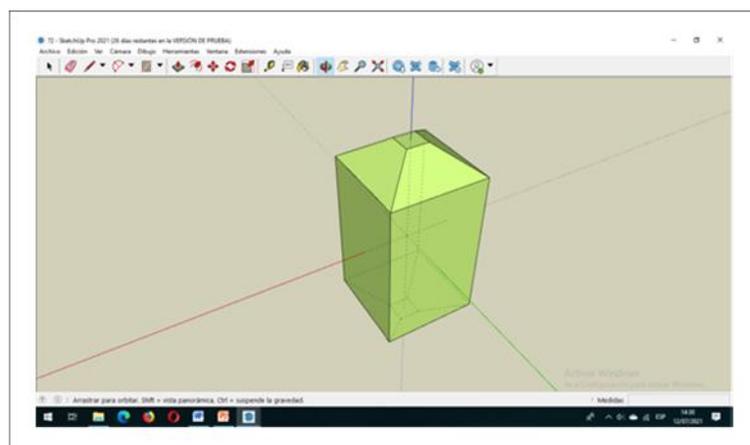


Figura 3.74 Visualización en 3D del modelo 72

3.2.37 Modelo 73

El Modelo 73 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 16 caras, 40 aristas y 26 vértices (Figura 3.75).

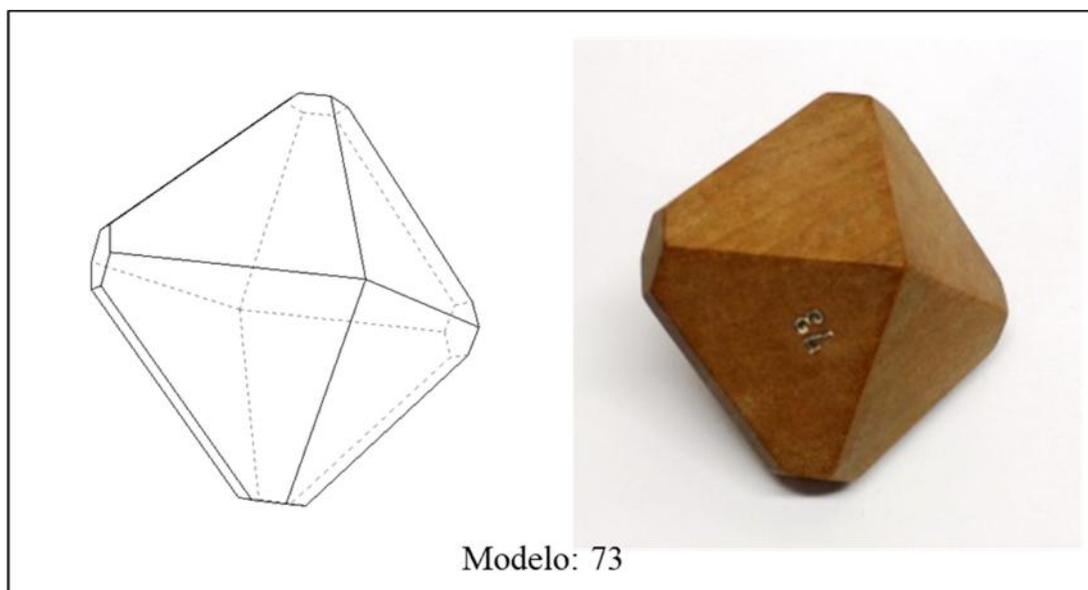


Figura 3.75 Modelo 73 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, cuatro (4) ejes binarios, cinco (5) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.76).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 1A_4, 4A_2, 5m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m2/m2/m$.

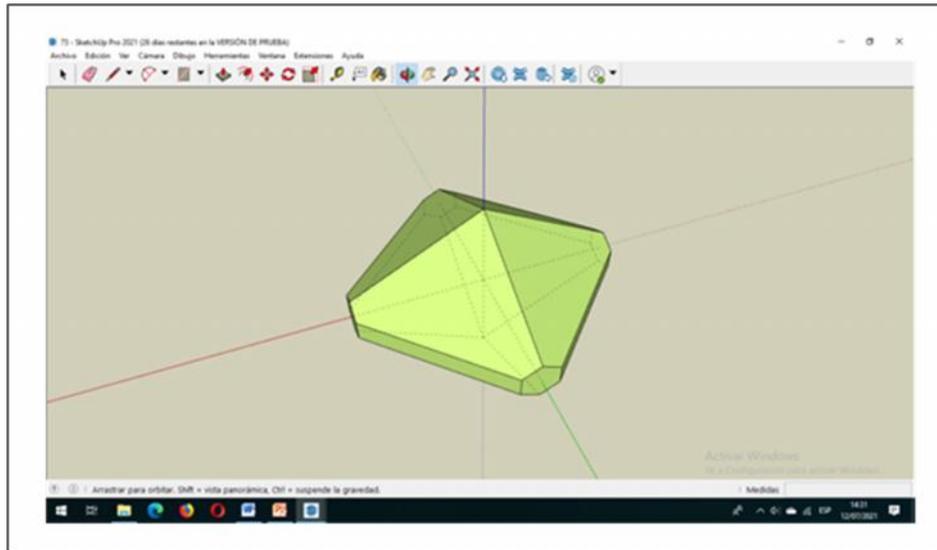


Figura 3.76 Visualización en 3D del modelo 73

3.2.38 Modelo 75

El Modelo 75 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 18 caras, 48 aristas y 32 vértices (Figura 3.77).

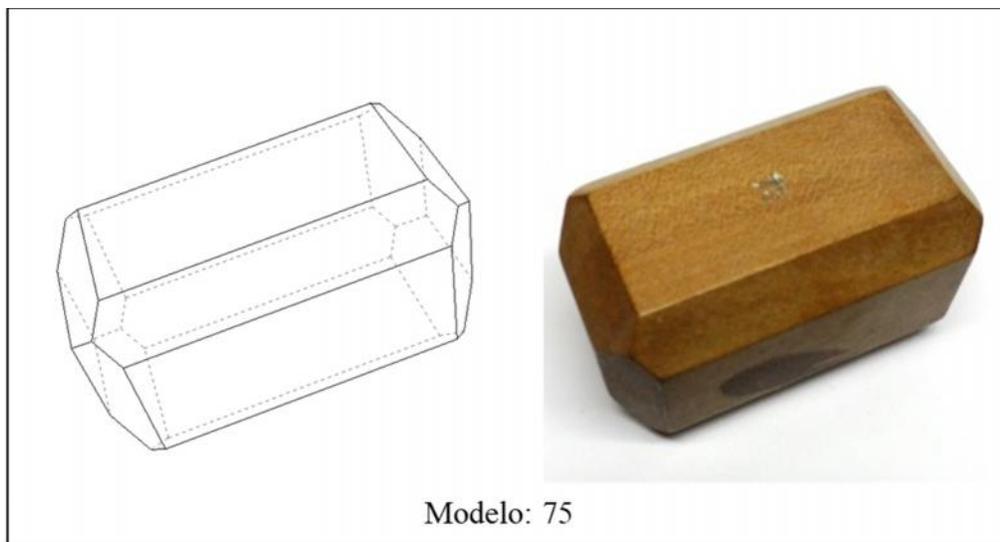


Figura 3.77 Modelo 75 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, cuatro (4) ejes binarios, cinco (5) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.78).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 1A_4, 4A_2, 5m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m2/m2/m$.

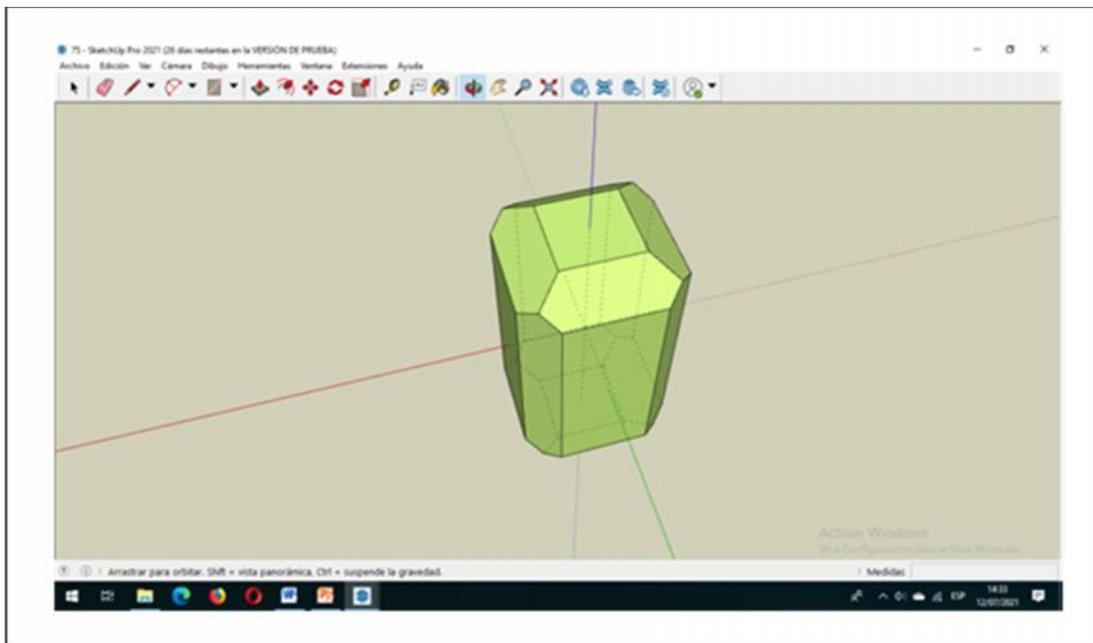


Figura 3.78 Visualización en 3D del modelo 75

3.2.39 Modelo 76

El Modelo 76 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 22 caras, 60 aristas y 40 vértices (Figura 3.79).

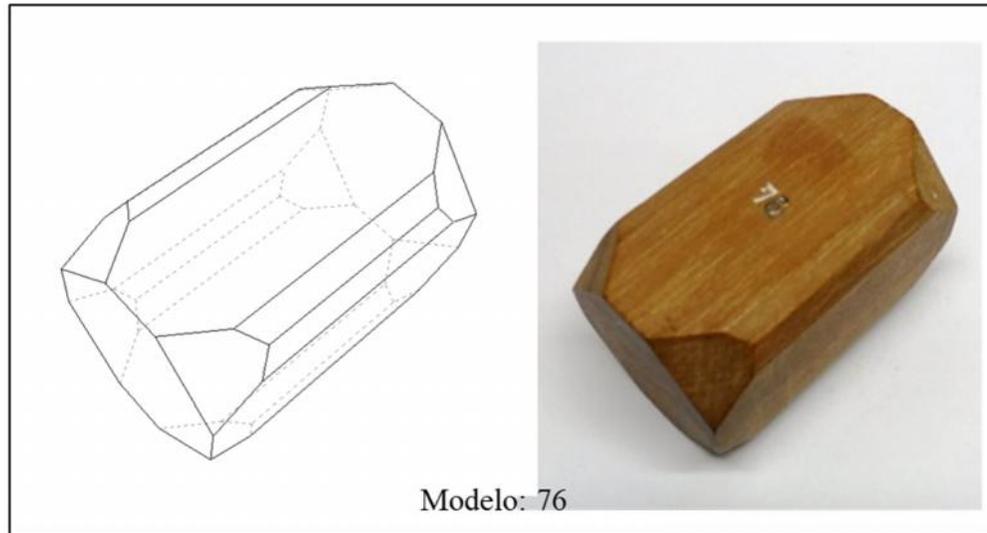


Figura 3.79 Modelo 76 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, cuatro (4) ejes binarios, cinco (5) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.80).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 1A_4, 4A_2, 5m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m2/m2/m$.

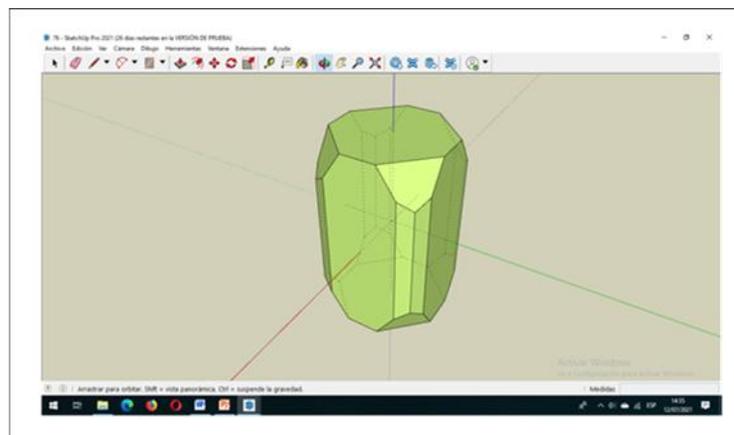


Figura 3.80 Visualización en 3D del modelo 76

3.2.40 Modelo 77

El Modelo 77 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 46 caras, 116 aristas y 72 vértices (Figura 3.81).

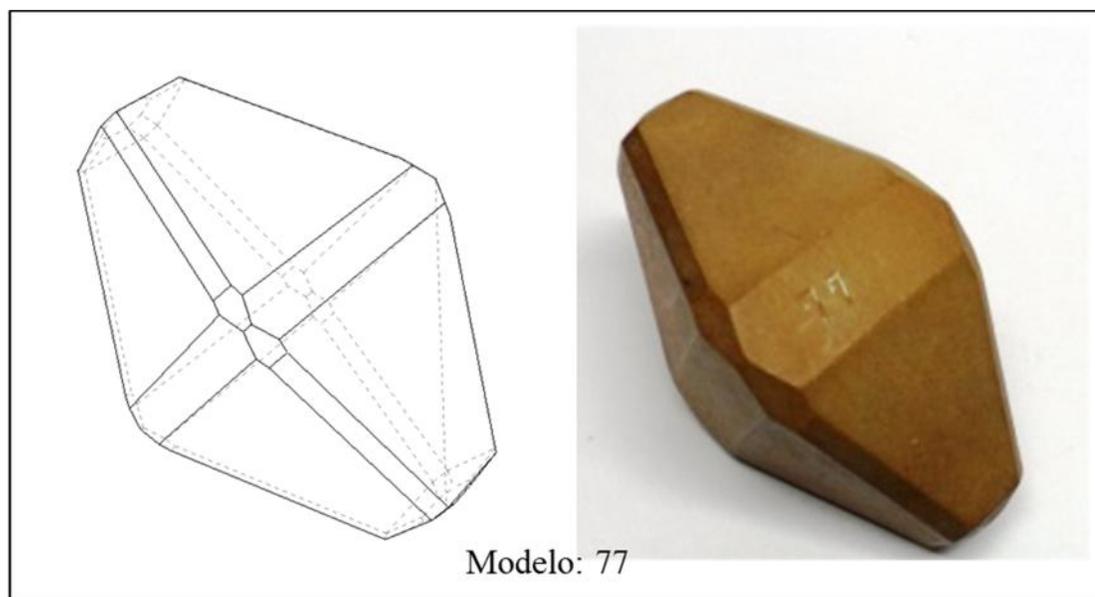


Figura 3.81 Modelo 77 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, cuatro (4) ejes binarios, cinco (5) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.82).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 1A_4, 4A_2, 5m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m2/m2/m$.

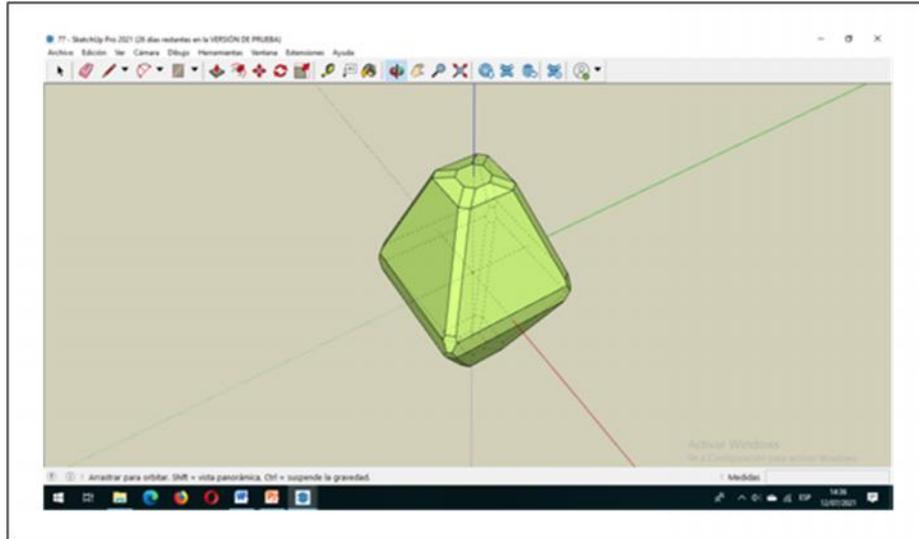


Figura 3.82 Visualización en 3D del modelo 77

3.2.41 Modelo 78

El Modelo 78 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 16 caras, 24 aristas y 10 vértices (Figura 3.83).

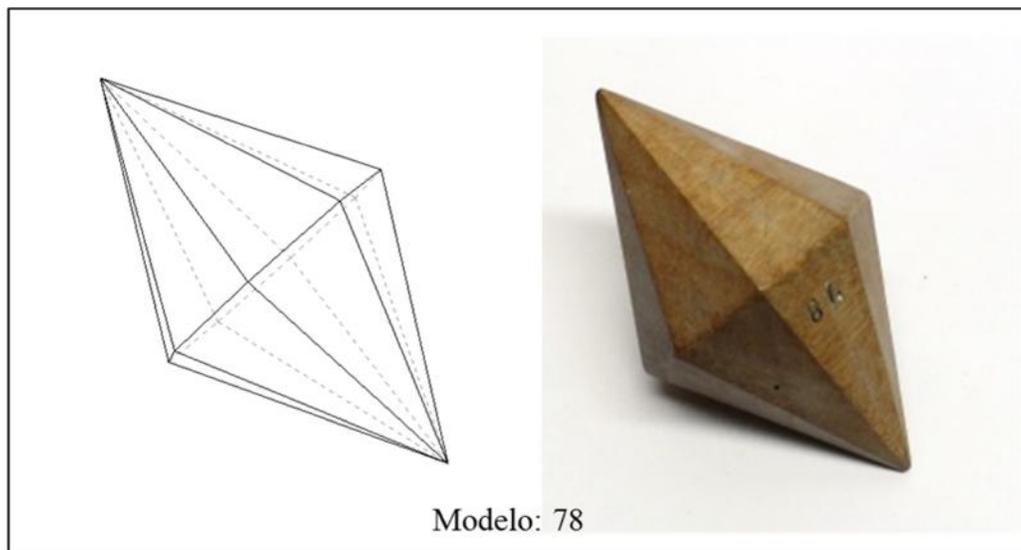


Figura 3.83 Modelo 78 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, cuatro (4) ejes binarios, cinco (5) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.84).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 1A_4, 4A_2, 5m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m2/m2/m$.

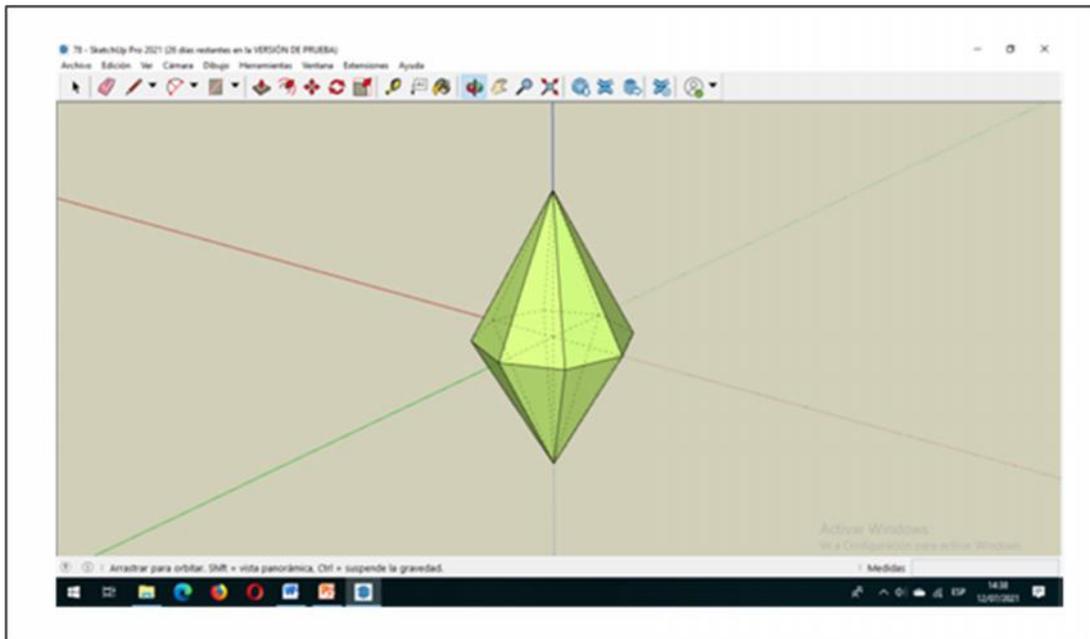


Figura 3.84 Visualización en 3D del modelo 78

3.2.42 Modelo 79

El Modelo 79 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 32 caras, 80 aristas y 50 vértices (Figura 3.85).

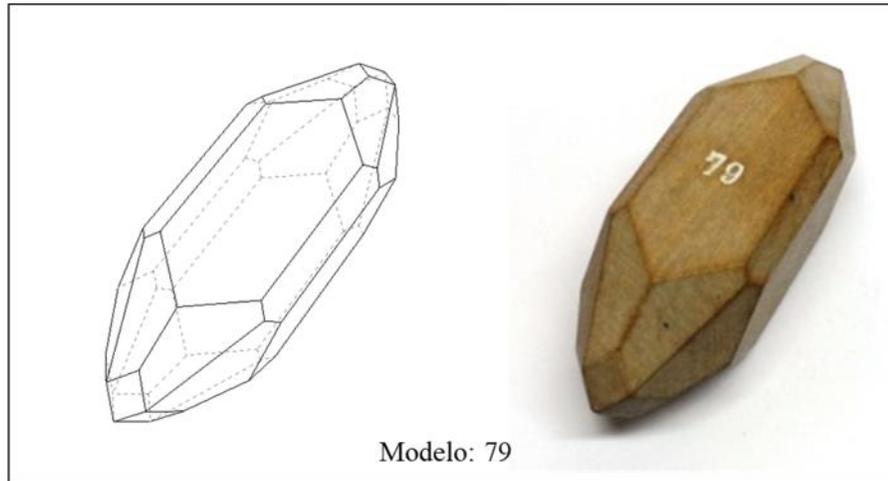


Figura 3.85 Modelo 79 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, cuatro (4) ejes binarios, cinco (5) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.86).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i , $1A_4$, $4A_2$, $5m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m2/m2/m$.

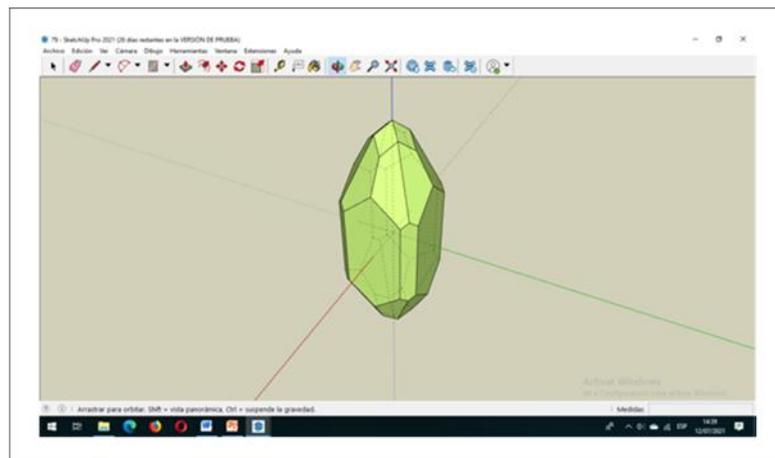


Figura 3.86 Visualización en 3D del modelo 79

3.2.43 Modelo 83

El Modelo 83 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 8 caras, 12 aristas y 6 vértices (Figura 3.87).

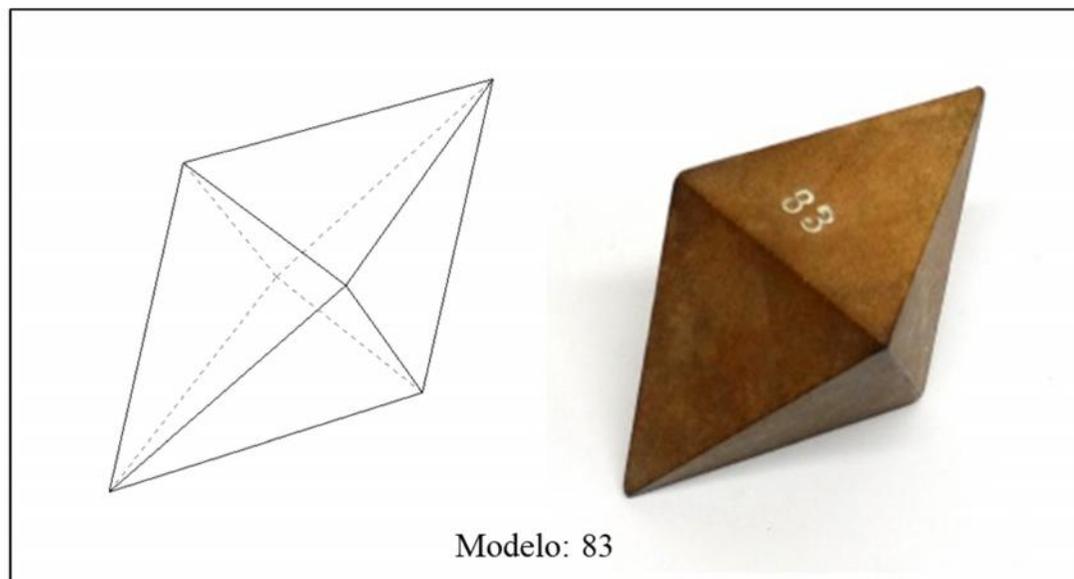


Figura 3.87 Modelo 83 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, cuatro (4) ejes binarios, cinco (5) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.88).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 1A_4, 4A_2, 5m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m2/m2/m$.

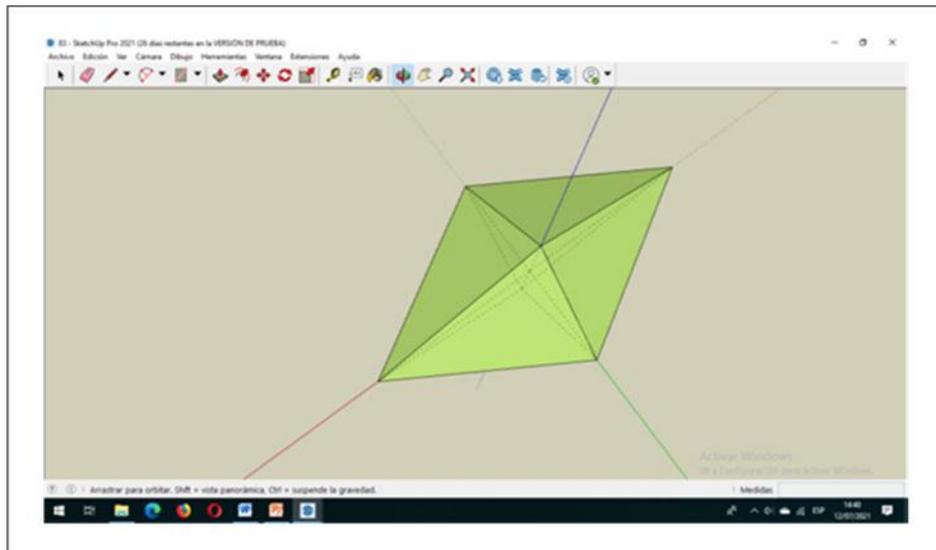


Figura 3.88 Visualización en 3D del modelo 83

3.2.44 Modelo 84

El Modelo 84 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 16 caras, 32 aristas y 18 vértices (Figura 3.89).

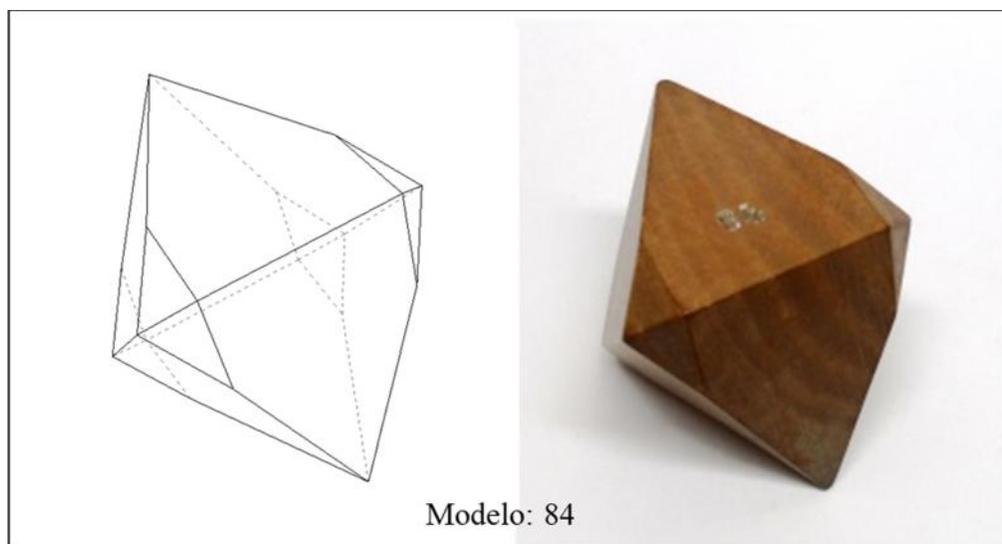


Figura 3.89 Modelo 84 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, cuatro (4) ejes binarios, cinco (5) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.90).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 1A_4, 4A_2, 5m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m2/m2/m$.

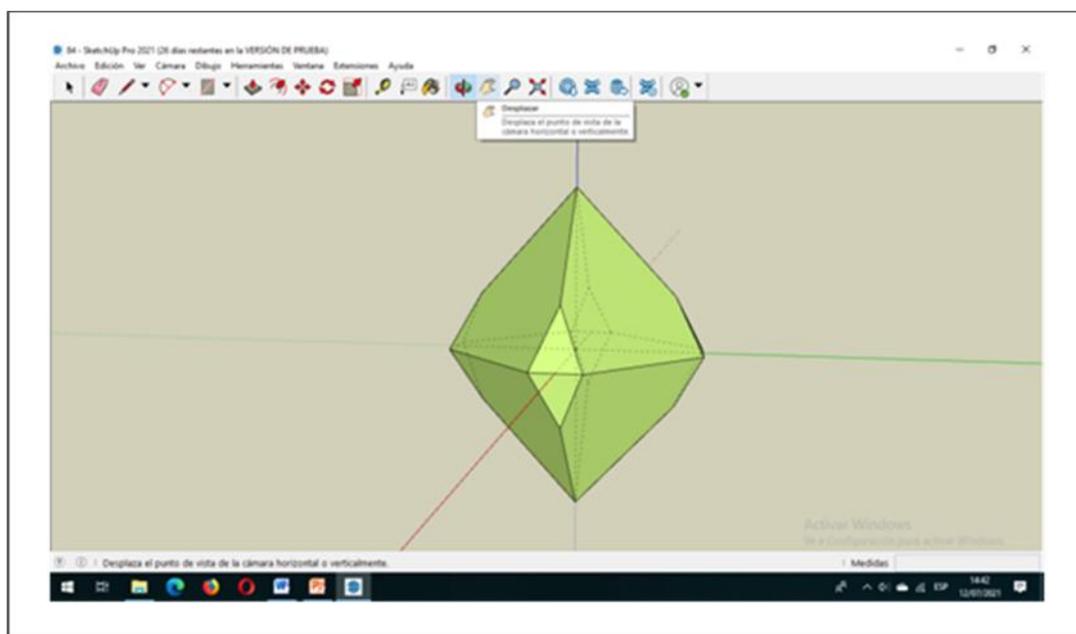


Figura 3.90 Visualización en 3D del modelo 84

3.2.45 Modelo 85

El Modelo 85 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 32 caras, 72 aristas y 42 vértices (Figura 3.91).

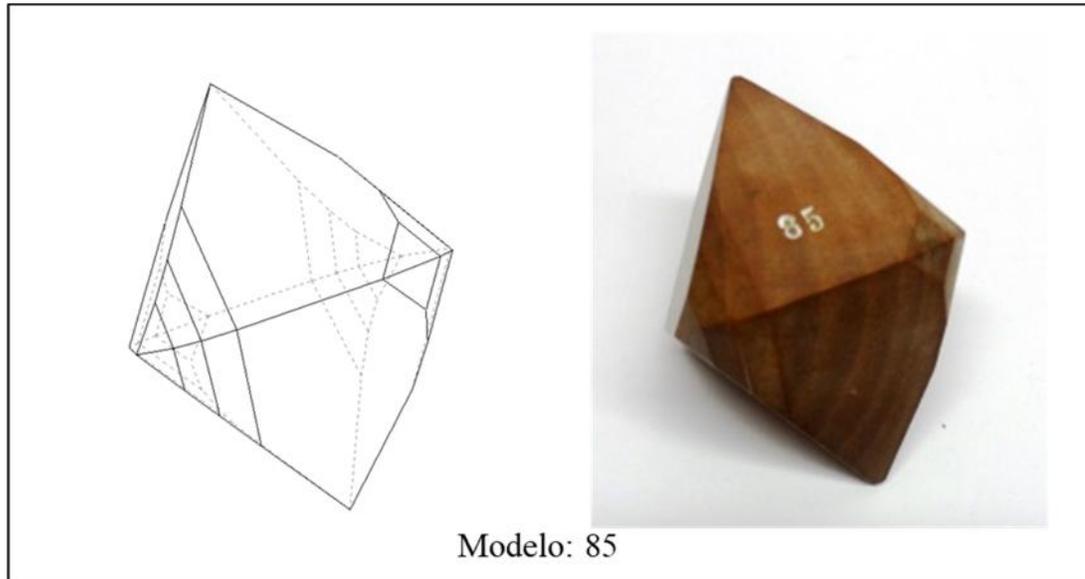


Figura 3.91 Modelo 85 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, un (1) plano de simetría y un centro de simetría (Figura 3.92).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 1A_4, 1m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m$.

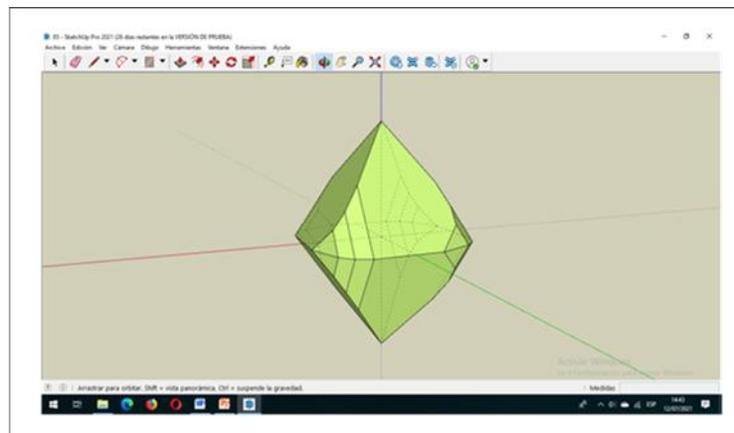


Figura 3.92 Visualización en 3D del modelo 85

3.2.46 Modelo 87

El Modelo 87 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 18 caras, 48 aristas y 32 vértices (Figura 3.93).

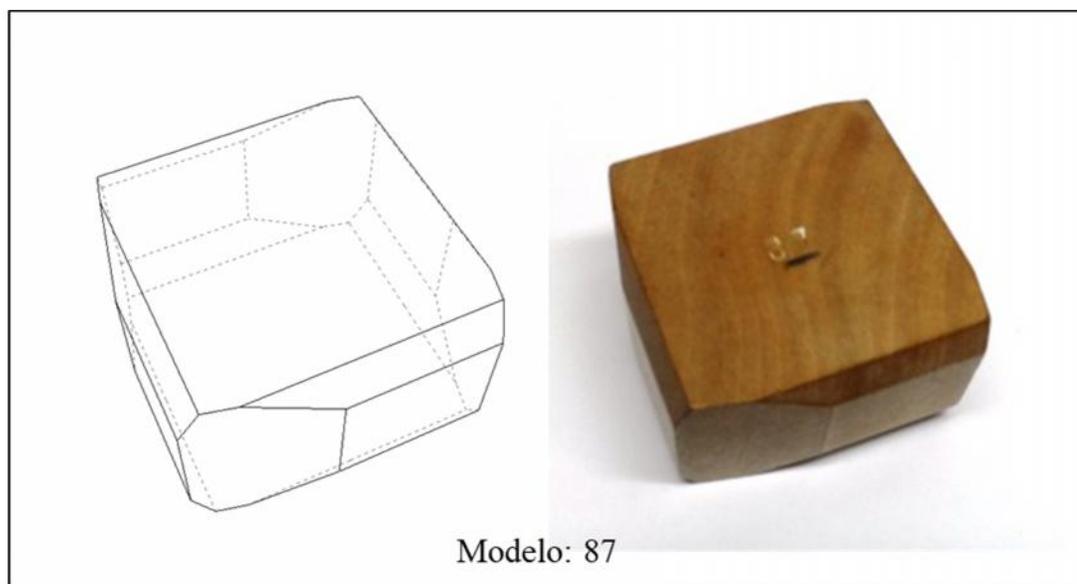


Figura 3.93 Modelo 87 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, un (1) plano de simetría y un centro de simetría (Figura 3.94).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 1A_4, 1m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m$.

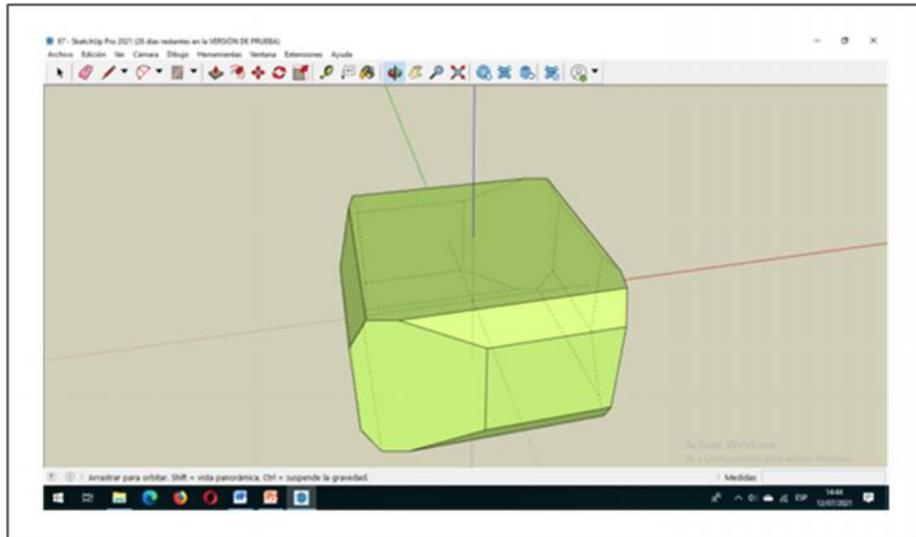


Figura 3.94 Visualización en 3D del modelo 87

3.2.47 Modelo 88

El Modelo 88 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 30 caras, 72 aristas y 44 vértices (Figura 3.95).

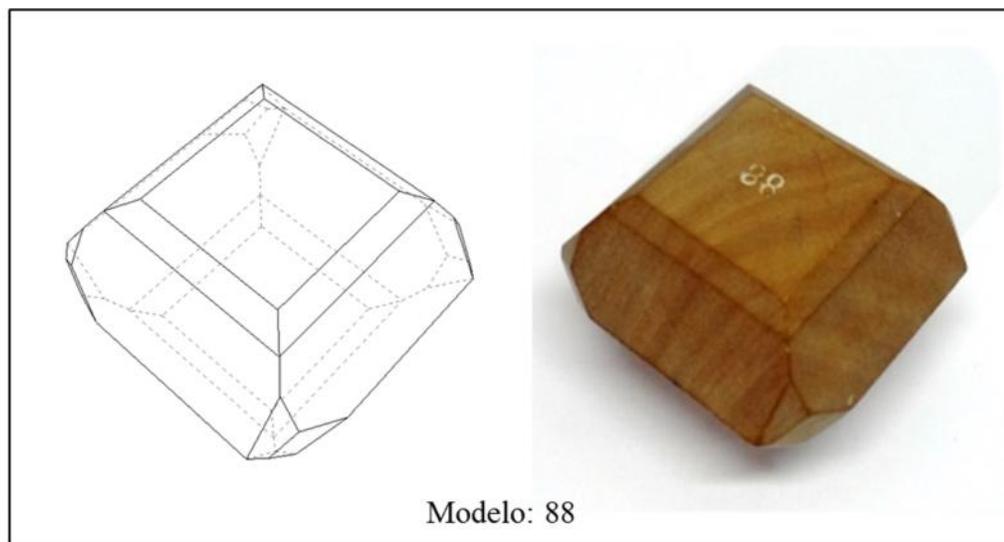


Figura 3.95 Modelo 88 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario, un (1) plano de simetría y un centro de simetría (Figura 3.96).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 1A_4, 1m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $4/m$.

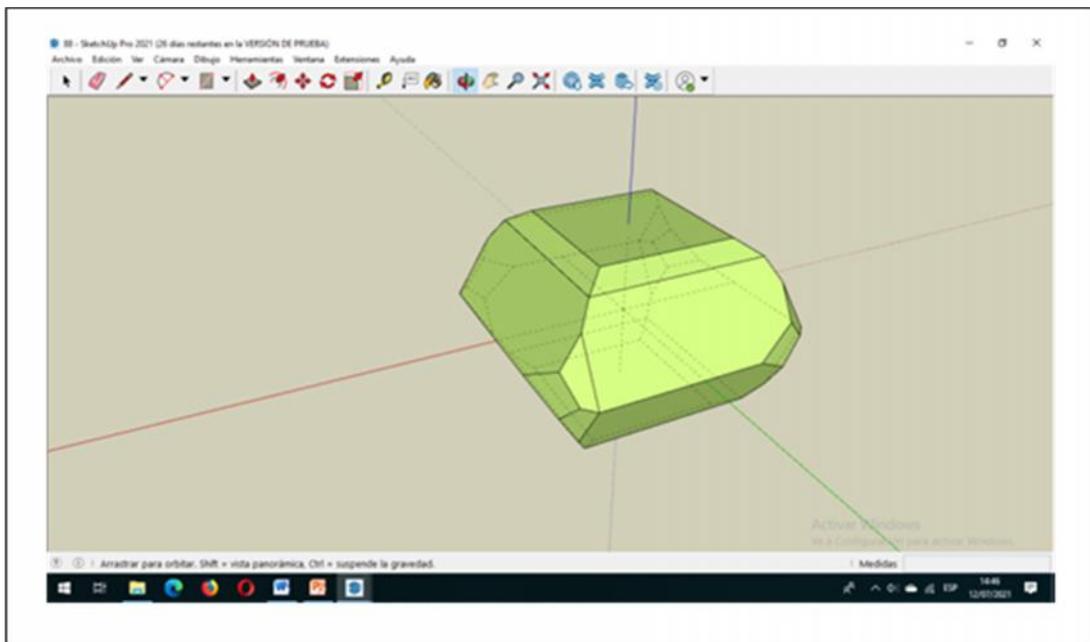


Figura 3.96 Visualización en 3D del modelo 88

3.2.48 Modelo 89

El Modelo 89 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 20 caras, 52 aristas y 34 vértices (Figura 3.97).

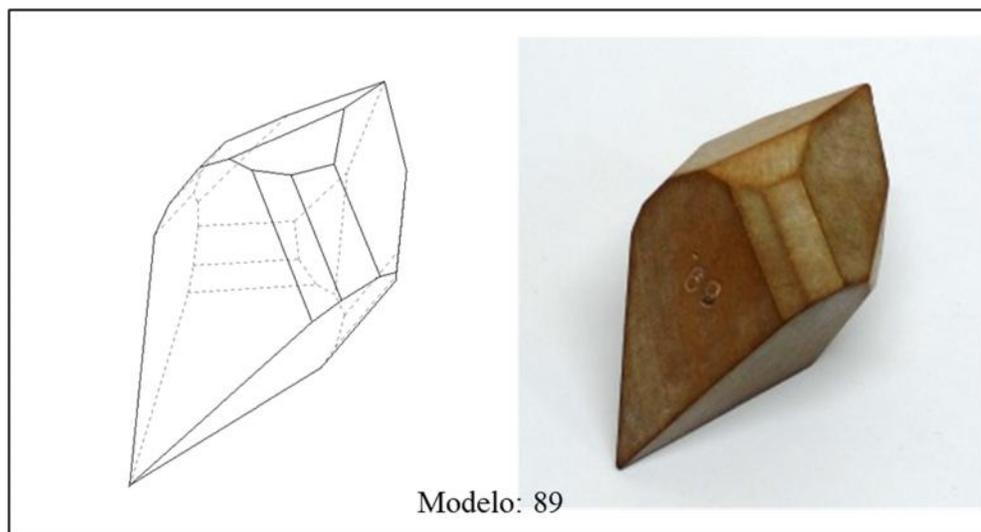


Figura 3.97 Modelo 89 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificó solo un (1) eje cuaternario sin planos ni centro de simetría (Figura 3.97).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $1A_4$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería 4.

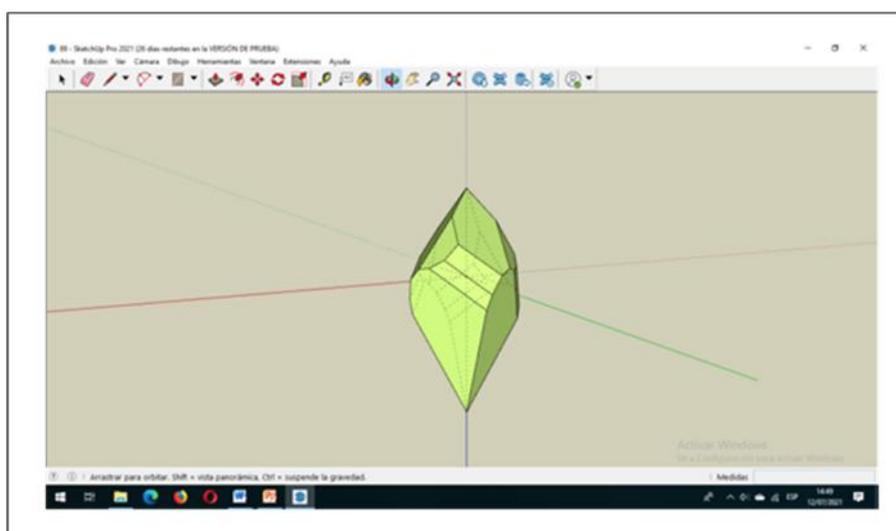


Figura 3.98 Visualización en 3D del modelo 89

3.2.49 Modelo 90

El Modelo 90 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 4 caras, 6 aristas y 4 vértices (Figura 3.99).

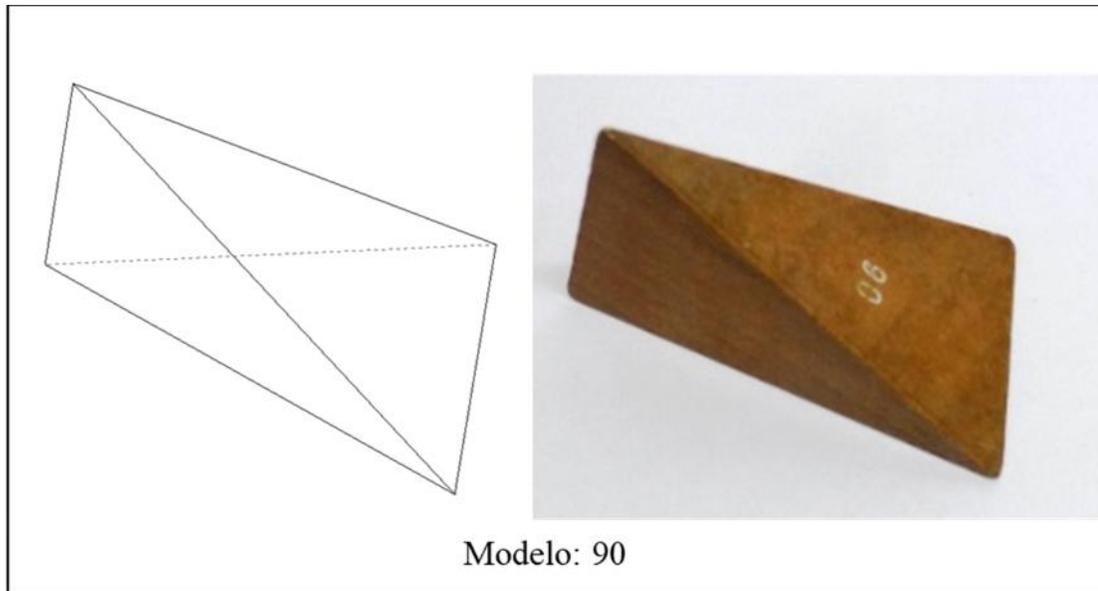


Figura 3.99 Modelo 90 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario (de inversión rotatoria), dos (2) ejes binarios, dos (2) planos de simetría (Figura 3.100).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $1_4, 2A_2, 2m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $\bar{4}2m$.

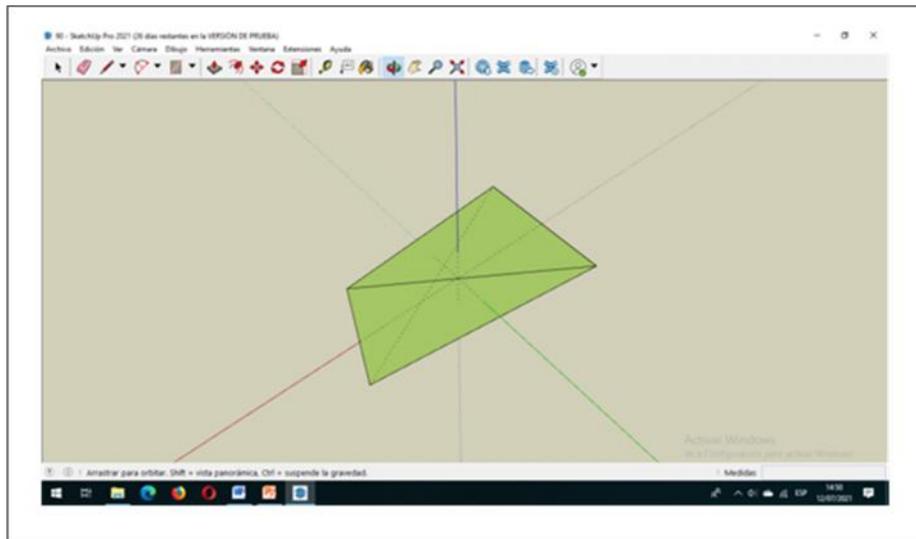


Figura 3.100 Visualización en 3D del modelo 90

3.2.50 Modelo 91

El Modelo 91 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 8 caras, 12 aristas y 6 vértices (Figura 3.101).

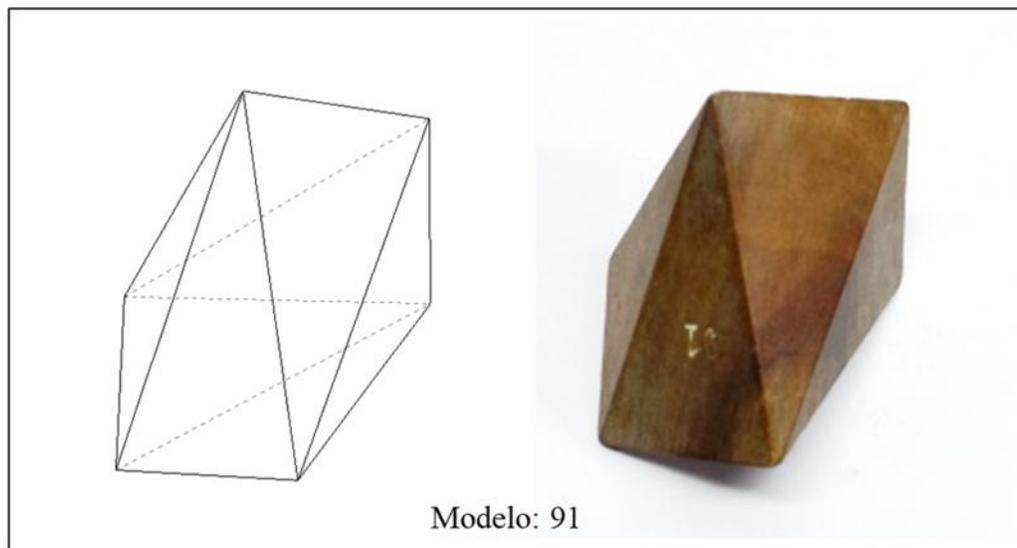


Figura 3.101 Modelo 91 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario (de inversión rotatoria), dos (2) ejes binarios, dos (2) planos de simetría (Figura 3.102).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $1_4, 2A_2, 2m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $\bar{4}2m$.

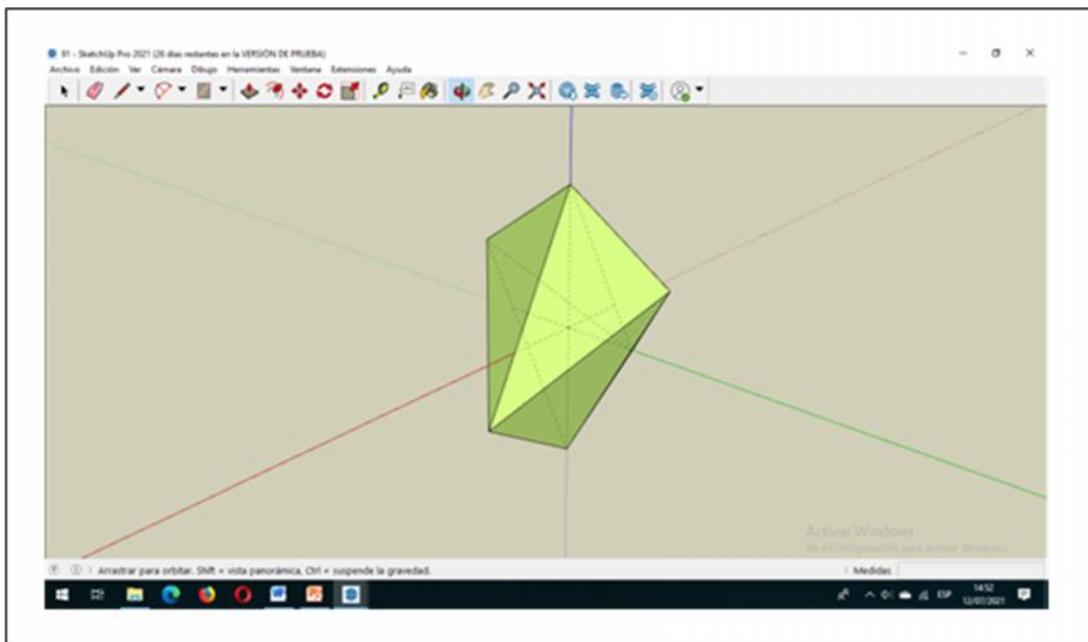


Figura 3.102 Visualización en 3D del modelo 91

3.2.51 Modelo 93

El Modelo 93 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 26 caras, 68 aristas y 44 vértices (Figura 3.103).

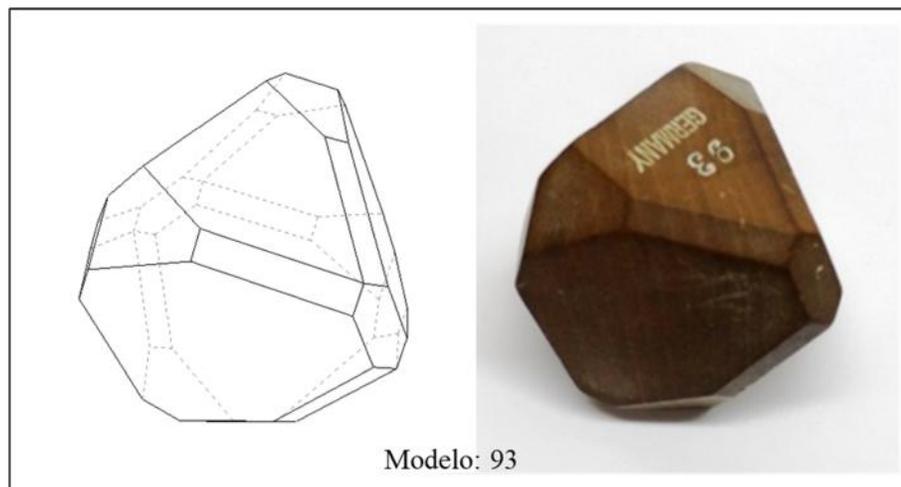


Figura 3.103 Modelo 93 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario (de inversión rotatoria), dos (2) ejes binarios, dos (2) planos de simetría (Figura 3.104).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $1_4, 2A_2, 2m$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería $\bar{4}2m$.

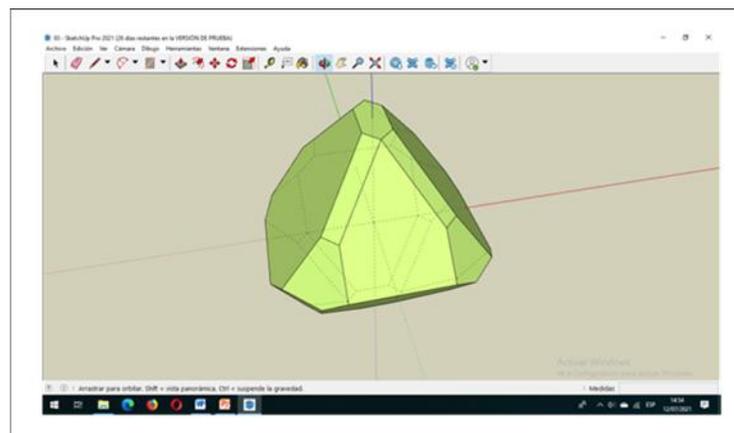


Figura 3.104 Visualización en 3D del modelo 93

3.2.52 Modelo 95

El Modelo 95 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 8 caras, 16 aristas y 10 vértices (Figura 3.105).

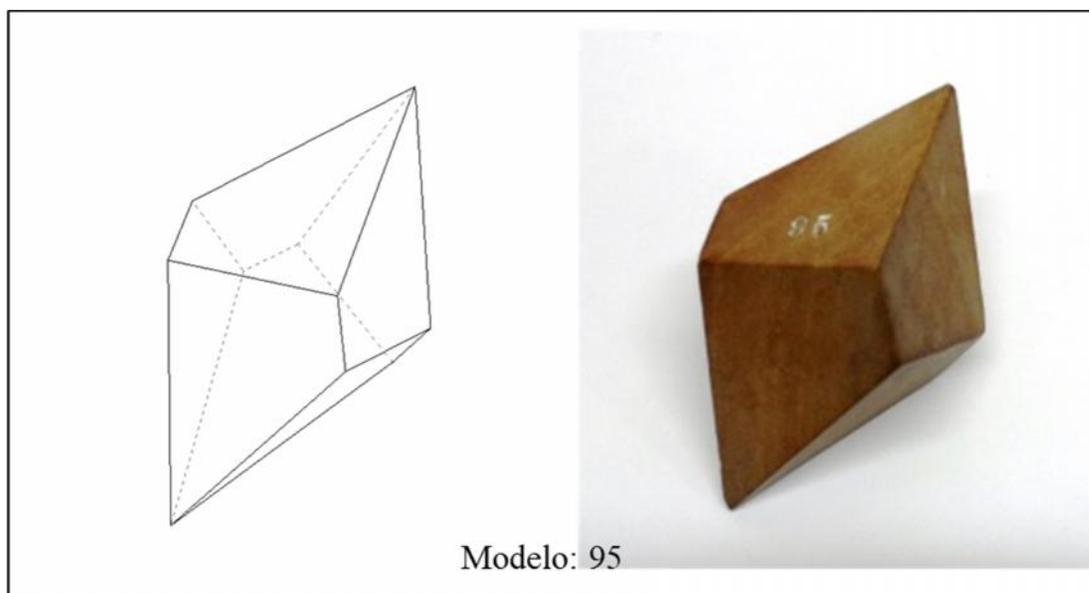


Figura 3.105 Modelo 95 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje cuaternario y cuatro (4) ejes binarios (Figura 3.106).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $1A_4, 4A_2$ que pertenece al sistema cristalino Tetragonal y la clase cristalina sería 422.

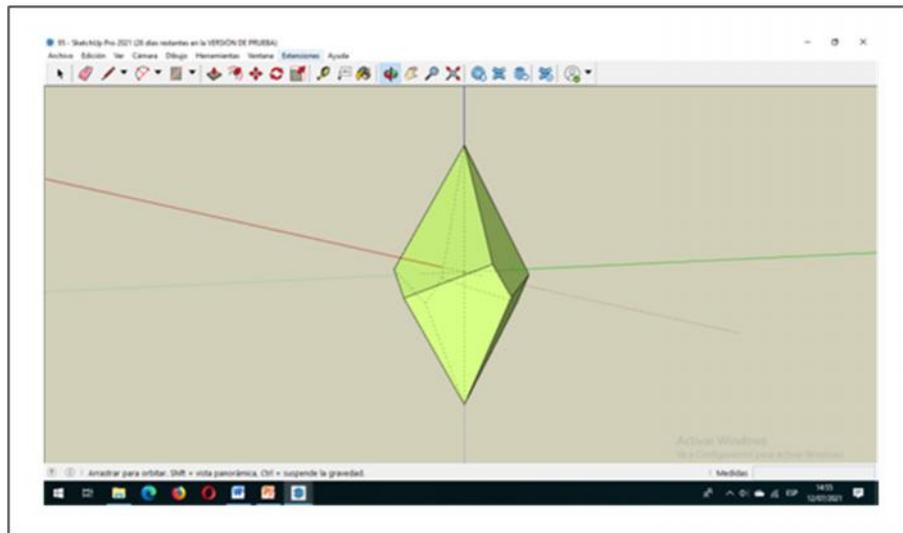


Figura 3.106 Visualización en 3D del modelo 95

3.2.53 Modelo 120

El Modelo 120 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 8 caras, 12 aristas y 6 vértices (Figura 3.107).

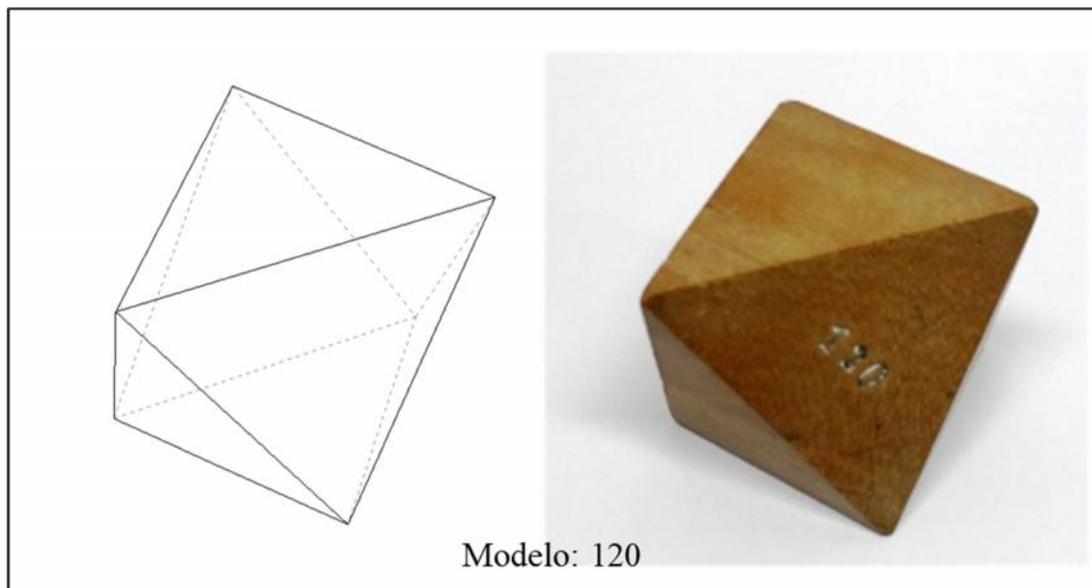


Figura 3.107 Modelo 120 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje ternario (de inversión rotatoria), tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.108).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $1\ 3, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Hexagonal y la clase cristalina sería $\bar{3}2/m$.

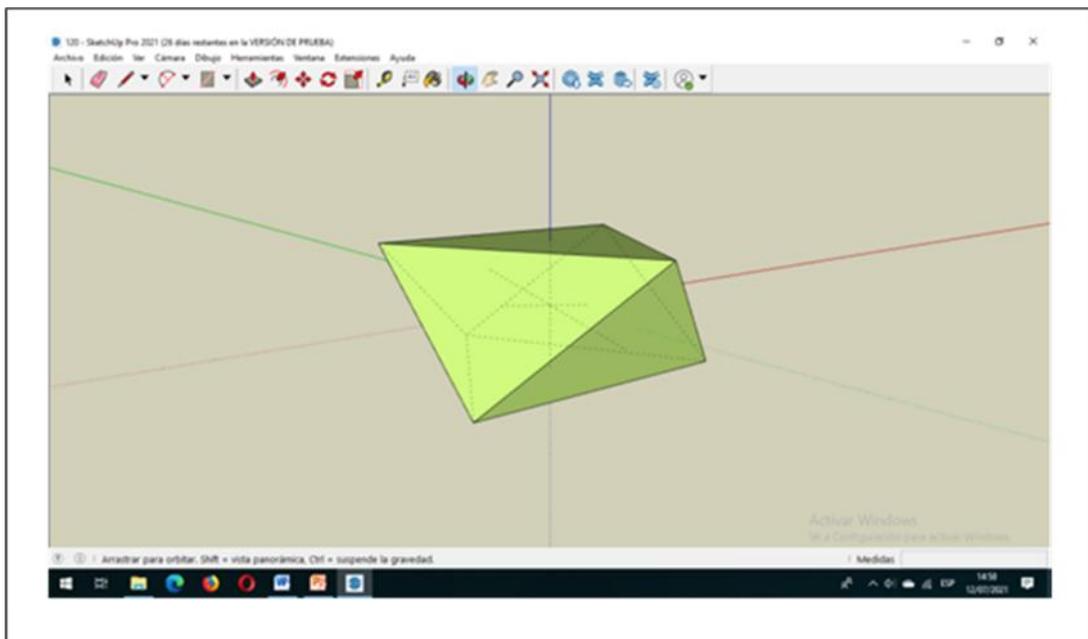


Figura 3.108 Visualización en 3D del modelo 120

3.2.54 Modelo 121

El Modelo 121 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 14 caras, 36 aristas y 24 vértices (Figura 3.109).

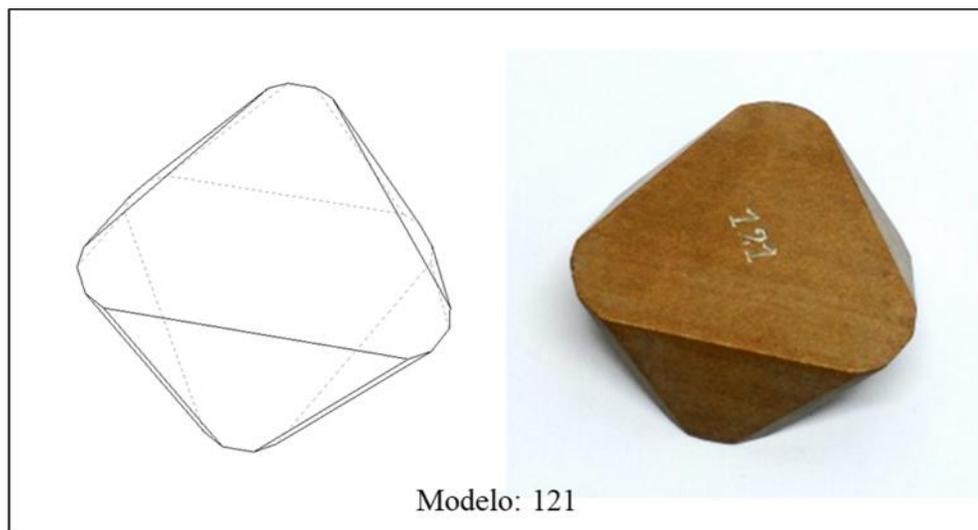


Figura 3.109 Modelo 121 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje ternario (de inversión rotatoria), tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.110).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $1_{-3}, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Hexagonal y la clase cristalina sería $\bar{3}2/m$.

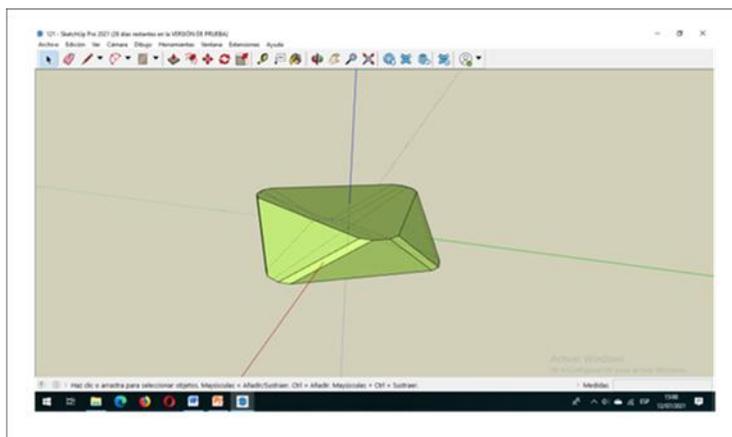


Figura 3.110 Visualización en 3D del modelo 121

3.2.55 Modelo 128

El Modelo 128 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 20 caras, 42 aristas y 24 vértices (Figura 3.111).

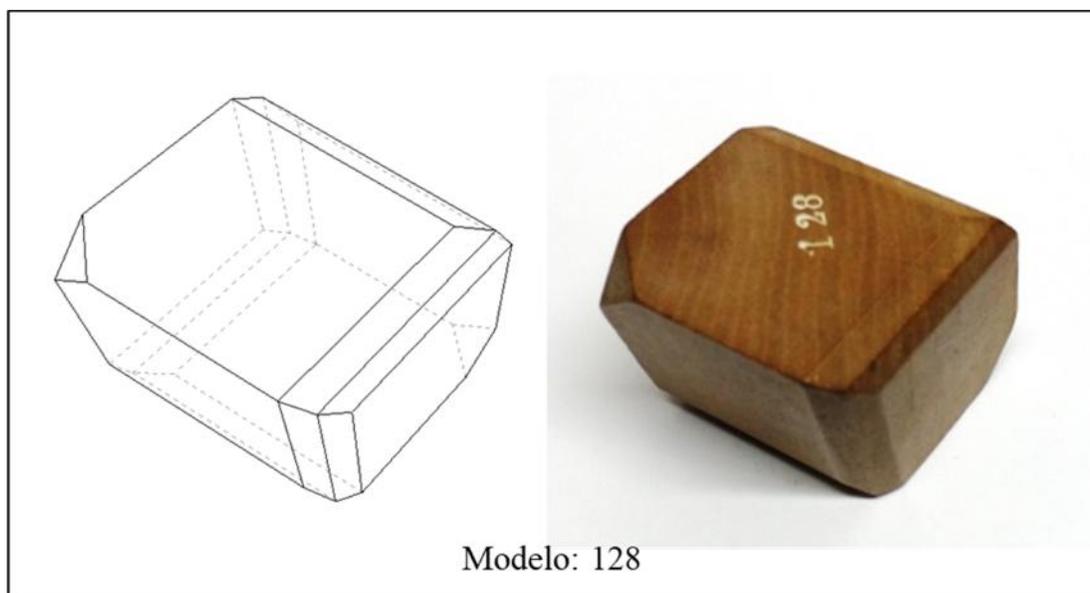


Figura 3.111 Modelo 128 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje ternario (de inversión rotatoria), tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.112).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $1_3, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Hexagonal y la clase cristalina sería $\bar{3}2/m$.

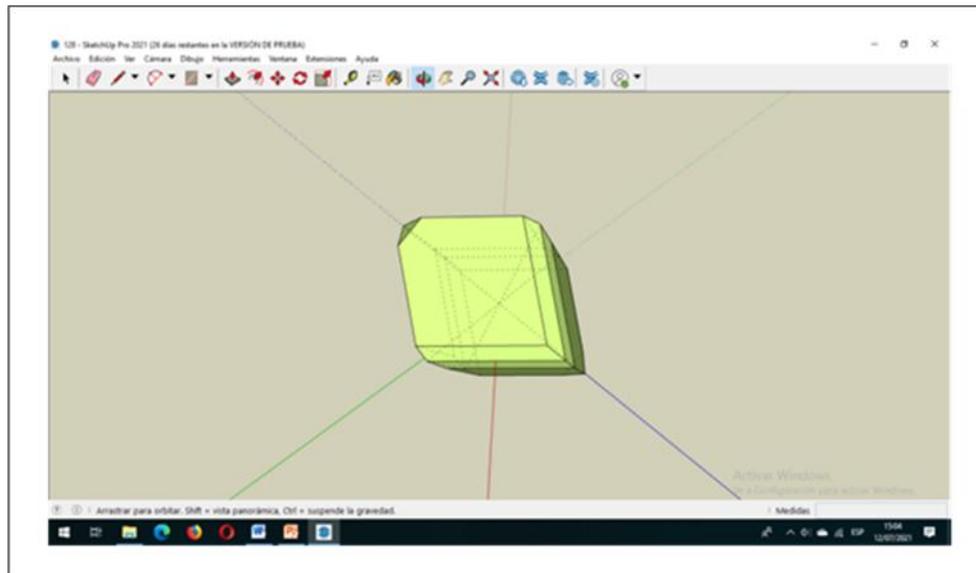


Figura 3.112 Visualización en 3D del modelo 128

3.2.56 Modelo 129

El Modelo 129 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 12 caras, 18 aristas y 8 vértices (Figura 3.113).

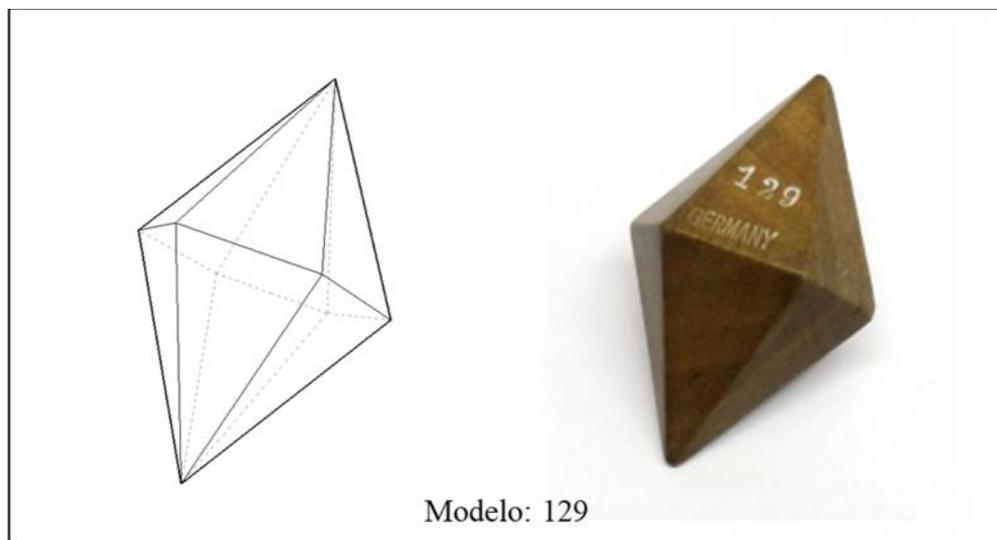


Figura 3.113 Modelo 129 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje senario, seis (6) ejes binarios, siete (7) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.114).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i , $1A_6$, $6A_2$, $7m$ que pertenece al sistema cristalino Hexagonal y la clase cristalina sería $6/m2/m2/m$.

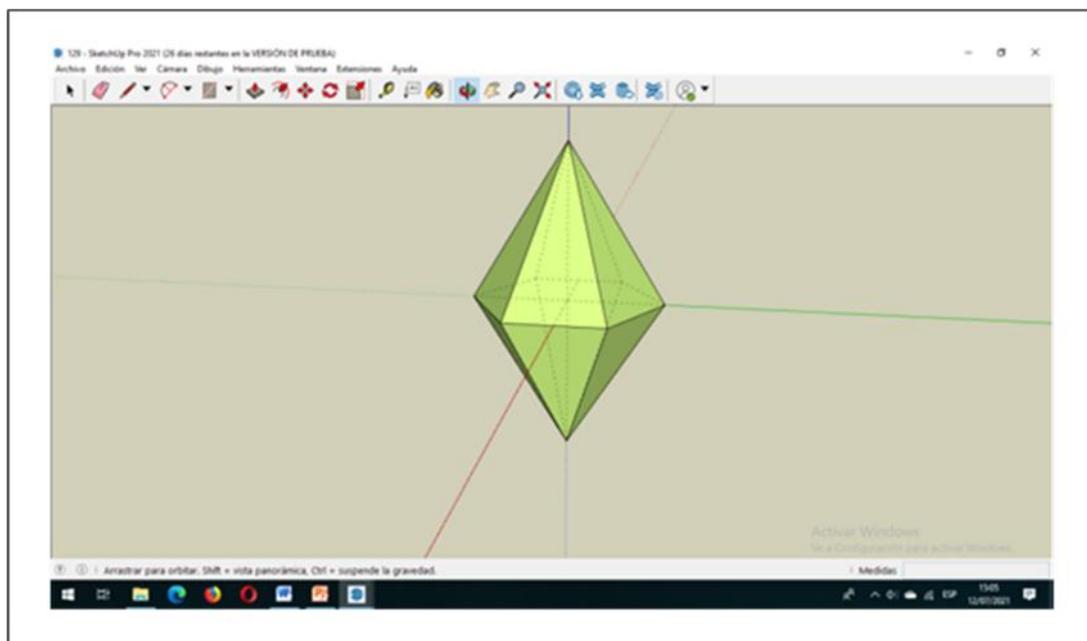


Figura 3.114 Visualización en 3D del modelo 129

3.2.57 Modelo 130

El Modelo 130 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 44 caras, 102 aristas y 60 vértices (Figura 3.115).

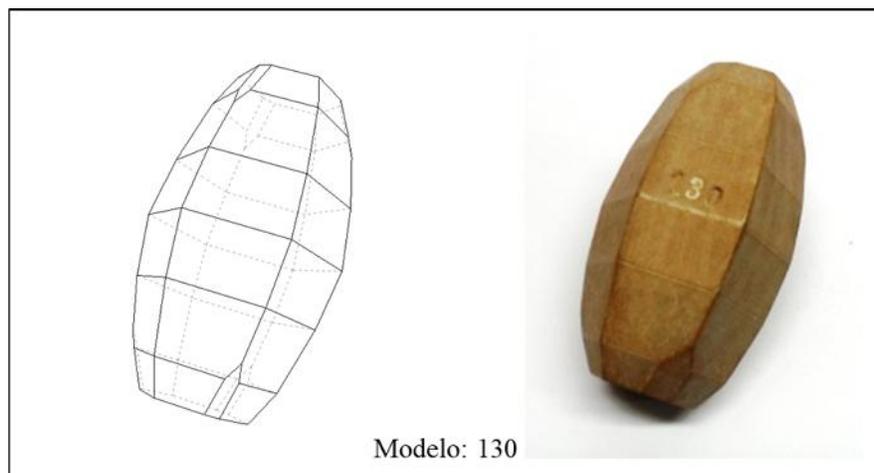


Figura 3.115 Modelo 130 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje ternario (de inversión rotatoria), tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.116).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $1_{-3}, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Hexagonal y la clase cristalina sería $\bar{3}2/m$.

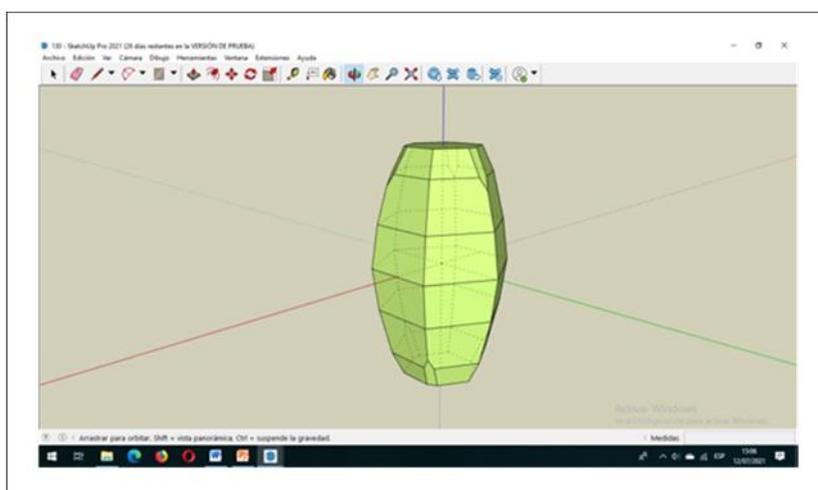


Figura 3.116 Visualización en 3D del modelo 130

3.2.58 Modelo 131

El Modelo 131 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 12 caras, 18 aristas y 8 vértices (Figura 3.117).

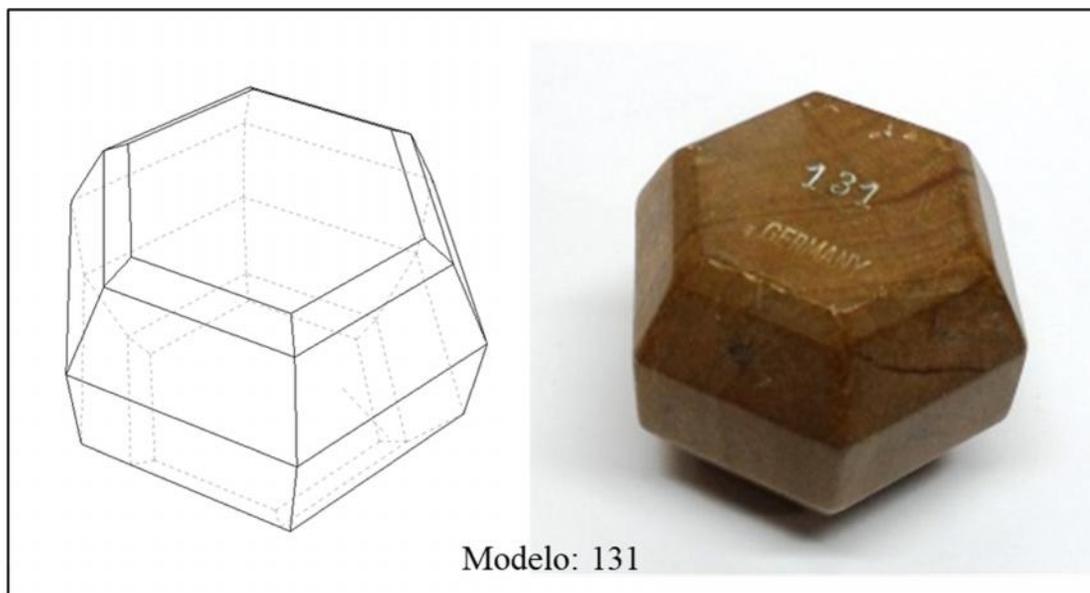


Figura 3.117 Modelo 131 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje senario, seis (6) ejes binarios, siete (7) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.118).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i , $1A_6$, $6A_2$, $7m$ que pertenece al sistema cristalino Hexagonal y la clase cristalina sería $6/m2/m2/m$.

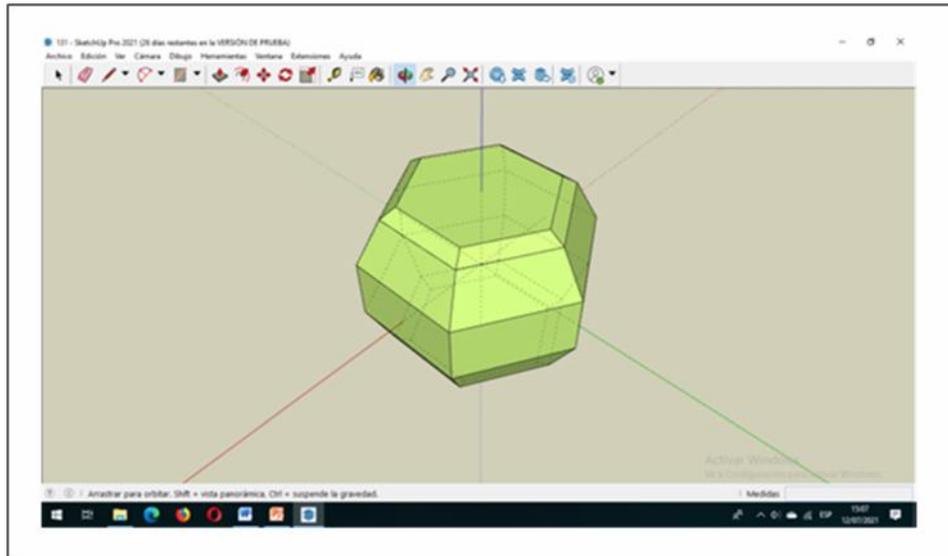


Figura 3.118 Visualización en 3D del modelo 131

3.2.59 Modelo 136

El Modelo 136 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 15 caras, 39 aristas y 26 vértices (Figura 3.119).

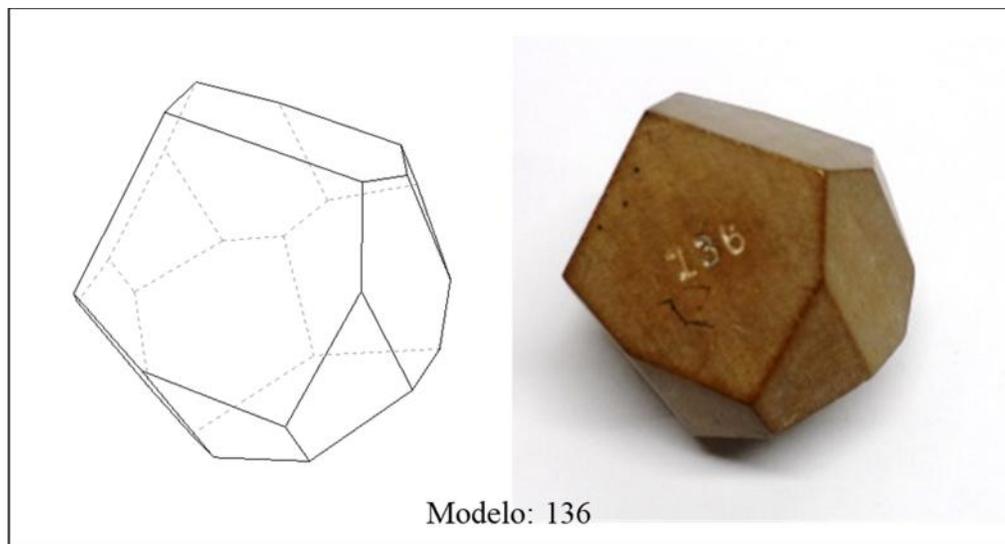


Figura 3.119 Modelo 136 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse solo se identificó un (1) eje ternario sin planos ni centro de simetría (Figura 3.120).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $1A_3$ que pertenece al sistema cristalino Hexagonal y la clase cristalina sería 3.

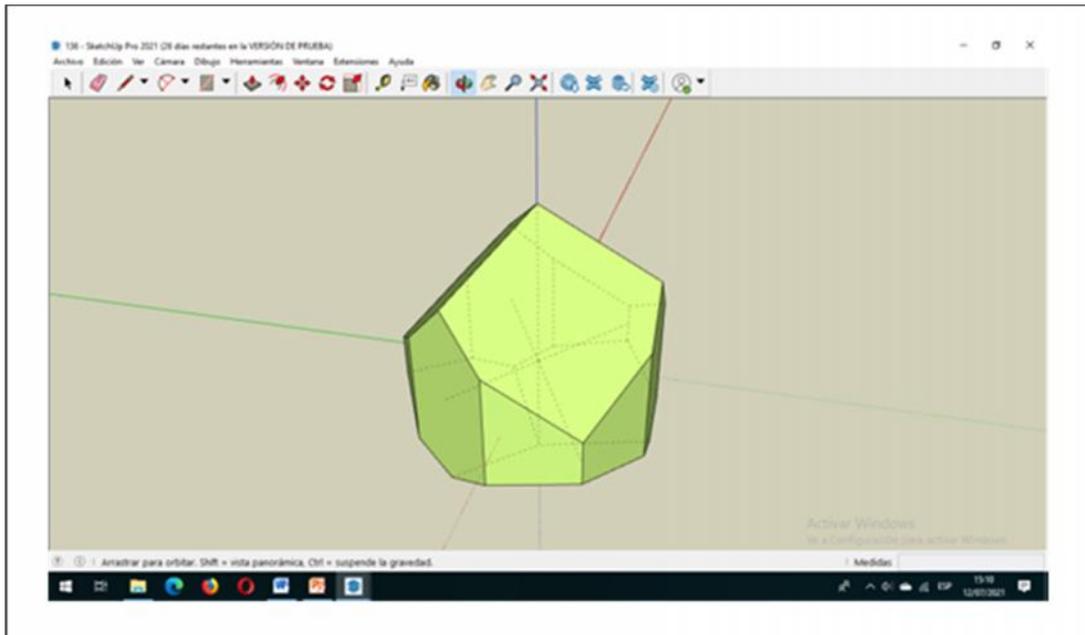


Figura 3.120 Visualización en 3D del modelo 136

3.2.60 Modelo 140

El Modelo 140 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 6 caras, 12 aristas y 8 vértices (Figura 3.121).

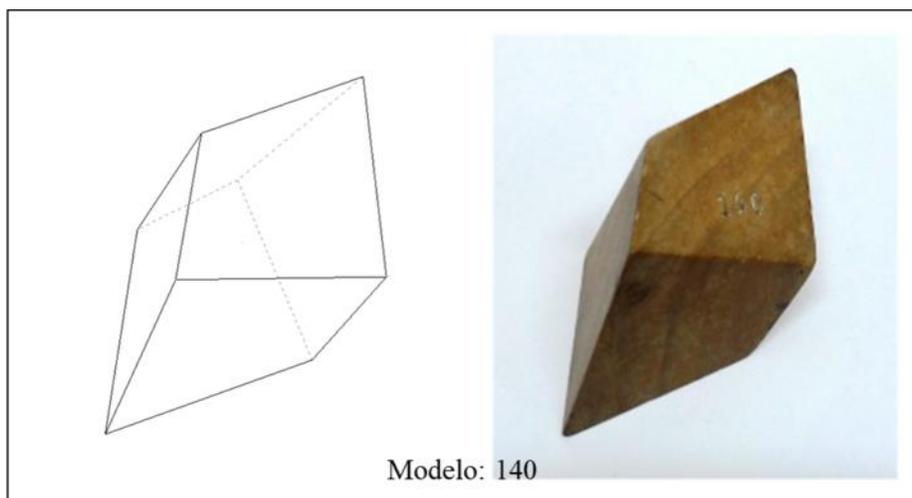


Figura 3.121 Modelo 140 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje ternario y tres (3) ejes binarios (Figura 3.122).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $1A_3, 3A_2$ que pertenece al sistema cristalino Hexagonal y la clase cristalina sería 32.

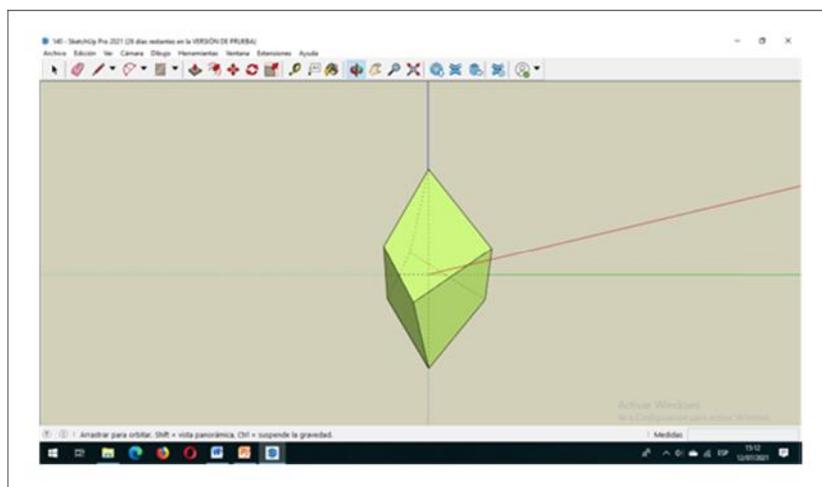


Figura 3.122 Visualización en 3D del modelo 140

3.2.61 Modelo 147

El Modelo 147 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 12 caras, 18 aristas y 8 vértices (Figura 3.123).

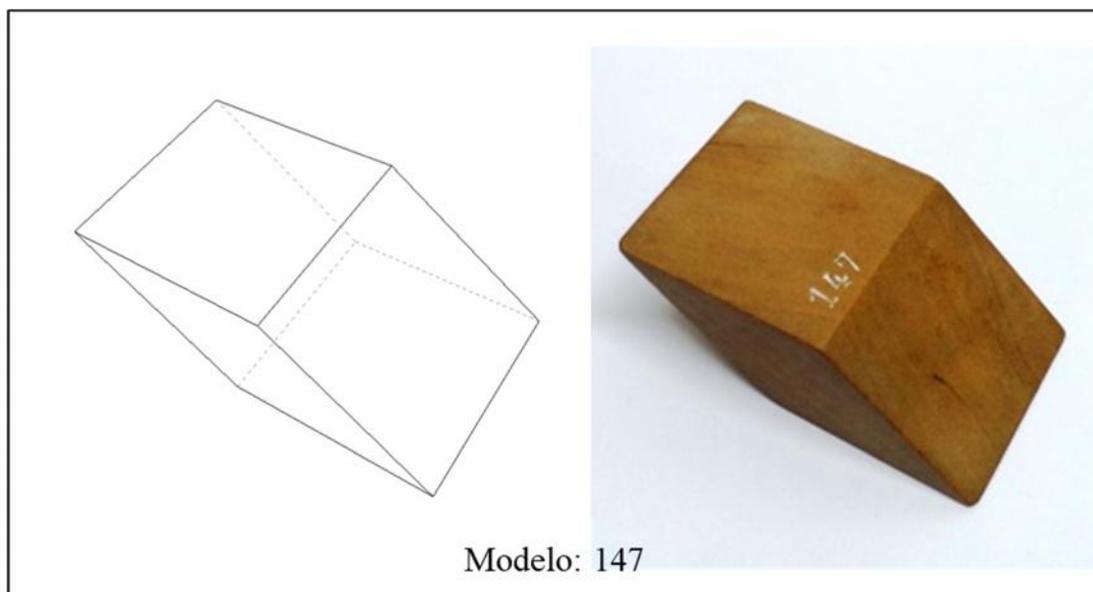


Figura 3.123 Modelo 147 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.124).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Ortorrómbico y la clase cristalina sería $2/m2/m2/m$.

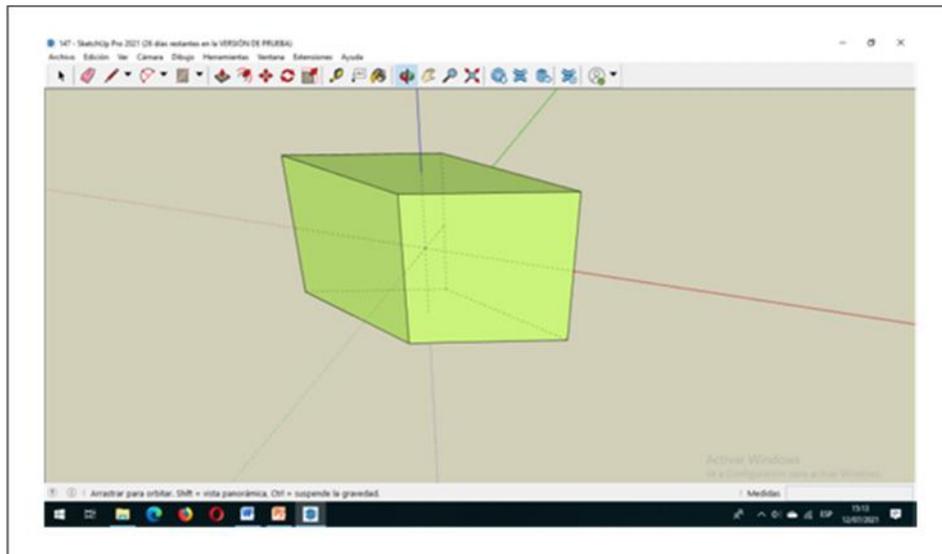


Figura 3.124 Visualización en 3D del modelo 147

3.2.62 Modelo 148

El Modelo 148 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 16 caras, 42 aristas y 28 vértices (Figura 3.125).

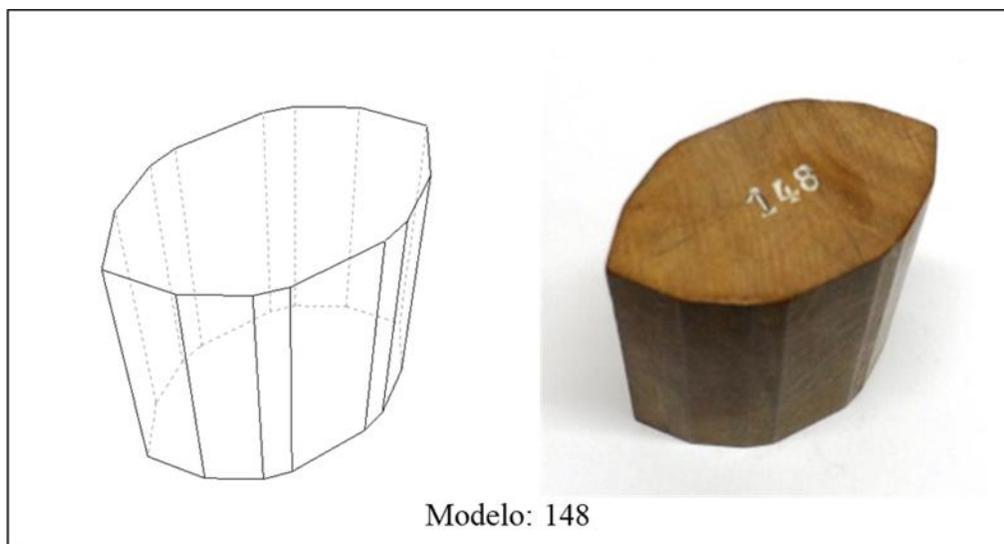


Figura 3.125 Modelo 148 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.126).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Ortorrómbico y la clase cristalina sería $2/m2/m2/m$.

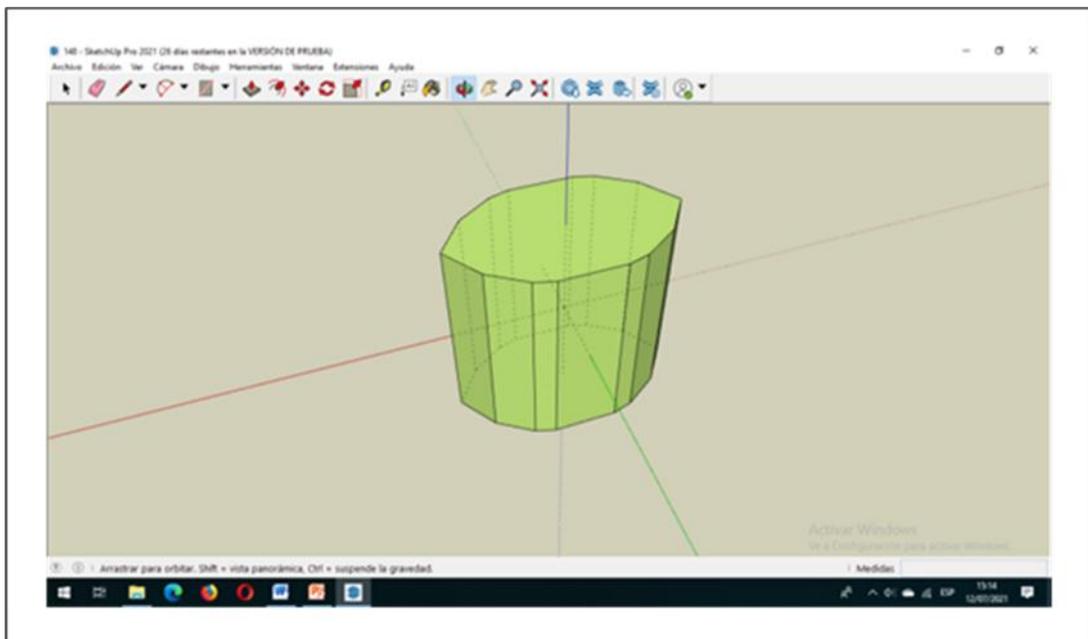


Figura 3.126 Visualización en 3D del modelo 148

3.2.63 Modelo 149

El Modelo 149 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 6 caras, 12 aristas y 8 vértices (Figura 3.127).

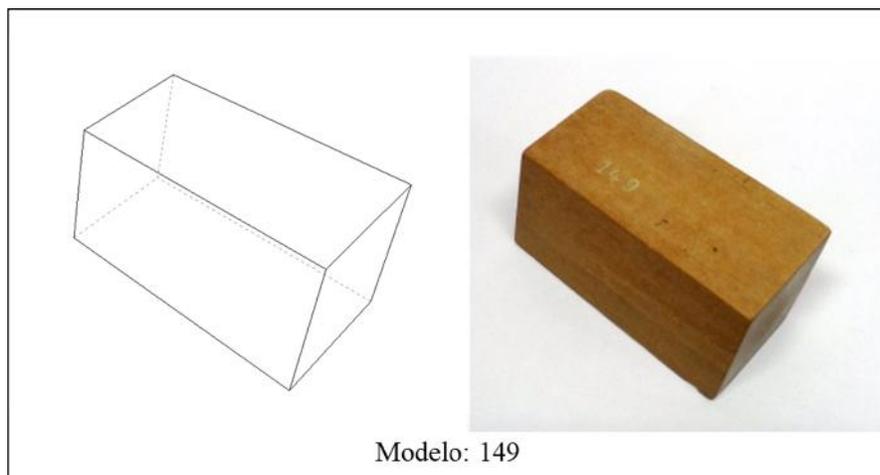


Figura 3.127 Modelo 149 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.128).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i , $3A_2$, $3m$ que pertenece al sistema cristalino Ortorrómbico y la clase cristalina sería $2/m2/m2/m$.

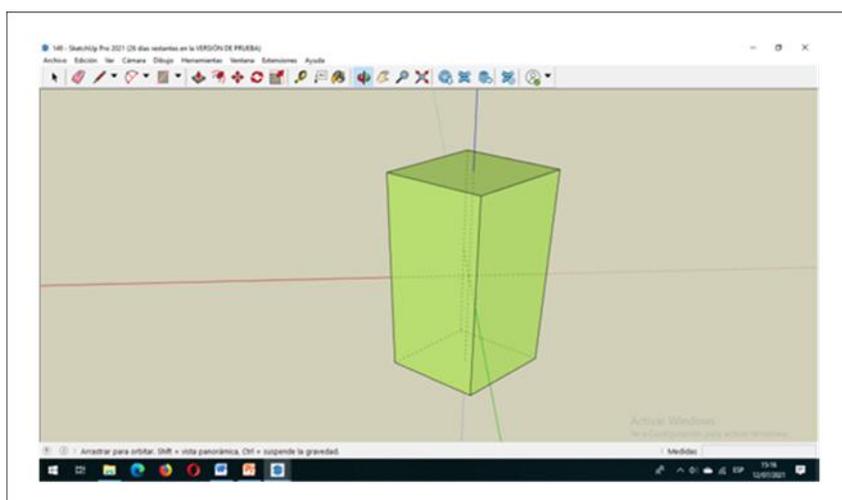


Figura 3.128 Visualización en 3D del modelo 149

3.2.64 Modelo 151

El Modelo 151 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 8 caras, 12 aristas y 6 vértices (Figura 3.129).

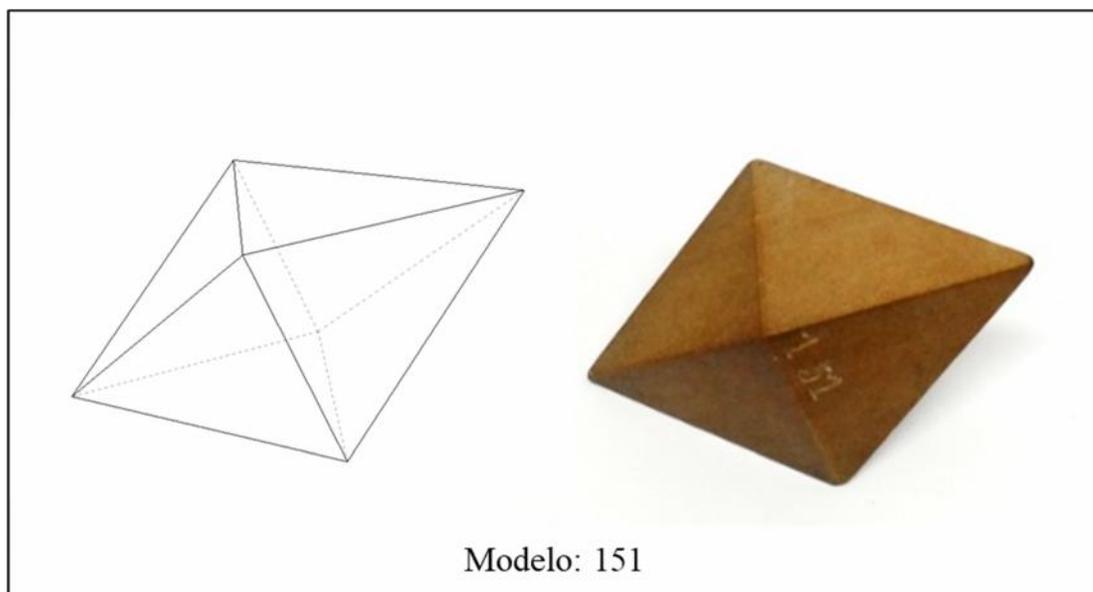


Figura 3.129 Modelo 151 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.130).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Ortorrómbico y la clase cristalina sería $2/m2/m2/m$.

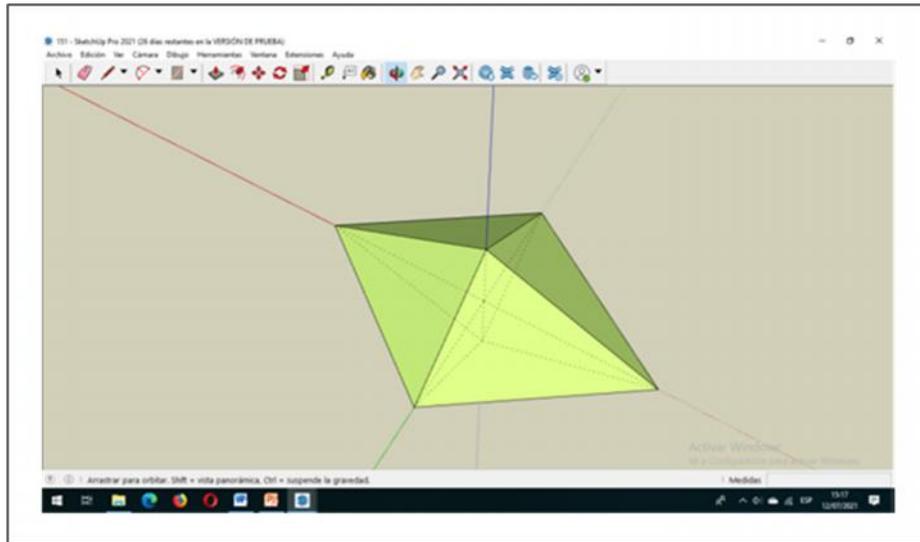


Figura 3.130 Visualización en 3D del modelo 151

3.2.65 Modelo 153

El Modelo 153 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 14 caras, 36 aristas y 24 vértices (Figura 3.131).

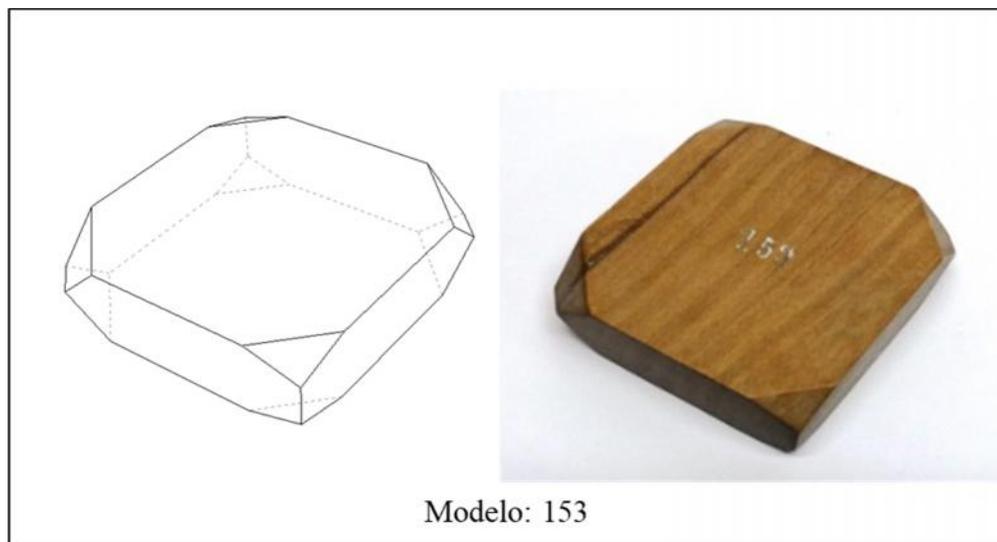


Figura 3.131 Modelo 153 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.132).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Ortorrómbico y la clase cristalina sería $2/m2/m2/m$.

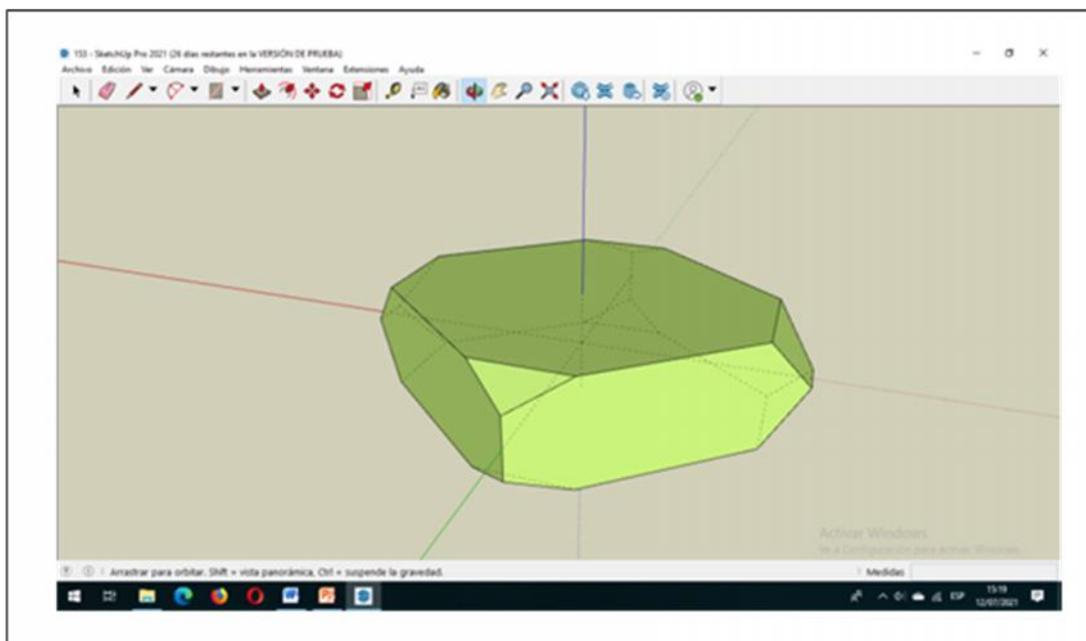


Figura 3.132 Visualización en 3D del modelo 153

3.2.66 Modelo 154

El Modelo 154 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 10 caras, 24 aristas y 16 vértices (Figura 3.133).

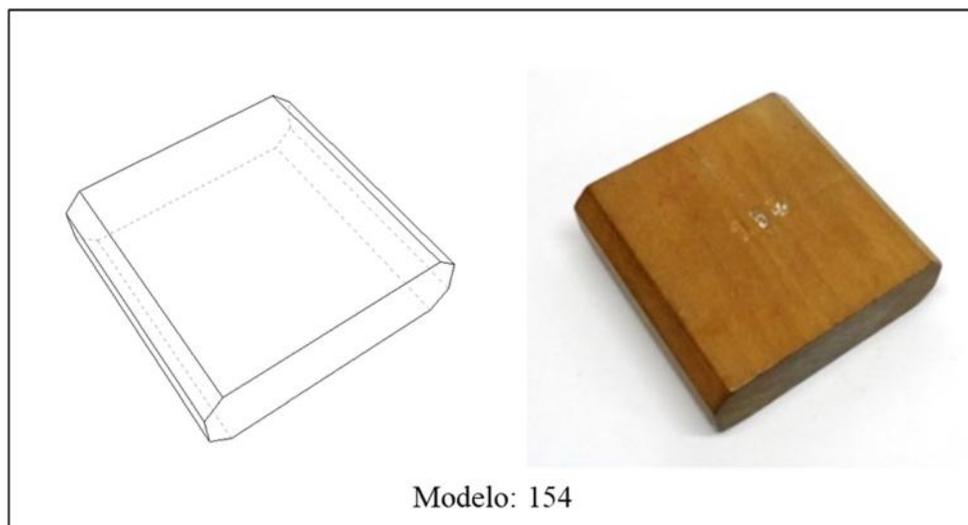


Figura 3.133 Modelo 154 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.134).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Ortorrómbico y la clase cristalina sería $2/m2/m2/m$.

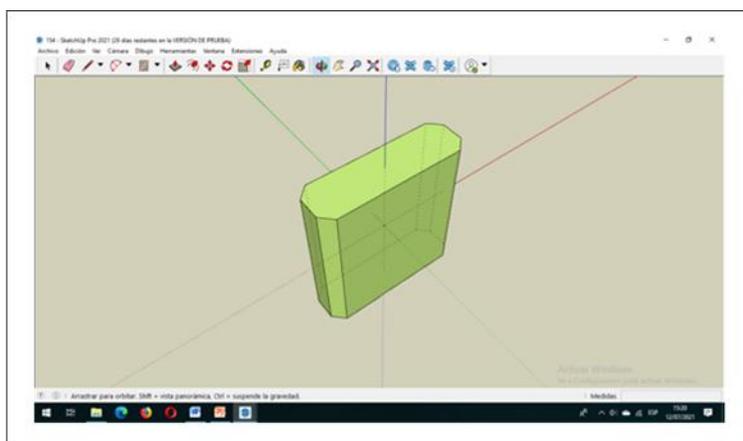


Figura 3.134 Visualización en 3D del modelo 154

3.2.67 Modelo 155

El Modelo 155 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 10 caras, 20 aristas y 12 vértices (Figura 3.135).

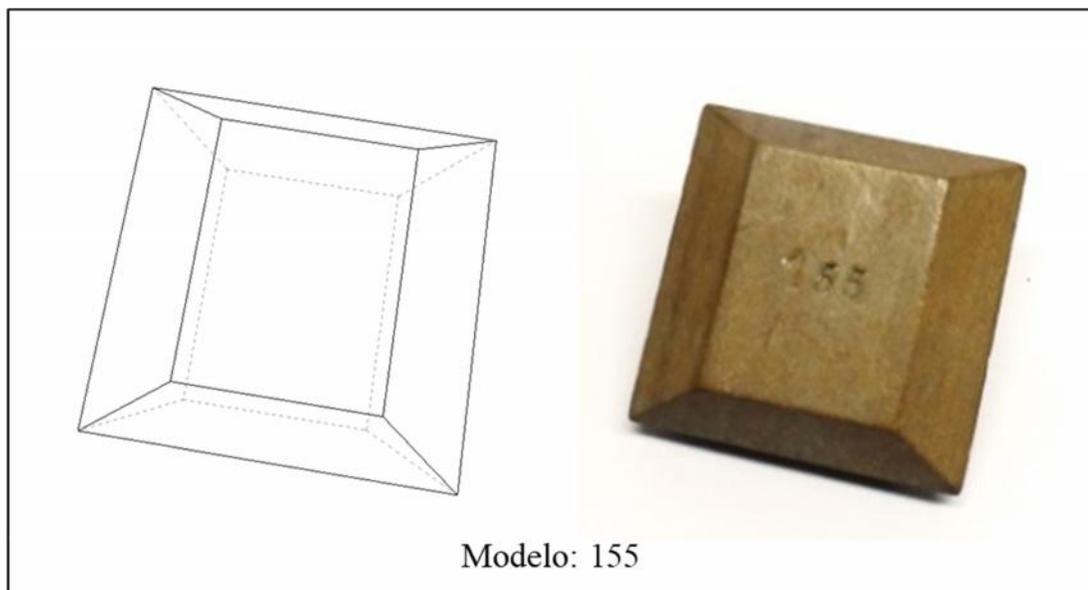


Figura 3.135 Modelo 155 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.136).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Ortorrómbico y la clase cristalina sería $2/m2/m2/m$.

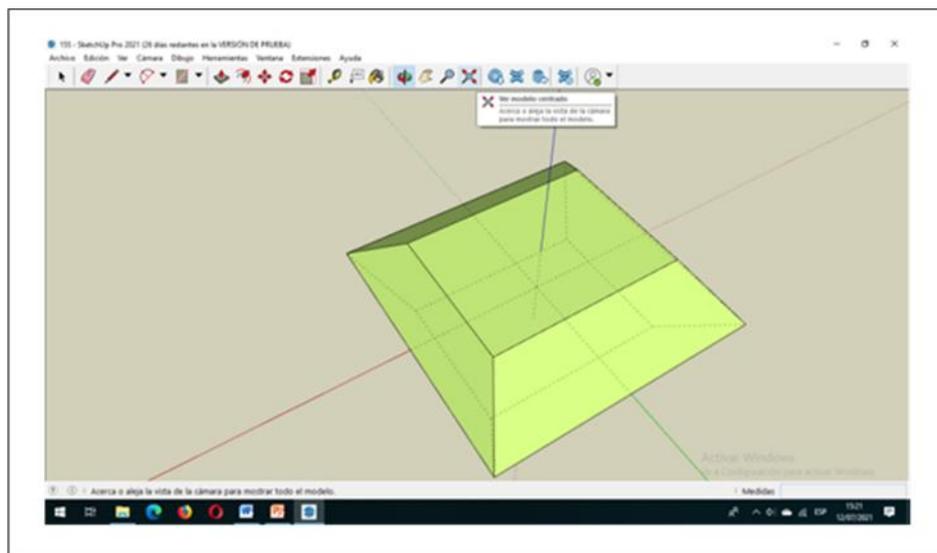


Figura 3.136 Visualización en 3D del modelo 155

3.2.68 Modelo 156

El Modelo 156 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 8 caras, 14 aristas y 8 vértices (Figura 3.137).

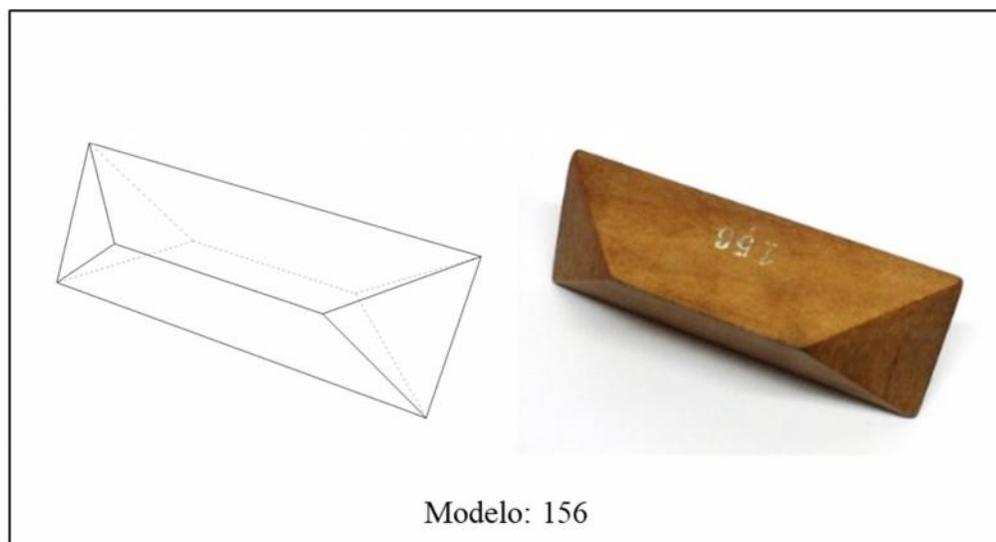


Figura 3.137 Modelo 156 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.138).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Ortorrómbico y la clase cristalina sería $2/m2/m2/m$.

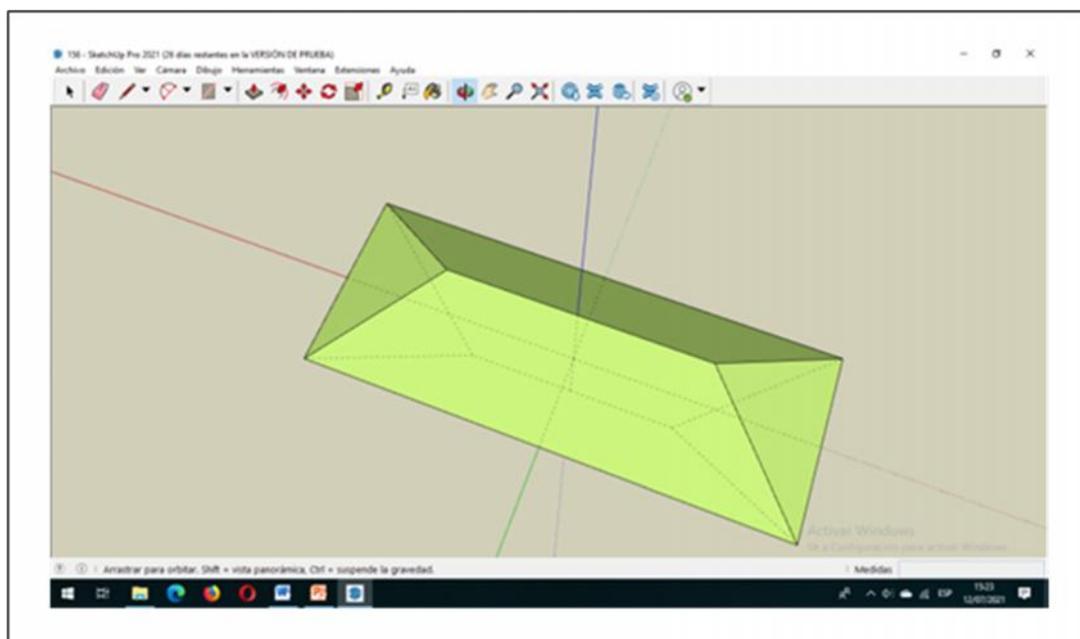


Figura 3.138 Visualización en 3D del modelo 156

3.2.69 Modelo 157

El Modelo 157 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 14 caras, 36 aristas y 24 vértices (Figura 3.139).

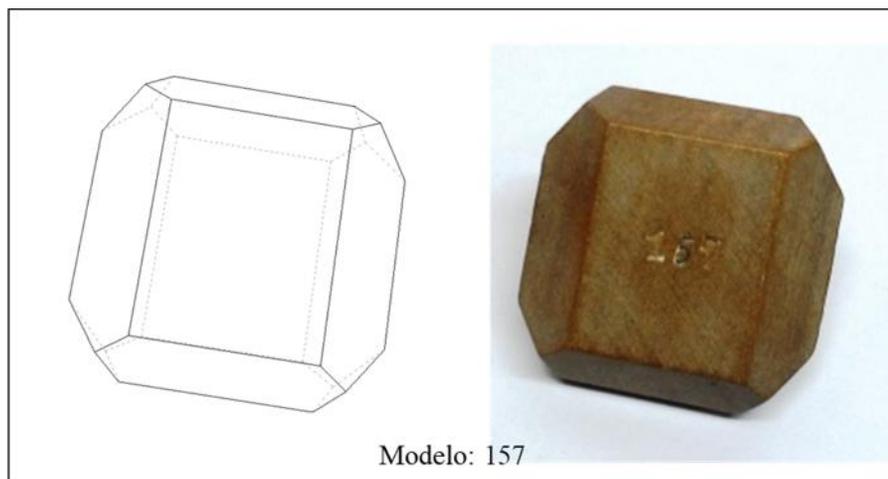


Figura 3.139 Modelo 157 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.140).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Ortorrómbico y la clase cristalina sería $2/m2/m2/m$.

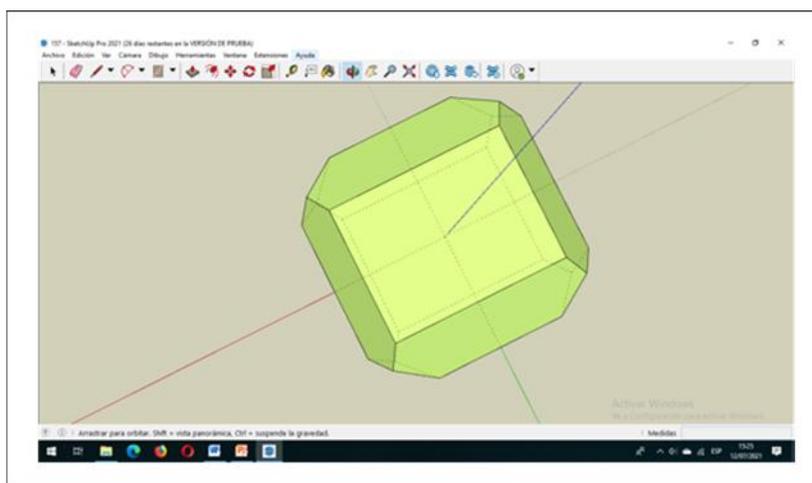


Figura 3.140 Visualización en 3D del modelo 157

3.2.70 Modelo 158

El Modelo 158 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 14 caras, 26 aristas y 14 vértices (Figura 3.141).

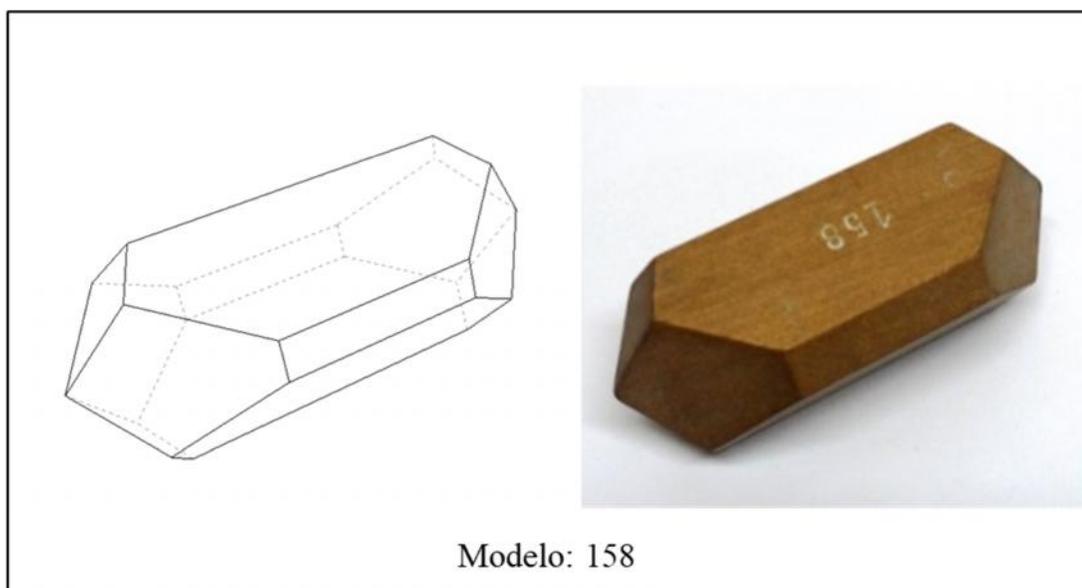


Figura 3.141 Modelo 158 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.142).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Ortorrómbico y la clase cristalina sería $2/m2/m2/m$.

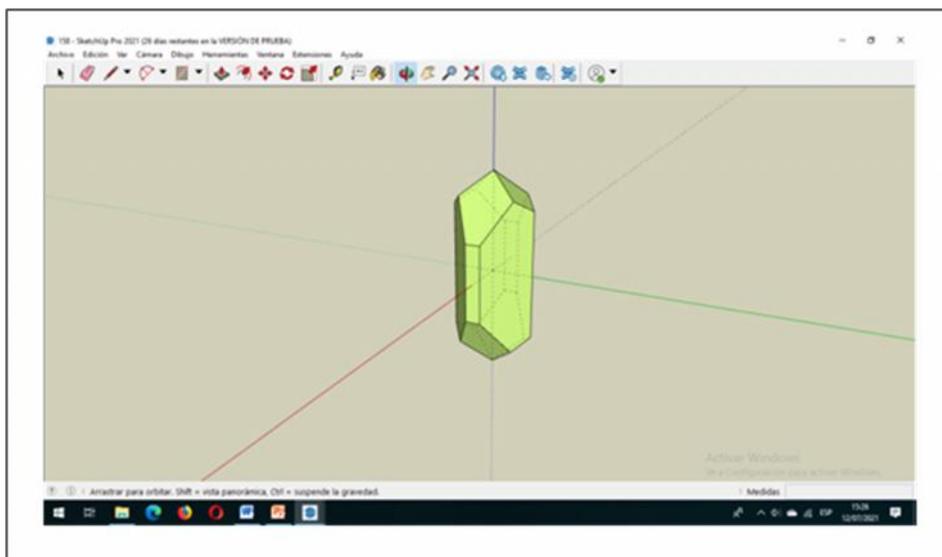


Figura 3.142 Visualización en 3D del modelo 158

3.2.71 Modelo 160

El Modelo 160 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 8 caras, 12 aristas y 6 vértices (Figura 3.143).

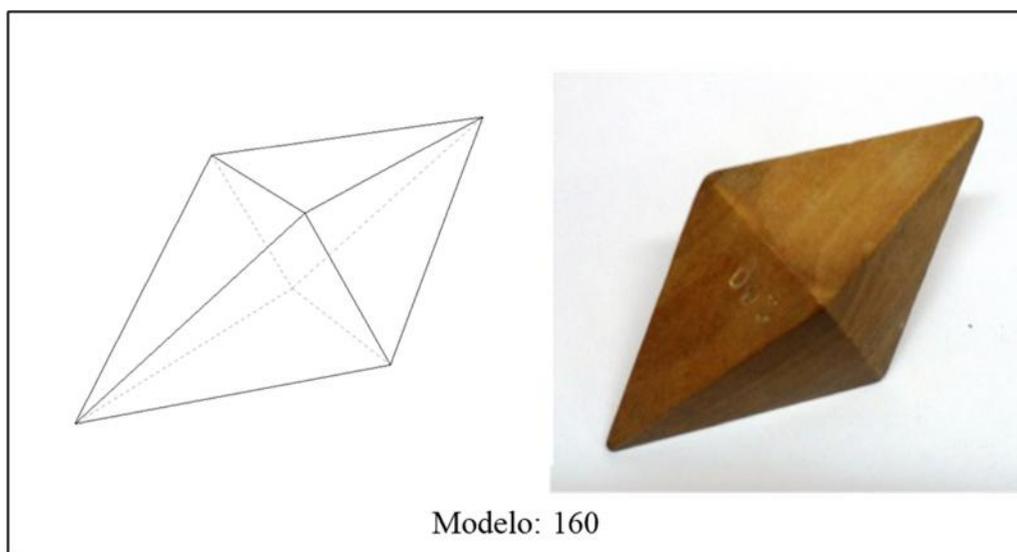


Figura 3.143 Modelo 160 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.144).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Ortorrómbico y la clase cristalina sería $2/m2/m2/m$.

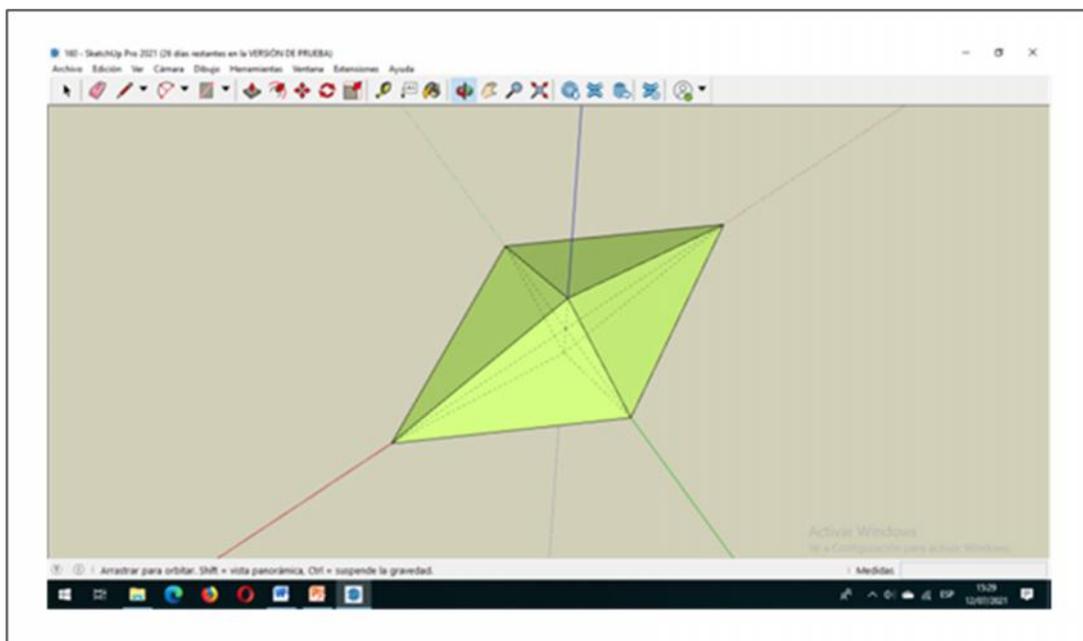


Figura 3.144 Visualización en 3D del modelo 160

3.2.72 Modelo 162

El Modelo 162 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 22 caras, 46 aristas y 26 vértices (Figura 3.145).

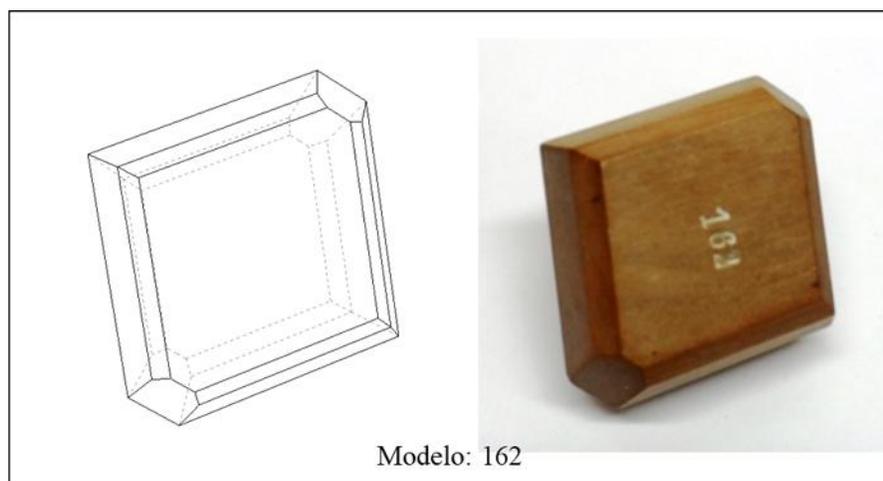


Figura 3.145 Modelo 162 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.146).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i , $3A_2$, $3m$ que pertenece al sistema cristalino Ortorrómbico y la clase cristalina sería $2/m2/m2/m$.

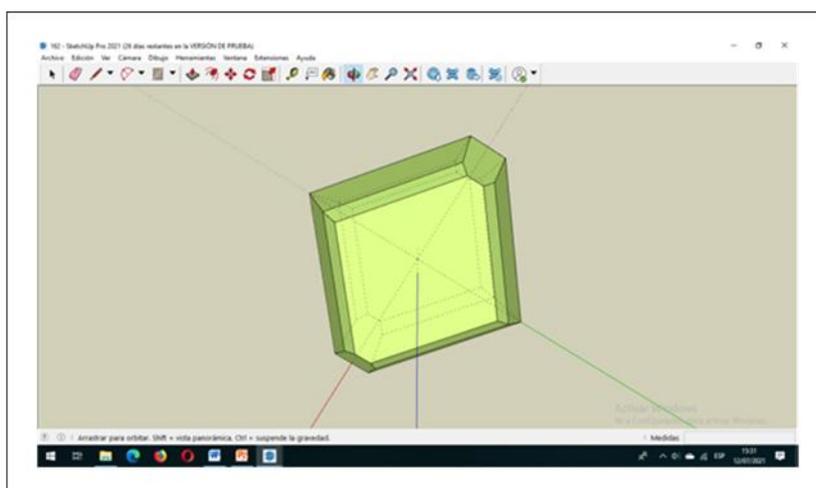


Figura 3.146 Visualización en 3D del modelo 162

3.2.73 Modelo 163

El Modelo 163 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 12 caras, 22 aristas y 12 vértices (Figura 3.147).

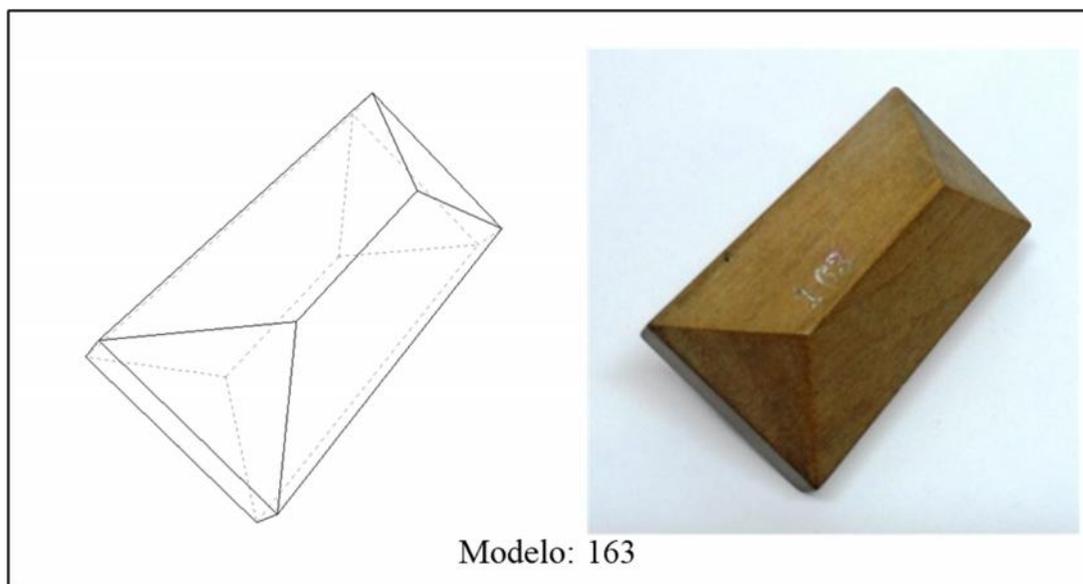


Figura 3.147 Modelo 163 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron tres (3) ejes binarios, tres (3) planos de simetría y un centro de simetría (Figura 3.148).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 3A_2, 3m$ que pertenece al sistema cristalino Ortorrómbico y la clase cristalina sería $2/m2/m2/m$.

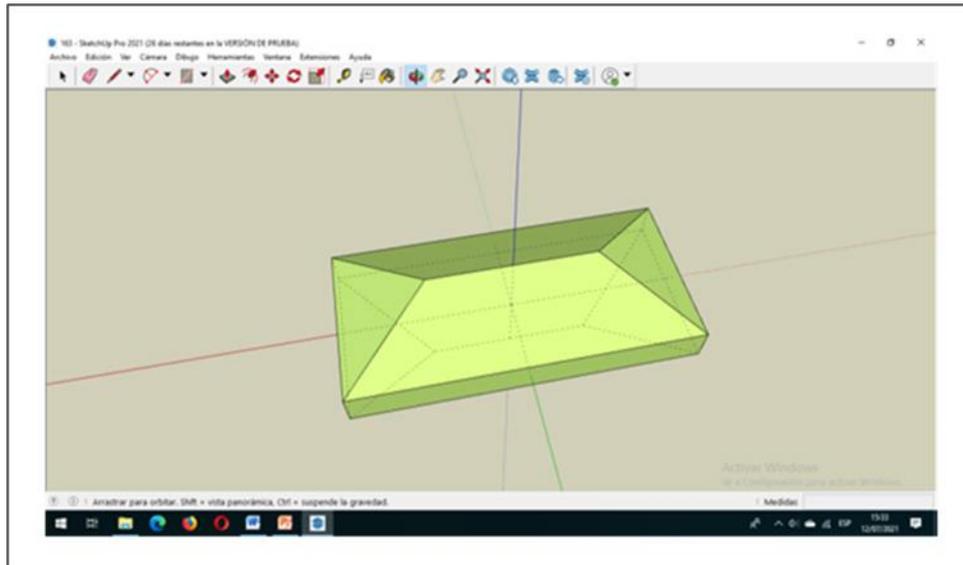


Figura 3.148 Visualización en 3D del modelo 163

3.2.74 Modelo 167

El Modelo 167 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 17 caras, 40 aristas y 25 vértices (Figura 3.149).

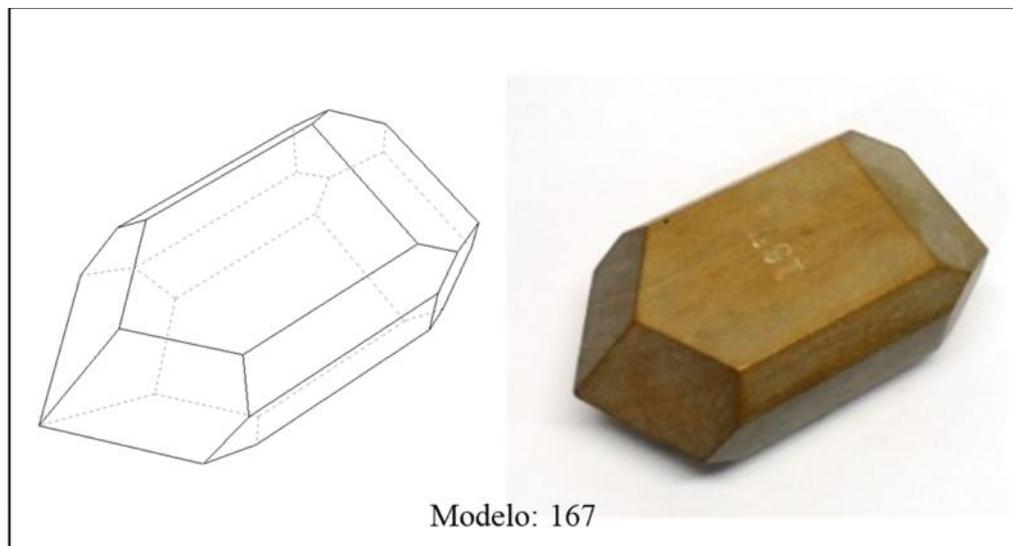


Figura 3.149 Modelo 167 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje binario y dos (2) planos de simetría (Figura 3.150).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $2m, 1A_2$ que pertenece al sistema cristalino Ortorrómbico y la clase cristalina sería $mm2$.

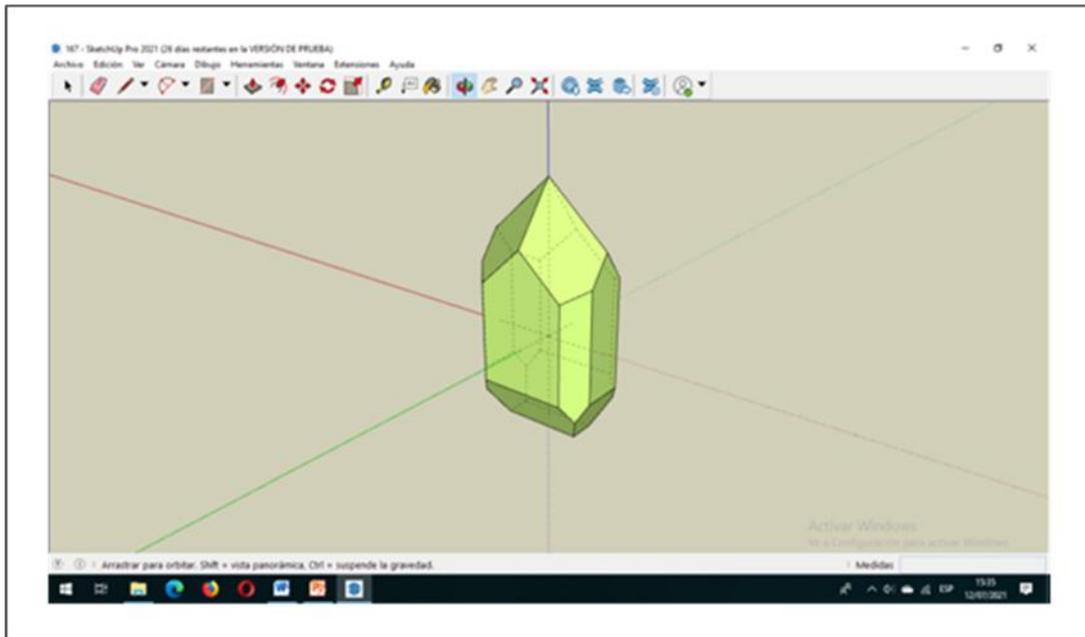


Figura 3.150 Visualización en 3D del modelo 167

3.2.75 Modelo 170

El Modelo 170 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 6 caras, 12 aristas y 8 vértices (Figura 3.151).

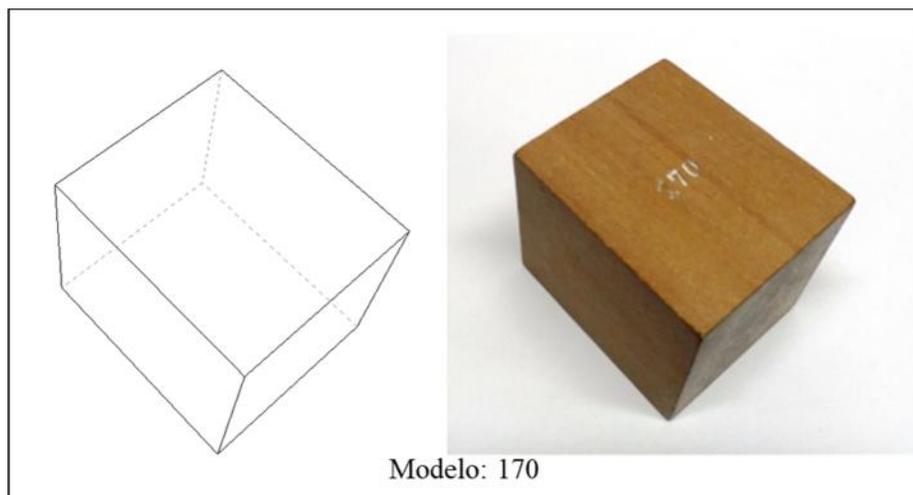


Figura 3.151 Modelo 170 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje binario, un (1) plano de simetría y un centro de simetría (Figura 3.152).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i , $1A_2$, $1m$ que pertenece al sistema cristalino Monoclínico y la clase cristalina sería $2/m$.

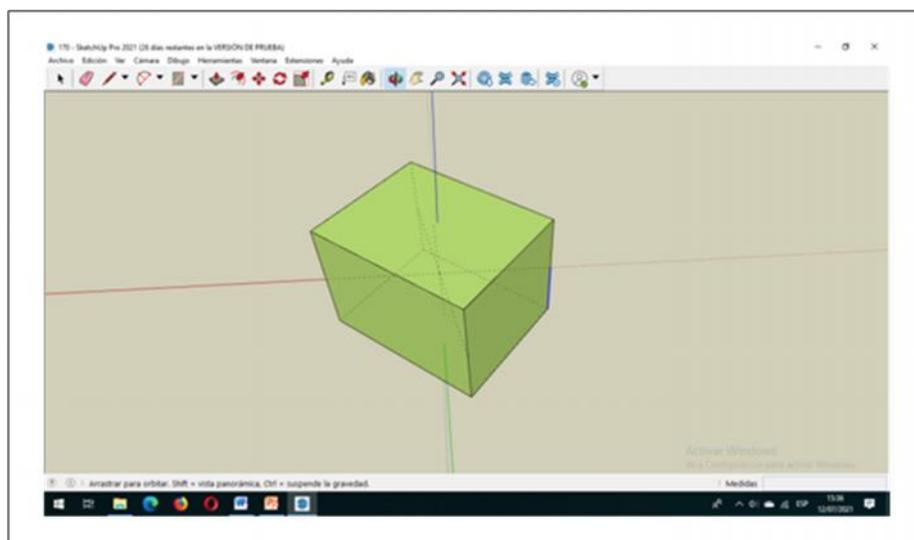


Figura 3.152 Visualización en 3D del modelo 170

3.2.76 Modelo 172

El Modelo 172 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 6 caras, 12 aristas y 8 vértices (Figura 3.153).

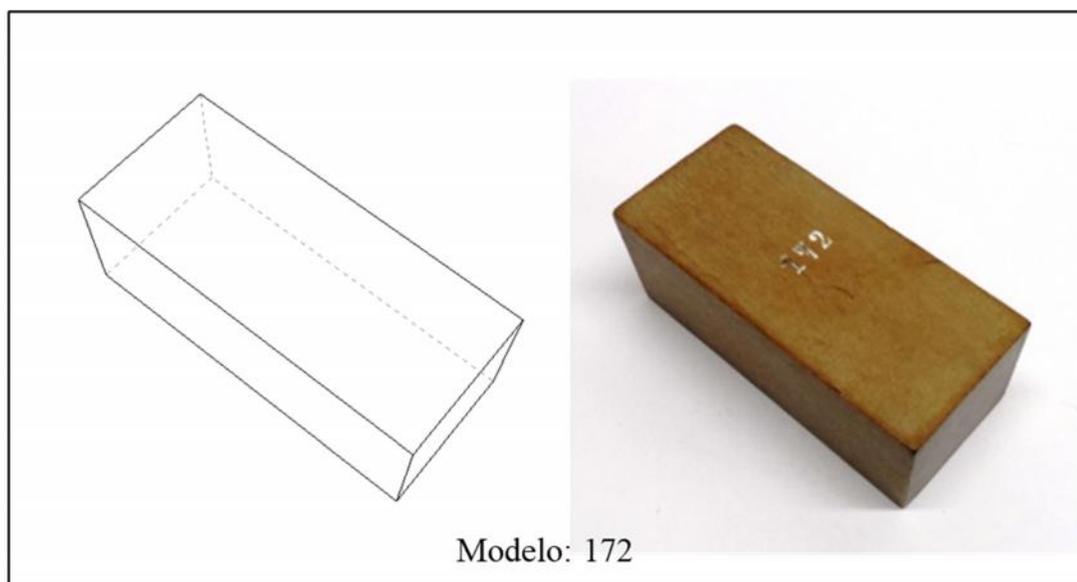


Figura 3.153 Modelo 172 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje binario, un (1) plano de simetría y un centro de simetría (Figura 3.154).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i , $1A_2$, $1m$ que pertenece al sistema cristalino Monoclínico y la clase cristalina sería $2/m$.

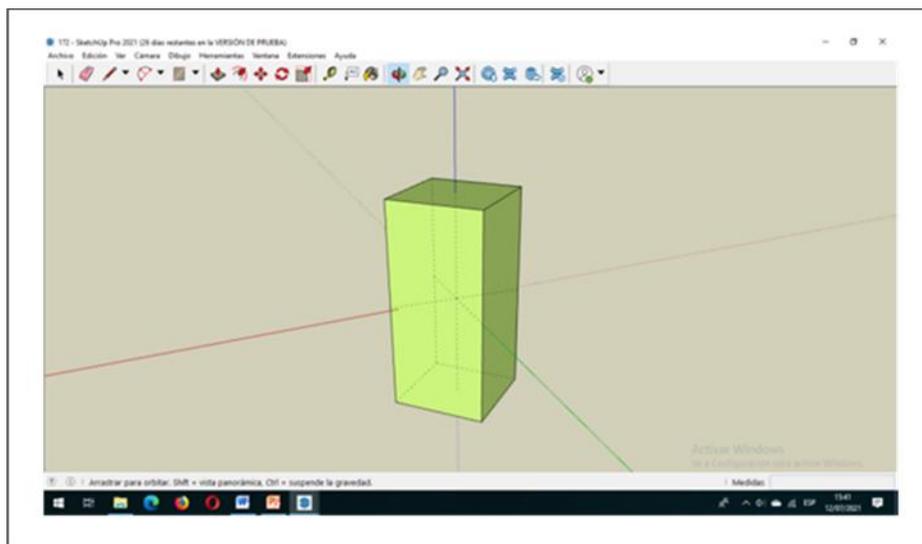


Figura 3.154 Visualización en 3D del modelo 172

3.2.77 Modelo 174

El Modelo 174 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 14 caras, 36 aristas y 24 vértices (Figura 3.155).

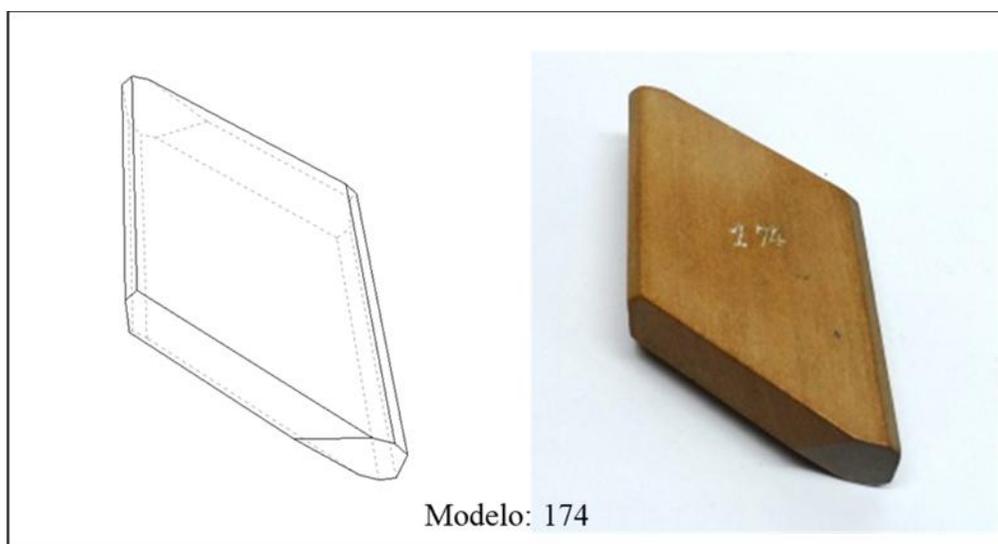


Figura 3.155 Modelo 174 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje binario, un (1) plano de simetría y un centro de simetría (Figura 3.156).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $i, 1A_2, 1m$ que pertenece al sistema cristalino Monoclínico y la clase cristalina sería $2/m$.

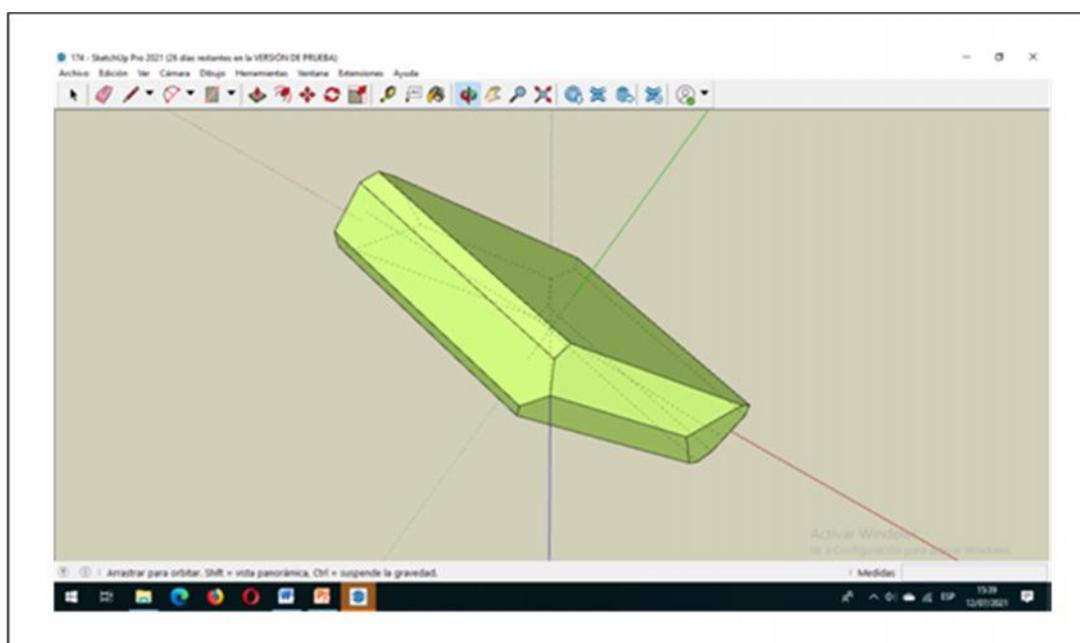


Figura 3.156 Visualización en 3D del modelo 174

3.2.78 Modelo 175

El Modelo 175 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 16 caras, 40 aristas y 26 vértices (Figura 3.157).

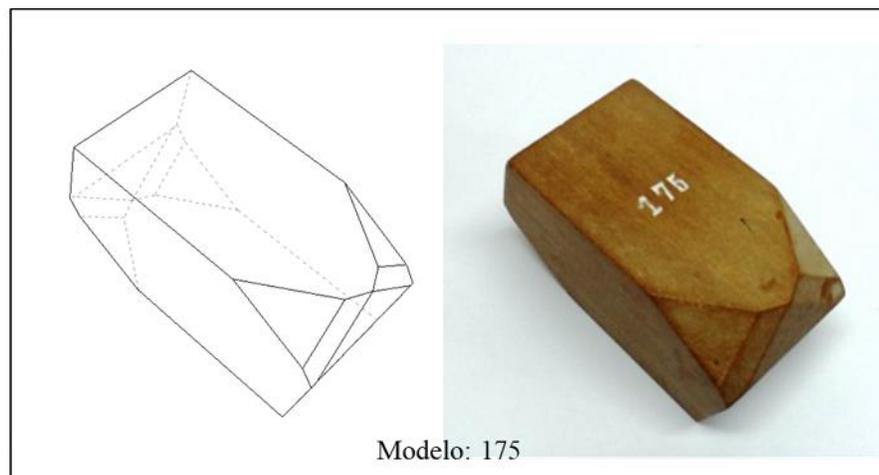


Figura 3.157 Modelo 175 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje binario, un (1) plano de simetría y un centro de simetría (Figura 3.158).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i , $1A_2$, $1m$ que pertenece al sistema cristalino Monoclínico y la clase cristalina sería $2/m$.

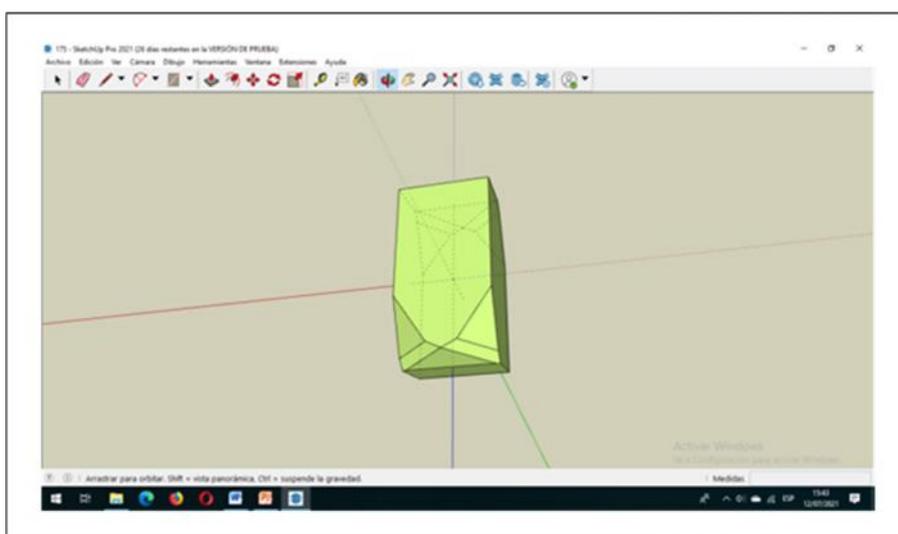


Figura 3.158 Visualización en 3D del modelo 175

3.2.79 Modelo 176

El Modelo 176 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 12 caras, 30 aristas y 20 vértices (Figura 3.159).

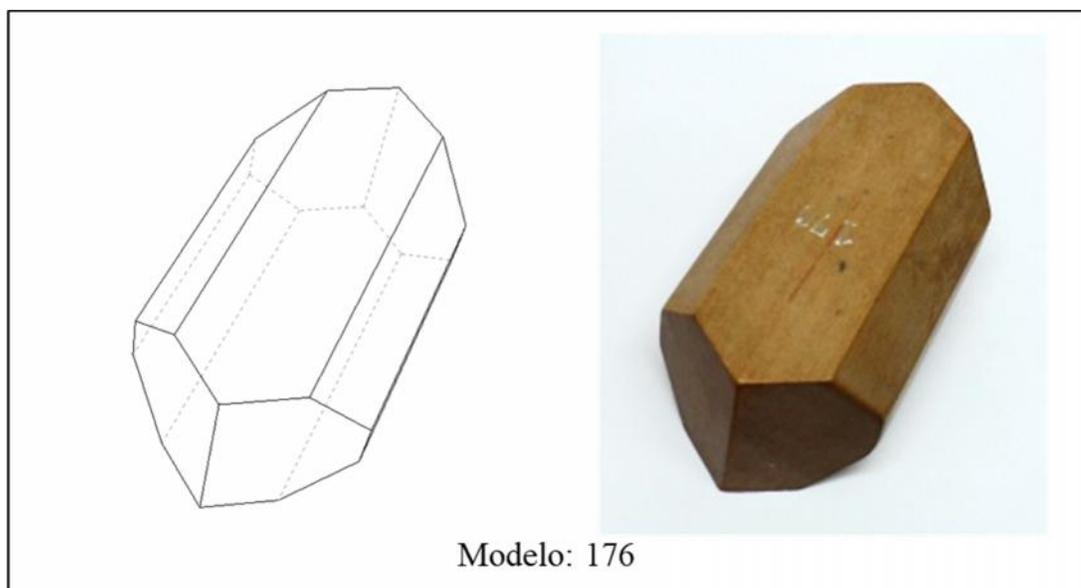


Figura 3.159 Modelo 176 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje binario, un (1) plano de simetría y un centro de simetría (Figura 3.160).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i , $1A_2$, $1m$ que pertenece al sistema cristalino Monoclínico y la clase cristalina sería $2/m$.

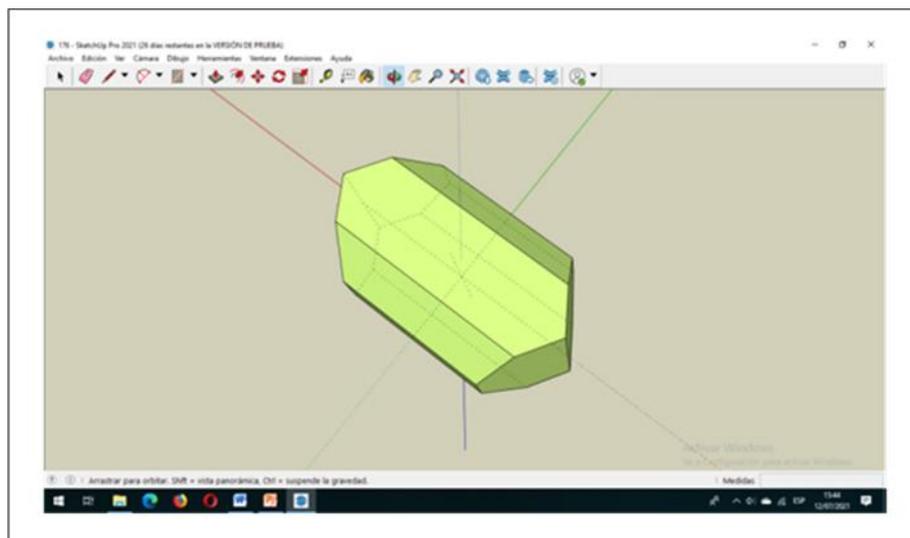


Figura 3.160 Visualización en 3D del modelo 176

3.2.80 Modelo 178

El Modelo 178 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 18 caras, 49 aristas y 33 vértices (Figura 3.161).

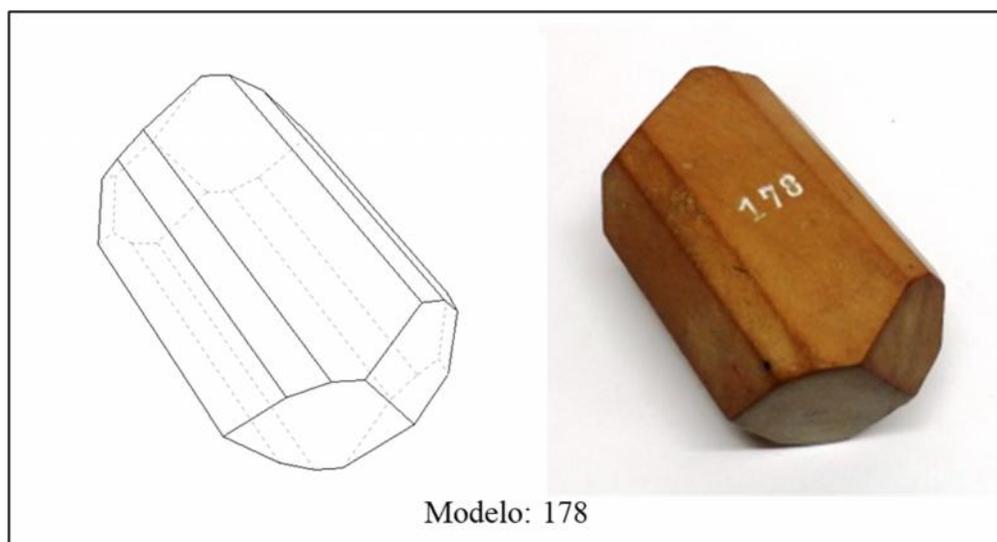


Figura 3.161 Modelo 178 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje binario, un (1) plano de simetría y un centro de simetría (Figura 3.162).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i , $1A_2$, $1m$ que pertenece al sistema cristalino Monoclínico y la clase cristalina sería $2/m$.

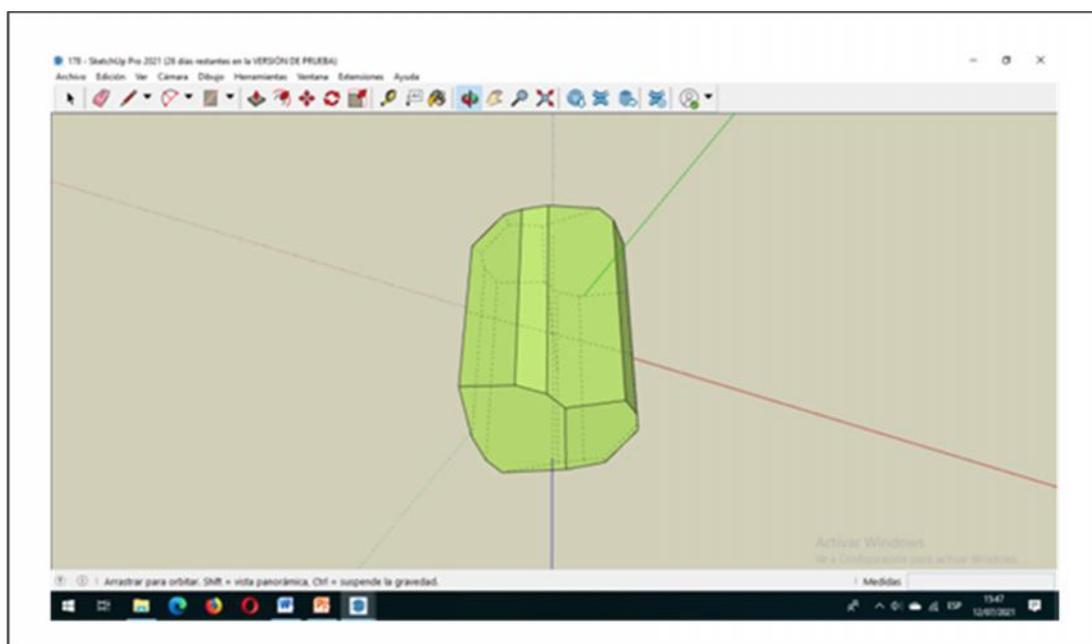


Figura 3.162 Visualización en 3D del modelo 178

3.2.81 Modelo 179

El Modelo 179 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 22 caras, 52 aristas y 32 vértices (Figura 3.163).

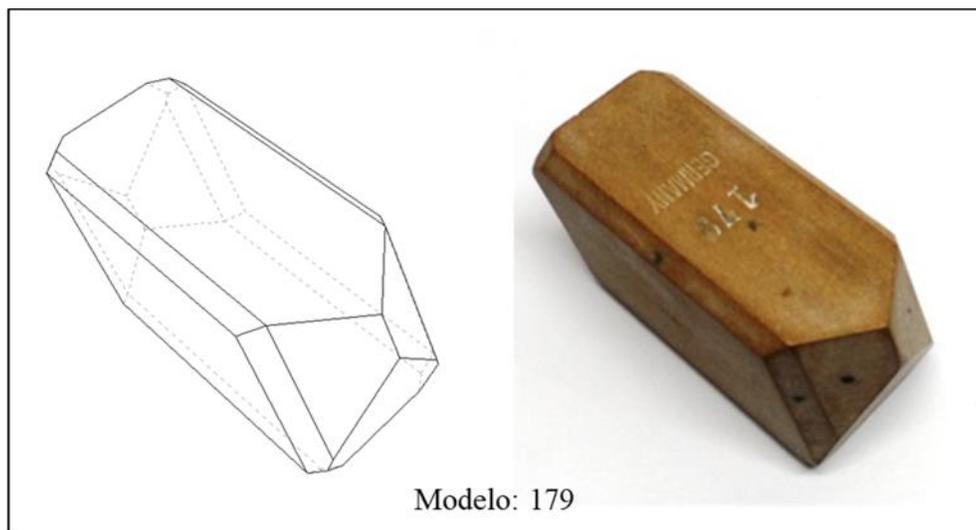


Figura 3.163 Modelo 179 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificaron un (1) eje binario, un (1) plano de simetría y un centro de simetría (Figura 3.164).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i , $1A_2$, $1m$ que pertenece al sistema cristalino Monoclínico y la clase cristalina sería $2/m$.

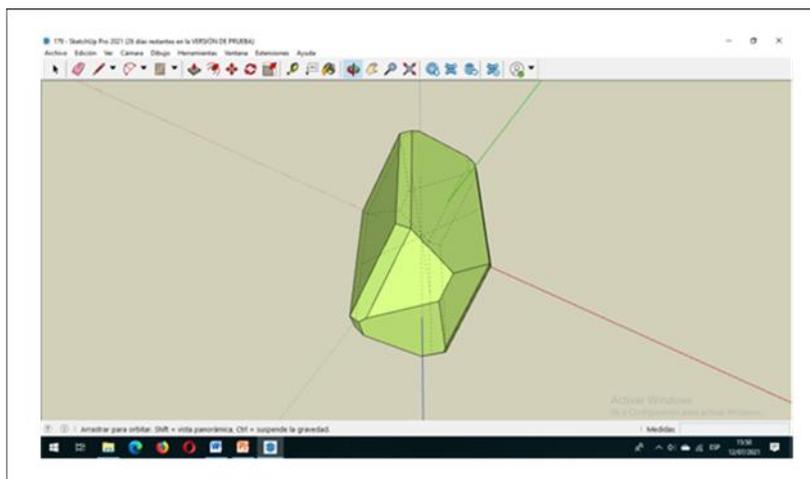


Figura 3.164 Visualización en 3D del modelo 179

3.2.82 Modelo 184

El Modelo 184 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 14 caras, 36 aristas y 24 vértices (Figura 3.165).

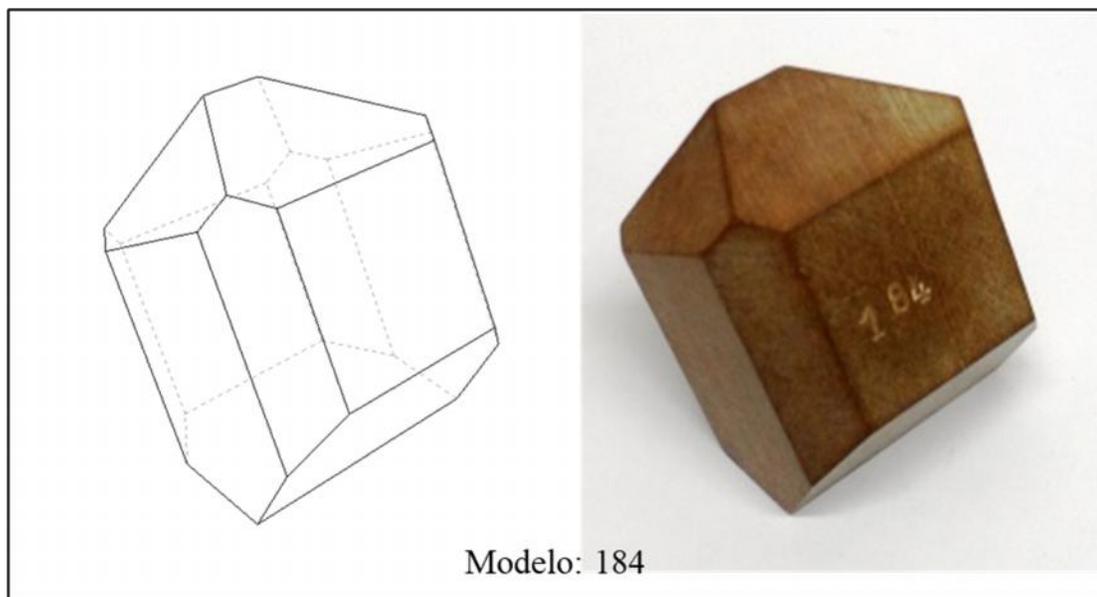


Figura 3.165 Modelo 184 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificó solo un (1) eje binario sin plano ni centro de simetría (Figura 3.166).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como $1A_2$ que pertenece al sistema cristalino Monoclínico y la clase cristalina sería 2.

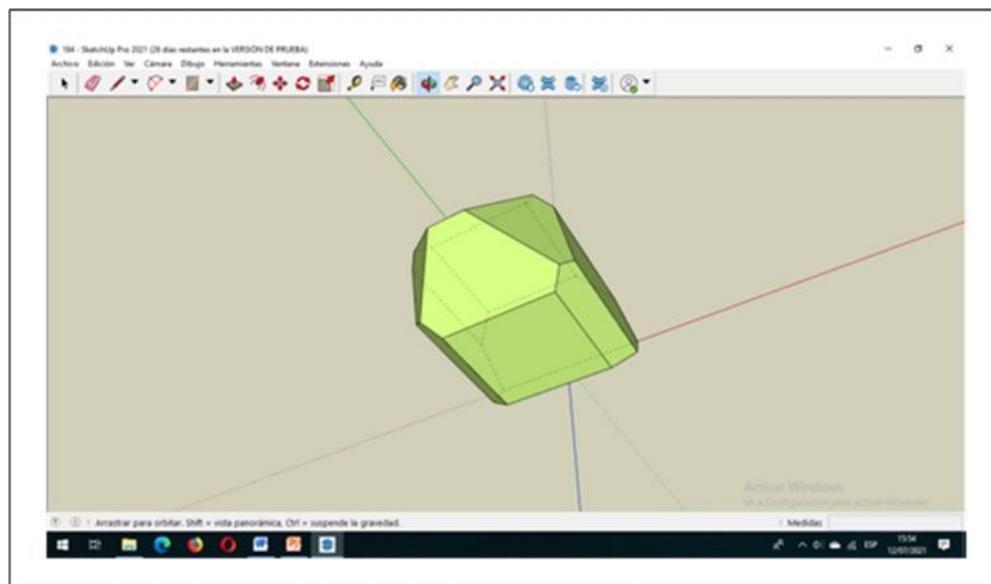


Figura 3.166 Visualización en 3D del modelo 184

3.2.83 Modelo 186

El Modelo 186 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 6 caras, 12 aristas y 8 vértices (Figura 3.167).

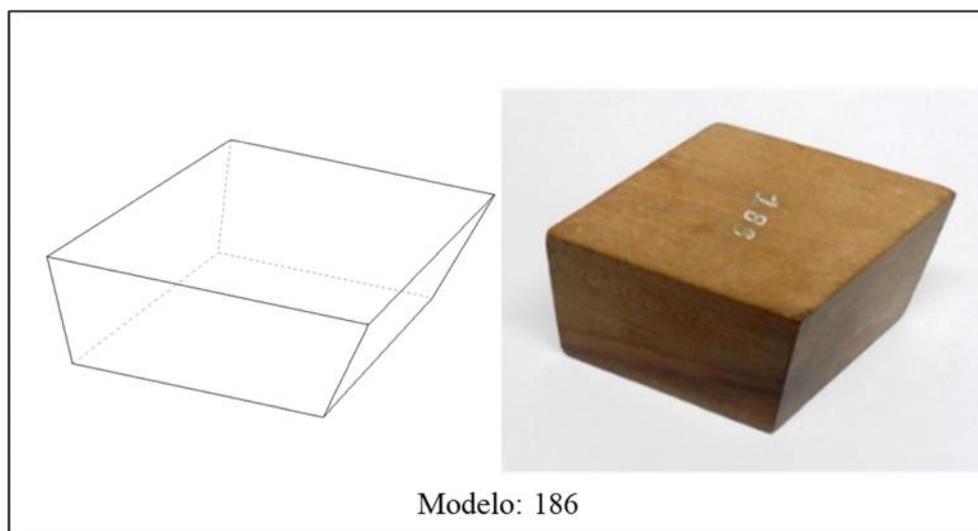


Figura 3.167 Modelo 186 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificó solo un (1) eje monario de inversión rotatoria que equivale a un centro de simetría y no presenta planos de simetría (Figura 3.168).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i que pertenece al sistema cristalino Triclínico y la clase cristalina sería $\bar{1}$.

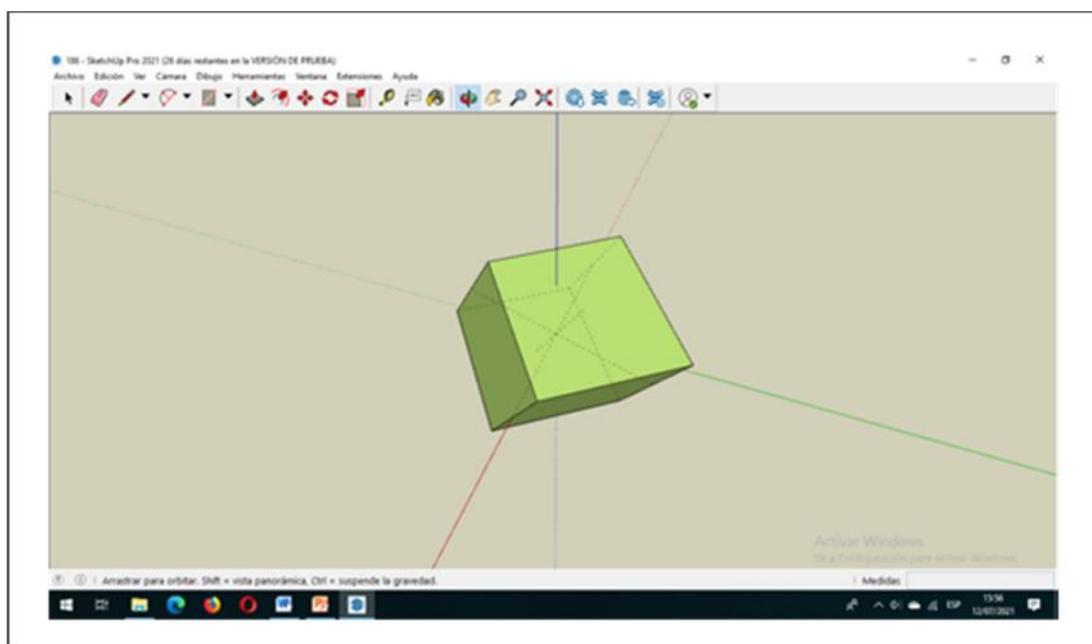


Figura 3.168 Visualización en 3D del modelo 186

3.2.84 Modelo 190

El Modelo 190 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 10 caras, 24 aristas y 16 vértices (Figura 3.169).

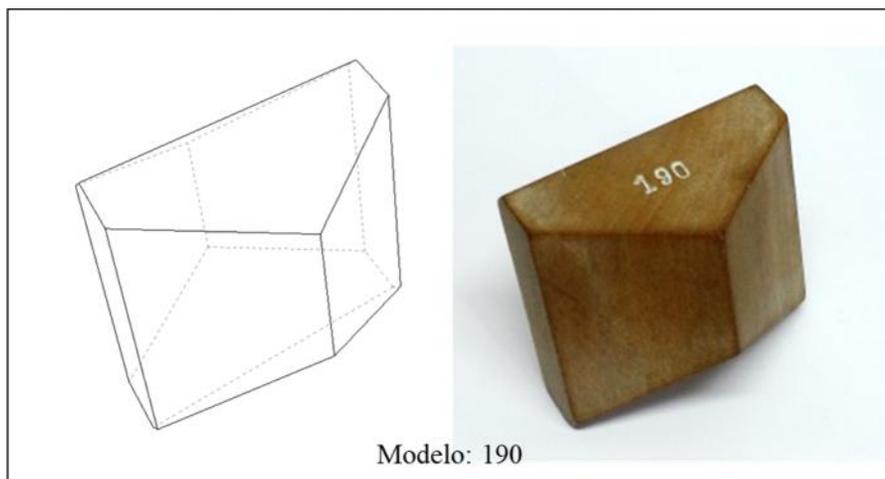


Figura 3.169 Modelo 190 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificó solo un (1) eje monario de inversión rotatoria que equivale a un centro de simetría y no presenta planos de simetría (Figura 3.170).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i que pertenece al sistema cristalino Triclínico y la clase cristalina sería $\bar{1}$.

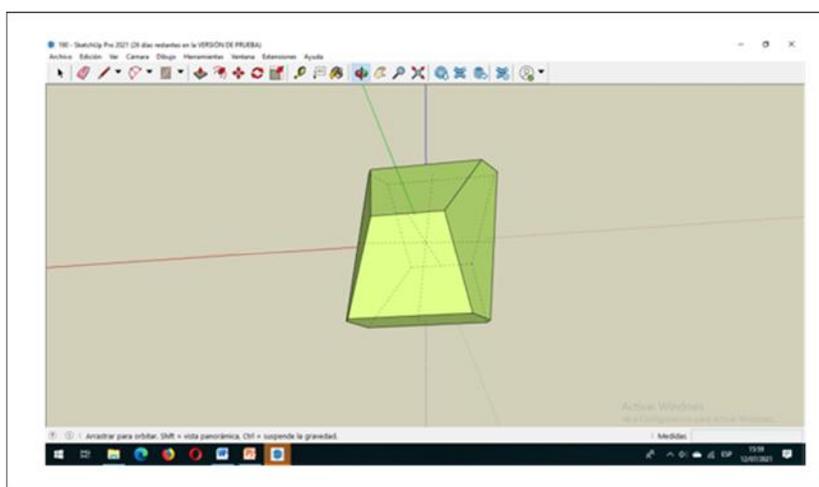


Figura 3.170 Visualización en 3D del modelo 190

3.2.85 Modelo 192

El Modelo 192 representa un cristal regular que presenta los siguientes elementos geométricos: 20 caras, 50 aristas y 32 vértices (Figura 3.171).

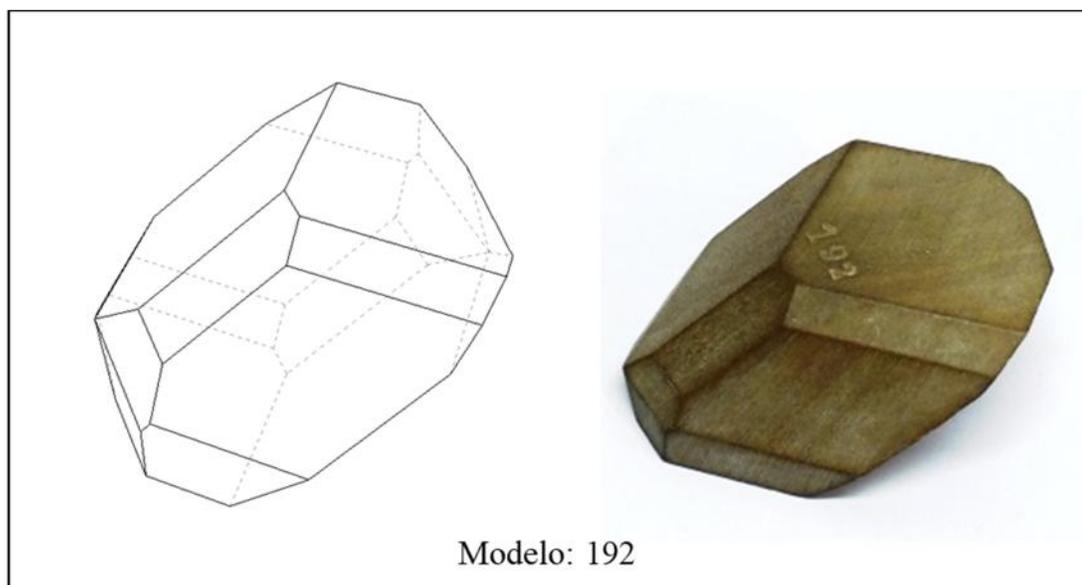


Figura 3.171 Modelo 192 en 3D (izq.) y madera (der.)

Del análisis de su simetría empleando la aplicación 3D Warehouse se identificó solo un (1) eje monario de inversión rotatoria que equivale a un centro de simetría y no presenta planos de simetría (Figura 3.172).

La simetría cristalina correspondiente a este modelo se representa como i que pertenece al sistema cristalino Triclínico y la clase cristalina sería $\bar{1}$.

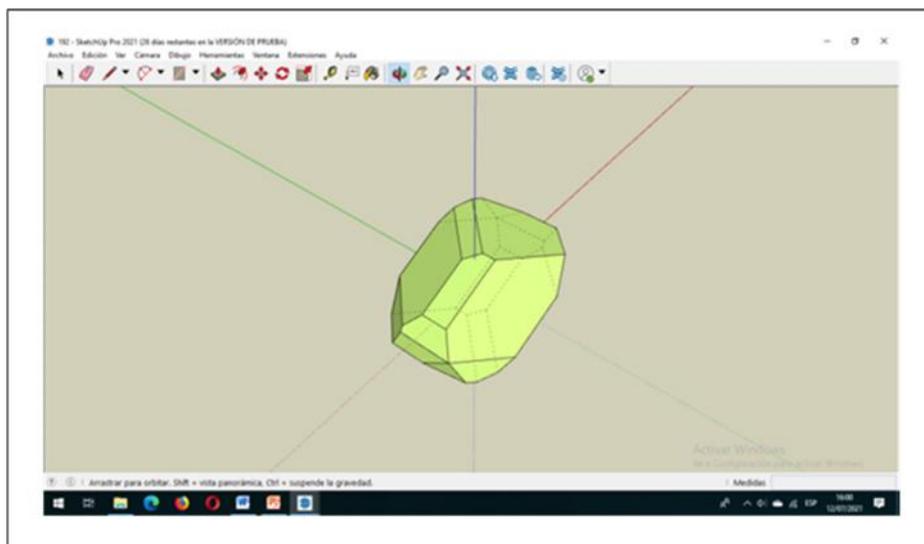


Figura 3.172 Visualización en 3D del modelo 192

3.3 Minerales más comunes que cristalizan en los sistemas cristalinos

En la descripción de los ochenta y cinco (85) modelos de cristales se determinó que están presentes los seis (6) sistemas cristalinos, y a su vez, distribuidas entre ellos se identificaron diecisiete (17) clases cristalinas. A continuación se presentan los principales minerales que están asociados a cada sistema cristalino de acuerdo a la clase cristalina correspondiente.

3.3.1 Sistema Isométrico

Se identificaron un total de treinta (30) modelos de cristales y cuatro (4) clases cristalinas, siendo la principal la $4/m\bar{3}2/m$ donde cristalizan minerales como cobre y oro, entre otros (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Minerales que cristalizan en el sistema isométrico

Sistema Cristalino	Clase	Modelos	Minerales
Sistema Isométrico	$4/m\bar{3}2/m$	3, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 32	Cobre, cuprita, diamante, espinelas (grupo), fluorita, galena, granate, halita, lazurita, oro, plata, silvina, uraninita
	$2/m\bar{3}$	36, 40, 55	Pirita
	$\bar{4}3m$	45, 46, 47, 48, 50, 52	Tetraedrita-tennantita (serie)
	23	59, 60	Cobaltina

3.3.2 Sistema Tetragonal

Se identificaron un total de veintidós (22) modelos de cristales y cinco (5) clases cristalinas, siendo la principal la $4/m2/m2/m$ donde cristalizan minerales como rutilo y casiterita, entre otros (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Minerales que cristalizan en el sistema tetragonal

Sistema Cristalino	Clase	Modelos	Minerales
Sistema Tetragonal	$4/m2/m2/m$	65, 66, 67, 68, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 83, 84	Rutilo, anatosa, casiterita, zirconio, vesuvianita
	$4/m$	85, 87, 88	Schelita, escapolita (serie)
	4	89	Wulfenita
	$\bar{4}2m$	90, 91, 93	Calcopirita, estannina
	422	95	Fosgenita

3.3.3 Sistema Hexagonal

Se identificaron un total de ocho (8) modelos de cristales y cuatro (4) clases cristalinas, siendo la principal la $\bar{3}2/m$ donde cristalizan minerales como calcita y hematita, entre otros (Tabla 3.3).

Tabla 3.3 Minerales que cristalizan en el sistema hexagonal

Sistema Cristalino	Clase	Modelos	Minerales
Sistema Hexagonal	$\bar{3}2/m$	120, 121, 128, 130	Calcita, corindón, hematita, nitratina, antimonio, bismuto, arsénico, millerita
	$6/m2/m2/m$	129, 131	Berilo, molibdenita, pirrotina, niquelina
	3	136	Gratonita
	32	140	Cinabrio

3.3.4 Sistema Ortorrómbico

Se identificaron un total de catorce (14) modelos de cristales y dos (2) clases cristalinas, siendo la principal la $2/m2/m2/m$ donde cristalizan minerales como andalucita y topacio, entre otros (Tabla 3.4).

Tabla 3.4 minerales que cristalizan en el sistema ortorrómbico

Sistema Cristalino	Clase	Modelos	Minerales
Sistema Ortorrómbico	$2/m2/m2/m$	147, 148, 148, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 162, 163	Andalucita, aragonito, azufre, baritina, brookita, columbita, cordierita, crisoberilo, estibina, goethita, marcasita, sillimanita, olivino, topacio
	$mm2$	167	Hemimorfita,

3.3.5 Sistema Monoclínico

Se identificaron un total de ocho (8) modelos de cristales y dos (2) clases cristalinas, siendo la principal la $2m$ donde cristalizan minerales como azurita y ortosa, entre otros (Tabla 3.5).

Tabla 3.5 Minerales que cristalizan en el sistema monoclínico

Sistema Cristalino	Clase	Modelos	Minerales
Sistema Monoclínico (8 modelos de cristales)	$2m$	170, 172, 174, 175, 176, 178, 179	Azurita, bórax, caolinita, clorita, epidota, ortosa, malaquita, mica (grupo), oropimente, rejalgar, yeso
	2	184	pickeringita

3.3.6 Sistema Triclínico

Se identificaron un total de tres (3) modelos de cristales y una (1) clase cristalina *i* donde cristalizan minerales como microclina y turquesa, entre otros (Tabla 3.6).

Tabla 3.6 Minerales que cristalizan en el sistema triclínico

Sistema Cristalino	Clase	Modelos	Minerales
Sistema Triclínico	<i>i</i>	186, 190, 192	Microclina, rodonita, plagioclasas (feldespatos), turquesa, ulexita

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se visualizaron ochenta y cinco (85) modelos de cristales de forma digital en 3D y se comprobó que son proyecciones exactas de los modelos en madera que pertenecen al Laboratorio de Mineralogía, permitiendo realizar la descripción de cada uno de ellos
2. Se aplicó el teorema de Euler a los ochenta y cinco (85) modelos de cristales y se comprobó que todos son regulares
3. De acuerdo a los elementos de simetría identificados se clasificaron los modelos de cristales en seis (6) sistemas cristalinos y diecisiete (17) clases cristalinas.
4. Las principales clases cristalinas de cada sistema fueron $4/m\bar{3}2/m$ (sistema isométrico), $4/m2/m2/m$ (sistema tetragonal), $\bar{3}2/m$ y $6/m2/m2/m$ (sistema hexagonal), $2/m2/m2/m$ (sistema ortorrómbico), $2m$ (sistema monoclinico) e i (sistema triclinico).
5. Se nombraron los principales minerales que cristalizan en cada sistema cristalino asociado a la clase cristalina identificada.

Recomendaciones

Motivar a los profesores conjuntamente con los estudiantes, para seguir realizando este tipo de proyectos que permitan mejorar la calidad de información contenida en el Laboratorio de Mineralogía y otras dependencias de la Escuela de Ciencias de la Tierra.

REFERENCIAS

Dana, Edward S. y Ford, William (1985). **TRATADO DE MINERALOGIA**. Cuarta Edición. Decimosegunda impresión. Editorial Continental, S. A. México.

Díaz Mauriño, C. (1976). **INICIACION PRACTICA A LA MINERALOGIA**. Primera Edición. Editorial Alhambra, S.A. Madrid, España.

Dud´a, R. y Lugos, Rejl. **ATLAS ILUSTRADO DE LOS MINERALES**. Editorial Susaeta.

Klein, Cornelis y Hurlbut Jr., Cornelius S. (1998). **MANUAL DE MINERALOGIA DE DANA**. Cuarta Edición. Editorial Reverte, S. A. Barcelona, España.

Medenbach, Olaf y Sussieck-Fornefeld, Cornelia (1983). **MINERALES**. Primera Edición. Editorial Blume, S.A. Barcelona, España.

Lutgens, F. y Tarbuck, E. (2005). **CIENCIAS DE LA TIERRA, UNA INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA FÍSICA**. Octava Edición. Pearson Educación S. A., Madrid, España.

APÉNDICES

APÉNDICE A
Imágenes en digital de los modelos